



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

30. überarbeitete und erweiterte Auflage

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

Lektorat: Klaus Tkotz, Kronach

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL • Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 • 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30138

Autoren der Fachkunde Elektrotechnik:

Bumiller, Horst	Freudenstadt
Burgmaier, Monika	Durbach
Eichler, Walter	Kaiserslautern
Feustel, Bernd	Kirchheim-Teck
Käppel, Thomas	Münchberg
Klee, Werner	Mehlingen
Manderla, Jürgen	Berlin
Reichmann, Olaf	Altlandsberg
Schwarz, Jürgen	Tettnang
Tkocz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern
Ziegler, Klaus	Nordhausen

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Klaus Tkocz

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Autoren und Firmen (Firmenverzeichnis Seite 663)

- Windows ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation
- INTEL ist ein eingetragenes Warenzeichen der INTEL Corporation
- Linux ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linus Torvalds
- Nachdruck der Box Shots von Microsoft-Produkten mit freundlicher Erlaubnis der Microsoft Corporation
- Alle anderen Produkte, Warenzeichen, Schriftarten, Firmennamen und Logos sind Eigentum oder eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Eigentümer

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co., Ostfildern

In diesem Buch finden sich Verweise/Links auf Internetseiten. Für die Inhalte auf diesen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich, weshalb eine Haftung ausgeschlossen wird. Für den Fall, dass Sie auf den angegebenen Internetseiten auf illegale oder anstößige Inhalte treffen, bitten wir Sie, uns unter info@europa-lehrmittel.de davon in Kenntnis zu setzen, damit wir beim Nachdruck dieses Buches den entsprechenden Link entfernen können.

30. Auflage 2016

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert.

ISBN 978-3-8085-3435-9

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2016 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Steckdose: © emmi – Fotolia.com; Weltkugel: © erdquadrat – Fotolia.com; Figur: Klaus Tkocz; Kleinststeuergerät LOGO!: Siemens AG

Umschlagidee: Klaus Tkocz

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Druck: B.O.S.S Medien GmbH, 47574 Goch

● Allgemeines

Vorwort	4
Inhaltsverzeichnis (ausführlich)	5–10
Lernfeldhinweise und Projektbearbeitung	11–14
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	ab Seite 664

● Elektrotechnik

Inhaltsverzeichnis (Kurzform)	
1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	15
2 Grundbegriffe der Elektrotechnik	21
3 Grundsaltungen der Elektrotechnik	49
4 Elektrisches Feld	71
5 Magnetisches Feld	82
6 Schaltungstechnik	101
7 Wechselstromtechnik	126
8 Messtechnik	167
9 Elektronik	192
10 Elektrische Anlagen	274
11 Schutzmaßnahmen	339
12 Gebäudetechnische Anlagen	377
13 Elektrische Maschinen	456
14 Informationstechnik	518
15 Automatisierungstechnik	542
16 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung	593

● Beruf und Betrieb

614

● Infoseiten

• Schaltzeichen	642
• Elektrotechnische u. allg. Symbole, Prüfzeichen	648
• Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung)	650
• Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien) ..	651
• Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte) ..	652
• Leitungen (Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren) ..	653
• Drehstrommotoren (Betriebsdaten)	654
• Dioden, Transistoren, Thyristor, Triac (Kennlinien) ..	655
• Wichtige Abkürzungen	658
• Fachbegriffe Englisch – Deutsch	660

● Praxistipps (Auswahl)

• Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	178
• Messen mit dem Oszilloskop	183
• Installation, Inbetriebnahme eines Frequenzumrichters ..	270
• Auslegung, Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage ..	282
• Farbkennzeichnung von Leitern	308
• Verlegen von Leitungen	311
• Beispiel einer Leitungsberechnung	323
• Prüfung elektrischer Anlagen	372
• Multimediaverkabelung, vernetztes Haus	425, 440
• Anschluss eines Elektromotors, Auswahl	488, 490
• Auswahl eines PC-Mainboard	526
• Herstellen einer WLAN-Verbindung	539
• Existenzgründung	639

Kapitelnummer und Symbole

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



Liebe Leserin, lieber Leser,

die **Fachkunde Elektrotechnik** dient der Aus- und Weiterbildung im Berufsfeld Elektrotechnik. Sie wendet sich an alle, die in diesem Berufsfeld tätig sind.

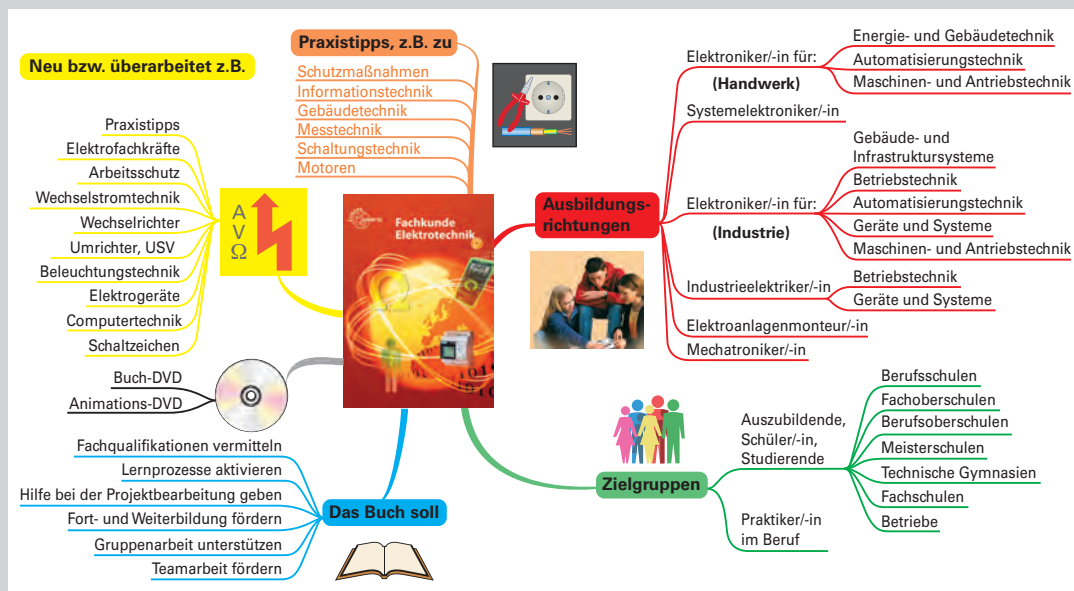
Aufbau des Buches

- Das Buch ist fachsystematisch aufgebaut und fördert Ihr eigenständiges Lernen.
- Sie finden Erklärungen und einheitliche Darstellungen wichtiger Gesetze und Formeln der Elektrotechnik.
- Wiederholungsseiten festigen und vertiefen Ihr erworbenes Wissen. Zum Bearbeiten der Wiederholungsaufgaben hilft Ihnen ein zusätzliches Lösungsbuch. Ergebnisse der Rechenaufgaben finden Sie auf Seite 641.
- Praxistippseiten unterstützen Ihre berufliche Tätigkeit.
- Ein Infoteil am Buchende unterstützt Ihre kompetenzorientierte und praxisnahe Ausbildung.
- Auf der beiliegenden DVD finden Sie alle Bilder, Tabellen und Infoseiten aus dem Buch zur Weiterverwendung sowie nützliche Programme und Bedienungsanleitungen.

Hilfen zur Fachkunde Elektrotechnik

Für die Vertiefung und Vervollständigung Ihres Fachwissens gibt es weitere Hilfen durch ergänzende Fachliteratur.

Die Fachkunde Elektrotechnik auf einen Blick



Was gibt's Neues?

- Neue Seiten, z. B.:
 - Haushaltsgeräte (Seite 404).
 - Bestimmung von Leiterquerschnitten bei Oberschwingungen (Seite 324)
 - Stromversorgungen für Elektrofahrzeuge (Seite 334)
 - Smart Grid in Gebäuden (Seite 285)
- Animationen zu ausgewählten Themen, z. B. Spannungsteiler (Seite 55), die käuflich auf einer CD erworben werden können. Die Kennzeichnung erfolgt auf der entsprechenden Seite mit einem ID-Code und dem „SimElektro“-Symbol:



www.europa-lehrmittel.de/simelektro

Ergänzende Fachliteratur

- Arbeitsblätter Fachkunde Elektrotechnik
- Fachkunde Elektrotechnik Aufgaben und Lösungen
- Arbeitsbuch Elektrotechnik Lernfeld 1–4 und 5–13
- Rechenbuch Elektrotechnik
- Formeln für Elektrotechniker
- Praxis Elektrotechnik
- Tabellenbuch Elektrotechnik
- Technische Kommunikation Elektrotechnik

Was können wir für Sie noch besser machen? Schreiben Sie uns unter: info@europa-lehrmittel.de

Das Autorenteam und der Verlag Europa-Lehrmittel wünschen Ihnen mit diesem Buch interessante Anregungen und eine wertvolle Hilfe für Ihre Ausbildung und berufliche Tätigkeit.

Frühjahr 2016

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
	Wiederholungsseite zu Kapitel 1	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	27
2.4	Elektrische Spannung	28
2.4.1	Spannungserzeugung	28
2.4.2	Spannung am Verbraucher	28
2.4.3	Potenzial	28
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung	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
	Wiederholungsseite zu Kapitel 2	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	Abgeglichene Brückenschaltung	57
3.3.2.2	Nicht abgeglichene 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
	Wiederholungsseite zu Kapitel 3	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
	Berechnung der Kapazität von Kondensatoren	75
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	Kenngößen	79
4.5.2	Bauarten	79
	Wiederholungsseite zu Kapitel 4	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 im Magnetfeld	93
5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter	93
5.6	Spannungserzeugung 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
	Wiederholungsseite zu Kapitel 5	100
6	 Schaltungstechnik	101
6.1	Schaltungsunterlagen	101
	Praxistipp: Installation einer Wechsel-schaltung 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	Haussprechanlagen	109
6.3	Elektromagnetische Schalter	111
6.3.1	Relais	112
6.3.2	Schütze	114
6.3.3	Schützschaltungen	115
	Tippbetrieb	115
	Selbsthaltungsschaltung	115
	Folgeschaltung	116
6.3.3.1	Anwendungen von Schützschaltungen	116
	Wendeschützschaltung	116
	Stern-Dreieck-Schützschaltung	117
	Automatische Stern-Dreieck-Schützschaltung	119
	Dahländerschaltung	120
6.4	Klemmenplan	121
6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	122
	Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise	124
	Wiederholungsseite zu Kapitel 6	125

7	 Wechselstromtechnik	126	8	 Messtechnik	167
7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	126	8.1	Elektrische Messgeräte	167
7.1.1	Periode und Scheitelwert	126	8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	167
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	126	8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	168
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	127	8.1.3	Analoge Messgeräte	168
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	128	8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten	169
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	128	8.1.3.2	Elektrische Messwerke	170
7.2.2	Kreisfrequenz	129	8.1.4	Digitale Messgeräte	171
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	129	8.1.5	Elektrizitätszähler	173
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	130	8.1.5.1	Induktionszähler	173
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	131	8.1.5.2	Elektronische Elektrizitätszähler	174
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	132	8.2	Praktisches Messen	175
7.2.7	Phasenverschiebung	133	8.2.1	Messen von Leistungen	175
7.2.8	Wirkwiderstand	133	8.2.2	Messen von Widerständen	175
7.2.9	Scheinwiderstand	133	8.2.3	Messen mit Strommesszangen	176
7.3	Spule im Wechselstromkreis	134	8.2.4	Messkategorien	176
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	134	8.2.5	Durchführung einer praktischen Messung ...	177
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	135		Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	178
7.3.3	Spannungsdreieck	136	8.3	Oszilloskop	179
7.3.4	Widerstandsdreieck	137	8.3.1	Analoges Oszilloskop	179
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule	137	8.3.1.1	Aufbau eines Analog-Oszilloskops	179
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	138	8.3.1.2	Zweikanal-Oszilloskop	181
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck	138	8.3.1.3	Messen mit dem Oszilloskop	181
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis	139	8.3.2	Digitalspeicher-Oszilloskop	182
7.4.1	Wirkleistung	139		Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	183
7.4.2	Scheinleistung	139	8.4	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	184
7.4.3	Blindleistung	140	8.4.1	Aktive und passive Sensoren	184
7.4.4	Leistungsdreieck bei induktiver Last	140	8.4.2	Anwendungen von Sensoren	185
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor ..	141	8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	185
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	141	8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment	187
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	142	8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen ...	188
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	142	8.4.3	Näherungsschalter	189
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	143	8.4.3.1	Optische Näherungsschalter	189
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	144	8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter	189
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	145	8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter	190
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand	146	8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern	190
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand ..	146		Wiederholungsseite zu Kapitel 8	191
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand ..	147	9	 Elektronik	192
7.7	Schwingkreise	148	9.1	Halbleiterwerkstoffe	192
7.7.1	Resonanz	149	9.2	Halbleiterwiderstände	194
7.7.2	Reihenschwingkreis	149	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	194
7.7.3	Parallelschwingkreis	150	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	195
7.8	Siebschaltungen	152	9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	196
7.8.1	RL-Tiefpass	152	9.2.4	Feldplatten	198
7.8.2	RL-Hochpass	152	9.3	Hallgeneratoren	198
7.8.3	RC-Tiefpass	153	9.4	Halbleiterdioden	199
7.8.4	RC-Hochpass	153	9.4.1	Wirkungsweise	199
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	154	9.4.2	Leistungsdiode	199
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	154	9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	200
7.9.2	Verkettung	154	9.4.4	Halbleiterkennzeichnung	201
7.9.3	Sternschaltung	156	9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen	202
7.9.4	Dreieckschaltung	158	9.5	Transistoren	203
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen	159	9.5.1	Bipolare Transistoren	203
7.9.6	Leistung in Drehstromsystemen	160	9.5.1.1	Transistoren in der Praxis	205
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen ..	161	9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	206
7.10	Kompensation	162	9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	207
7.10.1	Kompensationsarten	163	9.5.1.4	Transistor als Schalter	208
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	164	9.5.1.5	Kippschaltungen	210
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise	164		Bistabile Kippschaltung	210
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen	165		Timer-IC NE 555	210
	Wiederholungsseite zu Kapitel 7	166		Monostabile Kippschaltung	211
				Astabile Kippschaltung	211
				Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger)	211
				Verstärkerschaltungen	212
				Grundbegriffe der Verstärkertechnik	212
				Grundsaltungen des bipolaren Transistors	212
				Einstufiger bipolarer Transistorverstärker	213
				in Emitterschaltung	213
				Feldeffekttransistoren (FET)	214
				Verstärkergrundsaltungen mit Feldeffekttransistoren	216
				Optoelektronik	217
				Optoelektronische Sender	217

	Leuchtdioden	217
	Laserdioden	218
9.6.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren)	219
	Fotodioden	219
	Fotowiderstände	219
	Fotoelemente	219
	Solarzellen	219
	Fototransistoren	220
	Schaltungsbeispiele optoelektronischer	
	Empfänger mit Fototransistoren	220
9.6.3	Flüssigkristallanzeigen	221
9.6.4	Optokoppler	221
9.7	Operationsverstärker	222
9.7.1	Grundlagen	222
9.7.2	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern	224
9.7.3	Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	226
9.8	Digitaltechnik	228
9.8.1	Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik	228
9.8.2	Grundverknüpfungen	228
9.8.2.1	UND-Verknüpfung	228
9.8.2.2	ODER-Verknüpfung	229
9.8.2.3	NICHT-Verknüpfung	229
9.8.3	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder	
	Eingangsnegation	230
9.8.3.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	230
9.8.3.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation	230
9.8.3.3	Eingangsbeschaltung log. Verknüpfungen	231
9.8.3.4	Anwendung der Grundverknüpfungen	231
9.8.4	Schaltkreisfamilien	232
9.8.4.1	TTL-Schaltkreisfamilie	232
9.8.4.2	CMOS-Schaltkreisfamilie	232
9.8.5	Schaltalgebra	233
9.8.6	Antivalenz- und Äquivalenz-Verknüpfung	234
9.8.7	Kippglieder	235
9.8.7.1	Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte	
	Kippglieder	235
9.8.7.2	Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied	236
9.8.7.3	Schaltungen mit Kippgliedern	237
	Duales Zahlensystem	237
	Zählerschaltungen	237
9.8.8	Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer)	238
9.8.9	Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer)	240
9.9	Leistungselektronik	241
9.9.1	Bauelemente der Leistungselektronik	241
9.9.1.1	Thyristor	241
9.9.1.2	GTO-Thyristor	244
9.9.1.3	Triac	244
9.9.1.4	Diac	245
9.9.1.5	IGBT	246
9.9.2	Begriffe der Leistungselektronik	247
9.9.3	Gleichrichterschaltungen	248
9.9.3.1	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	248
	Gleichrichterschaltungen für Wechselstrom	248
	Einpuls-Einwegschaltung E1U	248
	Zweipuls-Brückenschaltung B2U	249
	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen für	
	Drehstrom	250
	Dreipuls-Mittelpunktschaltung M3U	250
	Sechspuls-Brückenschaltung B6U	250
	Welligkeit bei Gleichrichterschaltungen	251
	Transformatorbauleistung bei	
	Gleichrichterschaltungen	251
	Glätten pulsierender Gleichspannungen	252
9.9.3.2	Gesteuerte Gleichrichterschaltungen	253
	Vollgesteuerte Einpuls-Einwegschaltung E1C	253
	Einfluss verschiedener Lastarten auf	
	gesteuerte Gleichrichter	253
	Vollgesteuerte Zweipuls-	
	Brückenschaltung B2C	254

	Ansteuerung von Thyristoren (Ventilen)	254
	Steuerkennlinie	254
	Vollgesteuerte Drehstromgleichrichter	255
9.9.4	Wechselrichterbetrieb von	
	netzgeführten Stromrichtern	256
9.9.5	Wechselstrom-Umrichter	257
9.9.5.1	Wechselwegschaltung W1C	257
	Phasenanschnittsteuerung	257
	Phasenabschnittsteuerung	257
	Nachteile der Phasenanschnittsteuerung	258
9.9.5.2	Vielperiodensteuerung	258
9.9.6	Gleichstrom-Umrichter	259
9.9.6.1	Gleichstromsteller	259
9.9.6.2	Durchfluss- und Sperrwandler	260
9.9.6.3	Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller	260
9.9.7	Selbstgeführte Wechselrichter	261
9.9.8	Unterbrechungsfreie Stromversorgungs-	
	systeme (USV)	262
9.9.9	Stromrichter-Antriebe	263
9.9.9.1	Betriebsarten elektrischer Antriebe	263
9.9.9.2	Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter	264
9.9.9.3	Gleichstrommotor an Sechspuls-Brücken-	
	schaltung B6C	265
9.9.9.4	Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb	
	(4-Q-Betrieb)	265
9.9.9.5	Drehzahlsteuerung mit Transistor-	
	Gleichstromsteller	266
9.9.9.6	Frequenzumrichter	267
9.9.9.7	Drehstrom-Asynchronmotor am	
	Frequenzumrichter	268
9.9.9.8	Auswahl eines Drehstromantriebes mit	
	Frequenzumrichter	269
	Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation	
	und Inbetriebnahme	270
9.9.10	Netzgeräte	271
9.9.10.1	Geregelte Netzgeräte	271
9.9.10.2	Spannungsregler	272
9.9.10.3	Schaltnetzgeräte	272
	Wiederholungsseite zu Kapitel 9	273

10

Elektrische Anlagen

10.1	Energieerzeugung und Energieübertragung ..	274
10.1.1	Kraftwerke	274
10.1.1.1	Wärme- und Wasserkraftwerke	275
10.1.1.2	Umweltschutz in Wärmekraftwerken	276
10.1.1.3	Blockheizkraftwerke (BHKW)	277
10.1.1.4	Wasserkraftwerke	278
10.1.1.5	Erneuerbare Energien	279
	Fotovoltaikanlagen	279
	Betriebsarten von Fotovoltaikanlagen	279
	Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung	
	einer Fotovoltaikanlage	282
	Windenergieanlagen	283
	Deponie- und Biogasanlagen	283
10.1.2	Energiemanagement in intelligenten Netzen	
	(Smart Grid)	284
10.1.2.1	Smart Grid in Gebäuden	285
10.1.2.2	Energiespeichersysteme	285
10.1.3	Umspannwerke	286
10.1.3.1	Spannungsebenen	286
10.1.3.2	Umspannanlagen	286
10.1.3.3	Hochspannungsschalter	287
10.1.4	Übertragungs- und Verteilnetze	289
10.1.4.1	Höchst-, Hoch-, Mittel- und Nieder-	
	spannungsnetze	289
10.1.4.2	Netzformen	290
10.1.5	Niederspannungsanlagen	291
10.1.5.1	Netzaufbau	291
10.1.5.2	Hausanschluss	292
10.1.5.3	Erdungsanlagen	294
10.1.5.4	Schutzpotenzialausgleich über die Haupt-	
	erdungsschiene	295
10.1.5.5	Hauptstromversorgungssysteme	296
	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und	
	Multimediaverteiler	298
	Praxistipp: Ausstattung elektrischer	
	Anlagen in Wohngebäuden	301

10.1.6	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System	302
10.2	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen ..	305
10.2.1	Isolierte Leitungen	305
	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern ..	308
10.2.2	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	309
10.2.3	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen	309
10.2.4	Datenleitungen	310
	Praxistipp: Verlegen von Leitungen	311
10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	312
10.4	Schutzschalter	315
10.4.1	Thermischer Auslöser	315
10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser	315
10.4.3	Leitungsschutzschalter	316
10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	316
10.4.5	Leistungsschalter	317
10.4.6	Motorschutzeinrichtungen	317
10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	320
10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	321
10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	322
	Praxistipp: Beispiel einer Leitungsrechnung ..	323
	Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen	324
10.6	Räume und Anlagen besonderer Art	326
10.6.1	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	326
10.6.2	Sauna-Anlagen	328
10.6.3	Baustellen	328
10.6.4	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	329
10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten	330
10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche	332
10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche	333
10.6.8	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeugen ..	334
10.6.8.1	Ladestationen	334
10.6.8.2	Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen ..	335
10.6.8.3	Installationsvorschriften	335
10.6.9	Übersicht der Raumarten und Betriebsstätten ..	336
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen ..	337
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen ..	337
10.7.2	Löschmittel	337
	Wiederholungsseite zu Kapitel 10	338

11	 Schutzmaßnahmen	339
11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	339
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	339
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	341
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	341
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	342
11.2.1	Schutzklassen	342
11.2.2	IP-Schutzarten	343
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	344
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	345
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	346
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	346
11.3	Netzsysteme	347
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	348
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	349
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	349
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	350
11.5.3	Schutz im TN-System	351
11.5.4	Schutz im TT-System	352
11.5.5	Schutz im IT-System	353
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	354
11.7	Schutztrennung	354
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	355

11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	356
11.9.1	Aufbau und Funktion	356
11.9.2	Anwendungen von RCDs	357
11.9.3	Kennwerte von RCDs	358
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	358
11.9.5	RCD als Brandschutz	360
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung ..	360
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	361
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	362
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100, Teil 600	363
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	365
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	365
11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	366
11.12.5	Messen des Isolationswiderstandes von Fußböden und Wänden	366
11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System	367
11.12.6.1	Prüfen im TN-System	367
	Messen der Schleifenimpedanz	367
11.12.6.2	Prüfen im TT-System	368
	Messen des Erdungswiderstandes	368
11.12.6.3	Prüfen im IT-System	369
11.12.6.4	Prüfen der Fehlerstrom-Schutz-einrichtung (RCD)	369
11.12.6.5	Prüfen der Drehfeldrichtung	369
11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	370
11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage ..	371
	Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen	372
	Praxistipp: Beispiel Fehlerstrom-Schutz-einrichtung (RCD) hat ausgelöst.	374
11.13	Schutz gegen elektrostatische Aufladung ..	375
	Wiederholungsseite zu Kapitel 11	376

12	 Gebäudetechnische Anlagen	377
12.1	Beleuchtungsanlagen	377
12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe	378
12.1.2	Lichttechnische Größen	379
12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung	381
12.1.4	Energieeffizienzanforderungen	382
12.1.5	Lampenübersicht	383
12.1.6	Halogenlampen	384
12.1.7	Leuchtstofflampen	386
12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	387
12.1.9	Induktionslampen	388
12.1.10	Natriumdampf-Niederdrucklampen	388
12.1.11	LED-Lampen	388
	Praxistipp: Halogen-Beleuchtung wird durch LED-Beleuchtung ersetzt	389
	Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	390
12.1.12	Lichtberechnungssoftware	391
12.1.13	Lichtstärkeverteilung von Leuchten	391
12.1.14	Lichtmanagementsysteme	392
12.2	Elektrogeräte	393
12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	393
12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	394
12.2.3	Elektrische Raumheizung	396
12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung	400
12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirreinigung	404
12.2.5.1	Waschmaschine	404
12.2.5.2	Wäschetrockner	405
12.2.5.3	Geschirrspülmaschine	406
12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	407
12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung	409

12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	411	13.2.1.7	Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen	479
12.3	Antennen- und Verteilanlagen	412	13.2.1.8	Elektrische Isolierung	479
12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	412	13.2.2	Drehstromasynchronmotoren	480
12.3.2	Empfangsantennen	413	13.2.2.1	Entstehung des Drehfeldes	480
12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	415	13.2.2.2	Kurzschlussläufermotor	481
12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	416	13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	484
12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	417	13.2.2.4	Schleifringläufermotor	486
	Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	420	13.2.2.5	Polumschaltbare Motoren	487
12.3.6	DVB-T-Fernsehempfangsanlagen	421		Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors	488
12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	421		Formelübersicht zum Drehstrommotor	489
12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	422		Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors	490
12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	423	13.2.2.6	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren	492
	Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich	423	13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung)	493
12.4	Telekommunikation	425	13.2.2.8	Wechselstrom-Asynchronmotor	494
12.4.1	Datenübertragung	426	13.2.3	Drehstromlinearmotoren	495
12.4.2	Analoges Telekommunikationssystem	426	13.2.4	Synchronmotor	496
12.4.3	Digitales Kommunikationssystem	427	13.2.5	Sondermotoren	497
12.5	Gebäudeautomation	431	13.2.5.1	Spaltpolmotor	497
12.5.1	Gebäudeleittechnik	431	13.2.5.2	Reluktanzmotor	498
12.5.2	Gebäudesystemtechnik	432	13.2.5.3	Schrittmotor	498
	Praxistipp: KNX-Projekt programmieren	436	13.2.6	Synchrongenerator	501
	Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX	438	13.2.7	Stromwendermaschinen	503
12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	439	13.2.7.1	Wirkungsweise	503
	Praxistipp: Das vernetzte Haus	440	13.2.7.2	Aufbau einer Gleichstrommaschine	504
12.6	Gefahrenmeldeanlagen	442	13.2.7.3	Ankerquerrfeld und Ankerrückwirkung	505
12.6.1	Einbruchmeldeanlagen	442	13.2.7.4	Anschlussbeziehungen	506
12.6.2	Brandmeldeanlagen	446	13.2.7.5	Arten von Gleichstrommotoren	507
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	448	13.2.7.6	Anlassen von Gleichstrommotoren	509
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern	449	13.2.7.7	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	510
12.7	Blitzschutz	450	13.2.7.8	Universalmotor	511
12.7.1	Entstehung der Gewitterzelle	450	13.2.8	Servomotoren	512
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	450	13.2.8.1	Gleichstromservomotor	513
12.7.3	Blitzschutzsysteme	450	13.2.8.2	Drehstromservomotor	513
12.7.3.1	Äußerer Blitzschutz	451	13.2.9	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	516
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	452		Wiederholungsseite zu Kapitel 13	517
12.7.3.3	Trennungsabstand	453			
	Wiederholungsseite zu Kapitel 12	455			
13	Elektrische Maschinen	456	14	Informationstechnik	518
13.1	Transformatoren	457	14.1	Bereiche der Informationstechnik	518
13.1.1	Einphasentransformatoren	457	14.2	Computer, Programme und Peripherie	519
13.1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	457	14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	519
13.1.1.2	Leerlaufspannung	457	14.2.2	Hardware, Software und Firmware	520
13.1.1.3	Übersetzungen	458	14.2.3	Computersystem	520
13.1.1.4	Betriebsverhalten im Leerlauf	459	14.3	Mikrocomputer	521
13.1.1.5	Betriebsverhalten bei Belastung	459	14.4	Personal Computer (PC)	522
13.1.1.6	Betriebsverhalten bei Kurzschluss	460	14.4.1	Komponenten eines PC	522
13.1.1.7	Kurzschlussstrom und Einschaltstrom	461	14.4.2	Mikroprozessor (CPU)	523
13.1.1.8	Wirkungsgrad von Transformatoren	462	14.4.3	Halbleiterspeicher	524
13.1.2	Kleintransformatoren	463	14.4.4	Buskommunikation	525
13.1.2.1	Aufbau	463	14.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	525
13.1.2.2	Arten von Kleintransformatoren	464		Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	526
13.1.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	465	14.5	Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	527
13.1.3	Sondertransformatoren	466	14.5.1	Geräte zur Eingabe	527
13.1.3.1	Spartransformatoren	466	14.5.2	Geräte zur Ausgabe	527
13.1.3.2	Streueldtransformatoren	467	14.5.2.1	Drucker	527
13.1.4	Messwandler	467	14.5.2.2	Farbmonitore	528
13.1.4.1	Spannungswandler	467	14.5.3	Periphere Geräte zur Datenspeicherung	529
13.1.4.2	Stromwandler	468		Praxistipp: Servicearbeiten am PC	530
13.1.5	Drehstromtransformatoren	469	14.6	Software	531
13.1.5.1	Aufbau und Prinzip	469	14.6.1	Systemprogramme	531
13.1.5.2	Schaltungen	470	14.6.2	Anwendungsprogramme	532
13.1.5.3	Unsymmetrische Belastung	472	14.6.3	Softwareentwicklung	533
13.1.5.4	Gebräuchliche Schaltgruppen	473	14.7	Vernetzung von Computern	534
13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren	474	14.7.1	Dienste in Computernetzwerken	534
13.2	Rotierende elektrische Maschinen	475	14.7.2	Netzwerktopologien	534
13.2.1	Grundlagen	475	14.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	535
13.2.1.1	Leistung und Drehmoment	475	14.7.4	Netzwerkprotokoll	536
13.2.1.2	Aufbau umlaufender Maschinen	476	14.7.5	Globales Netzwerk Internet	537
13.2.1.3	Leistungsschild	476		Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk	538
13.2.1.4	Drehsinn	476		Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	539
13.2.1.5	Betriebsarten elektrischer Maschinen	477			
13.2.1.6	Kühlung elektrischer Maschinen	478			

14.8	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	540
14.9	Schädliche Programme (Malware)	540
	Wiederholungsseite zu Kapitel 14	541
15	Automatisierungstechnik	542
15.1	Steuerungstechnik	542
15.1.1	Steuern	542
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	542
15.1.1.2	Steuerungsarten	543
15.2	Kleinststeuergeräte	545
15.3	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	547
15.3.1	Aufbau	547
15.3.2	Programmiersprachen	548
15.3.3	Arbeitsweise einer SPS	548
15.3.4	Bausteinstruktur in STEP 7	550
15.3.5	Programmierung	551
15.3.5.1	Grundverknüpfungen	551
15.3.5.2	Öffner und Schließer	552
15.3.5.3	Speicherfunktionen	554
15.3.5.4	Zeitfunktionen	556
15.3.5.5	Zähler	557
15.3.5.6	Vergleicher	559
15.3.6	Ablaufsteuerungen	560
15.3.6.1	Arten von Ablaufsteuerungen	560
15.3.6.2	Betriebsarten	560
15.3.6.3	Ablaufkette (Struktur)	561
15.3.6.4	Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)	562
15.3.6.5	Programmierung einer Ablaufkette mit SPS	563
15.3.7	Bibliotheksfähige Bausteine	564
	Praxistipp: S7-Projekt erstellen	567
15.3.8	Maschinensicherheit	569
15.3.8.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	569
15.3.8.2	Sicherheitsbezogene Teile	569
15.3.8.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	570
15.3.9	Bussysteme	571
15.3.9.1	Feldbusse	571
15.4	Prozessvisualisierung	575
15.5	Regelungstechnik	577
15.5.1	Aufgaben und Begriffe	577
15.5.2	Regelstrecken	578
15.5.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	578
15.5.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	579
15.5.3	Regler	582
15.5.3.1	Unstetige Regler	582
15.5.3.2	Stetige Regler	584
15.5.4	Regelkreis	588
15.5.4.1	Schwingungsverhalten	588
15.5.4.2	Reglerauswahl	588
15.5.4.3	Reglereinstellung	589
15.5.5	Universalregler	590
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	591
	Wiederholungsseite zu Kapitel 15	592

16	Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung	593
16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	593
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	594
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	594
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	595
16.1.2	Isolierstoffe	596
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	596
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	597
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	598
16.2	Fertigungsverfahren	599
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	599
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	599
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	599
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	602
16.2.3	SMD-Technik	604
16.3	Umweltschutz	605
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	605
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	606

16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	607
16.4	Energieeinsparung	609
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	609
16.4.2	Stand-by-Betrieb	611
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	612
	Wiederholungsseite zu Kapitel 16	613

17	Beruf und Betrieb	614
17.1	Berufliche Handlungskompetenz	614
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	615
17.1.1	Teamarbeit	617
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	618
17.1.3	Kommunikation	619
17.1.4	Kreativitätstechniken	620
17.1.5	Informationsbeschaffung	621
17.2	Präsentation	622
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	622
17.2.2	Visualisierung	623
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	624
17.3	Projektmanagement	625
17.3.1	Aufgaben von Projekten	625
17.3.2	Projektphasen	626
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	627
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	627
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	628
17.4.3	Kundenservice	630
17.5	Kalkulation und Angebot	631
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	632
17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	633
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	634
17.5.4	Rechnungsstellung	635
17.6	Qualitätsmanagement	636
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	636
17.6.2	Normreihe DIN ISO 9000 ff.	636
17.6.3	TQM-Methode	637
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	638
	Praxistipp: Existenzgründung	639
	Wiederholungsseite zu Kapitel 17	640
	Wiederholungsseiten (Rechenergebnisse)	641

Infoteil	
Schaltzeichen	642
Wichtige elektrotechnische Symbole	648
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	649
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	650
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	651
Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	652
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	653
Betriebsdaten von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren	654
Kennlinien von Dioden	655
Kennlinien eines NPN-Transistors	656
Kennlinien Thyristor, Triac	657
Wichtige Abkürzungen	658
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	660
Firmenverzeichnis	663
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	664

Vordere Innenumschlagseite:

Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten

Hintere Innenumschlagseite:

Arbeitssicherheit und Unfallverhütung



7.9.3 Sternschaltung (Zeichen: Y)

Spannungen und Ströme bei symmetrischer (gleicher) Belastung

Versuch 3: Schließen Sie drei gleiche Verbraucher, z. B. 100-Ω-Widerstände, an einen Drehstromversuchstransformator. Messen Sie die Stromstärke in jedem Leiter und im Neutralleiter (**Bild 1**).

Die Stromstärken in den Leitern sind gleich groß. Im Neutralleiter fließt kein Strom.

Bei der Sternschaltung (**Bild 1**) fließt in jedem Strang derselbe Strom wie im Leiter. Den Strom durch den Strang nennt man **Strangstrom** I_{Str} , den Strom durch den Leiter **Leiterstrom** I .

Bei der Sternschaltung sind die Leiterströme so groß wie die Strangstromen.

Die Spannung an einem Strang nennt man **Strangspannung** U_{Str} (**Bild 1**) oder Sternspannung.

Bei der Sternschaltung ist die Leiterspannung $\sqrt{3}$ -mal so groß wie die Strangspannung.

Beispiel:

Ein Drehstrommotor ist an das 400-V-Drehstromnetz in Sternschaltung angeschlossen. Berechnen Sie die Strangspannung des Motors.

Lösung:

$$U_{\text{Str}} = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$$

Im Neutralleiter fließt zu jedem Zeitpunkt die Summe der Leiterströme. Betrachtet man z. B. im Liniendiagramm (**Bild 2**) den Punkt II, so hat der Strom i_1 seinen positiven Maximalwert. Die Ströme i_2 und i_3 sind jeweils halb so groß wie i_1 , jedoch negativ. Die Summe der Momentanwerte der drei Ströme ist somit null. Es fließt also kein Strom im Neutralleiter. Dies gilt für jede Stelle zwischen 0° und 360° .

Die Stromstärke im Neutralleiter kann auch im Zeigerbild (**Bild 4**) ermittelt werden. Zum Erstellen des Zeigerbildes der Ströme ist folgende Vorüberlegung nötig:

Aus **Bild 2c**, **Seite 154**, ergibt sich für die Sternschaltung ein Zeigerbild, bei dem die Spannungen zum Sternpunkt hinweisen (**Bild 3a**). Zeiger darf man auf ihrer Wirkungsline verschieben (**Bild 3b**). Es entsteht ein gleichwertiges Zeigerbild (**Bild 3c**). Für die Zeigerbilder der Ströme wird meist diese Darstellung (Zeiger nach außen) zugrunde gelegt.

Sind die Verbraucher wie in Versuch 3 gleiche Wirkwiderstände, haben die Ströme I_1 , I_2 und I_3 dieselbe Stromstärke und die gleiche Phasenlage wie die zugehörigen Strangspannungen (**Bild 4**). Die geometrische Summe der Leiterströme I_1 , I_2 und I_3 (**Bild 4**) ist null, es fließt also kein Strom im Neutralleiter.

Spannungen und Ströme bei Sternschaltung

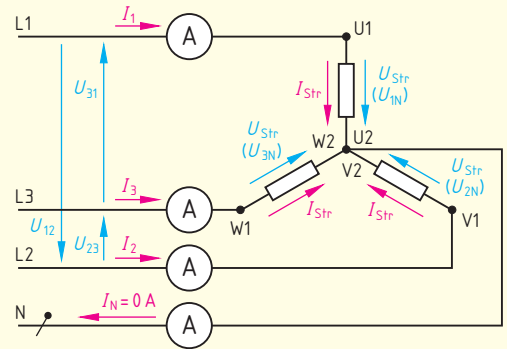


Bild 1

$$U = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Str}}$$

$$I = I_{\text{Str}}$$

U Leiterspannung
 U_{Str} Strangspannung

I Leiterstrom
 I_{Str} Strangstrom

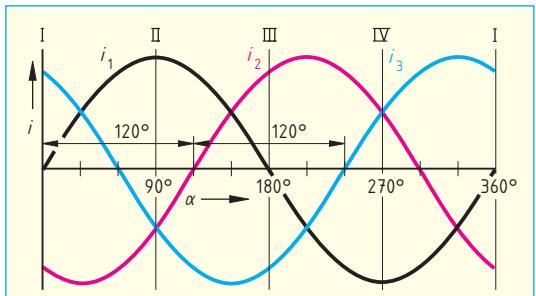


Bild 2: Liniendiagramm der Leiterströme

Bei der symmetrischen Belastung eines Drehstromnetzes fließt im Neutralleiter kein Strom.

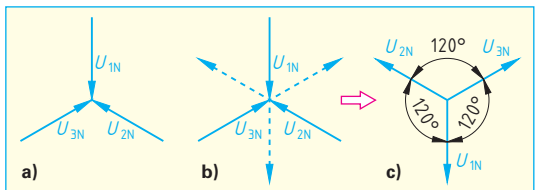


Bild 3: Zeigerbilder der Spannungen bei Sternschaltung

Geometrische Summe:

$$\underline{I}_N = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = 0 \text{ A}$$

Der Strich unter der Größe bedeutet, dass diese Größe auch eine Richtung hat, die man beachten muss.

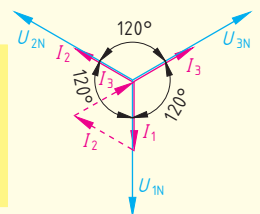


Bild 4: Zeigerbild der Ströme bei Sternschaltung



9.9.2 Begriffe der Leistungselektronik

Elektrische Größen der Energietechnik, z. B. Spannung und Frequenz, können mit Stromrichtern elektronisch umgeformt werden (**Bild 1** und **Bild 2**).

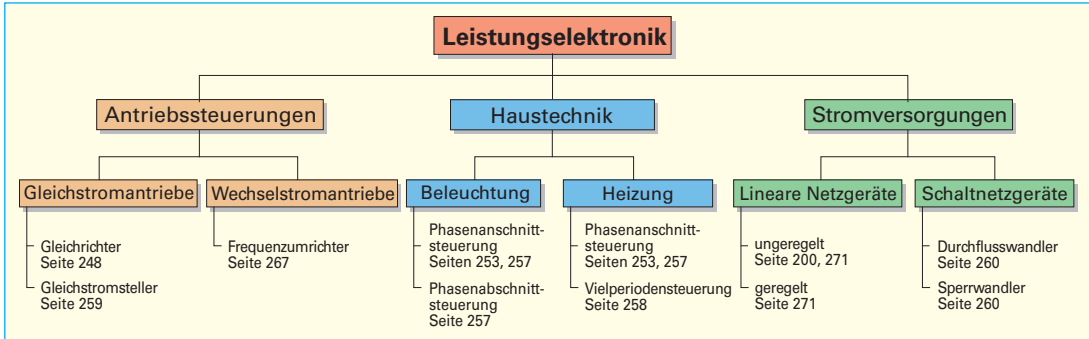


Bild 1: Einsatzgebiete der Leistungselektronik

- **Gleichrichter** formen Wechselstrom in Gleichstrom um (**Bild 3a**).
- **Wechselrichter** formen Gleichstrom in Wechselstrom oder in Drehstrom um (**Bild 3b**).
- **Gleichstrom-Umrichter** formen den Gleichstrom einer Spannung in Gleichstrom einer Spannung mit anderer Spannungshöhe oder Polarität um (**Bild 3c**).
- **Wechselstrom-Umrichter** formen den Wechselstrom einer Spannung in Wechselstrom einer Spannung mit anderer Spannungshöhe, Frequenz oder Phasenzahl um (**Bild 3d**).

Gleichrichter. Gleichspannung für elektronische Geräte und Gleichstrommotoren (**Bild 2a**) werden meist aus dem Wechselstromnetz erzeugt. Bei Gleichrichtern fließt die elektrische Energie vom Wechselstromsystem zum Gleichstromsystem (**Bild 3a**).

Wechselrichter. Wechselrichter werden benötigt, um z. B. einen PC für Wechselspannung 230 V an einer Batterie mit 12 V zu betreiben (**Bild 2b**). Bei Wechselrichtern fließt die elektrische Energie vom Gleichstromsystem zum Wechselstromsystem (**Bild 3b**).

Gleichstrom-Umrichter. Soll z. B. ein Funkgerät mit einer Betriebsspannung von DC 12 V aus dem 24-V-Akkumulator eines Lkws versorgt werden (**Bild 2c**), ist ein Gleichstrom-Umrichter erforderlich. Wandelt ein Gleichstrom-Umrichter (**Bild 3c**) direkt von Gleichstrom nach Gleichstrom um, ohne ein Wechselstromsystem zu benutzen, spricht man auch von einem **Gleichstromsteller** (Seite 259).

Wechselstrom-Umrichter. Mit einem Frequenzumrichter wird z. B. die Umdrehungsfrequenz einer Drehfeldmaschine gesteuert. Die Helligkeit einer Lampe kann mit einem Dimmer stufenlos verändert werden (**Bild 2d** und **Bild 3d**). Dimmer sind Wechselstrom-Umrichter mit Phasenanschnittsteuerung oder Phasenabschnittsteuerung.

i Schaltungen, die den Stromfluss zwischen Stromquelle und Last steuern oder von einer Stromart in eine andere umformen, werden als **Stromrichter** bezeichnet. Man fasst diese Schaltungen unter dem Oberbegriff Leistungselektronik zusammen. Die Fachbegriffe sind nach DIN 41750 und DIN IEC 60971 genormt (**Bild 1** und **Bild 3**).

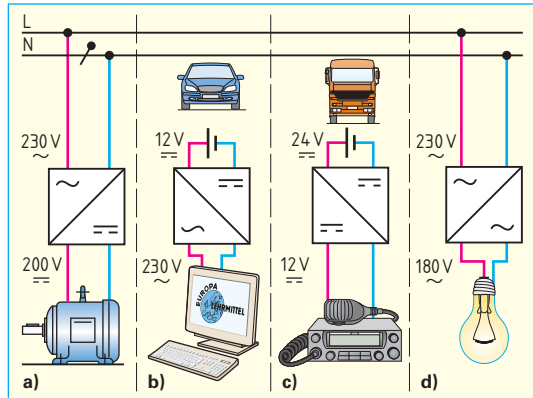


Bild 2: Leistungselektronische Anwendungen

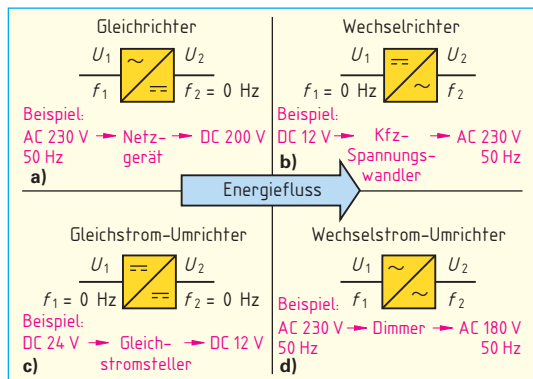


Bild 3: Schaltzeichen für Stromrichter



10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden

Damit eine Energieerzeugeranlage, z.B. eine Fotovoltaikanlage in einem Wohnhaus, wirtschaftlich arbeitet, müssen möglichst alle an Energieerzeugung und -verbrauch beteiligten Komponenten in einem Smart Grid durch ein Energiemanagement-System überwacht und gesteuert werden (**Bild 1**). Die von den Solarmodulen erzeugte Energie wird

- im Haus **eigenverbraucht**,
- in Akkumulatoren **gespeichert** oder
- ins öffentliche Stromnetz **eingespeist**.

Um für den Nutzer eine höchstmögliche Wirtschaftlichkeit zu erreichen (**Infokasten**), hat der Eigenverbrauch aus den Solarmodulen (Direktverbrauch) oder aus dem Speichersystem (Entladen) Vorrang (**Bild 2**).

Ein Lastmanagement optimiert den Eigenverbrauch, indem zeitlich flexible Verbraucher bei genügend eigenerzeugter Energie ferngesteuert eingeschaltet werden.

Das Steuermodul (4) (**Bild 1**) überwacht die Verbraucher (5) und steuert den Energiefluss. Es leitet z.B. um ca. 16.00 Uhr einen Teil der von den Solarmodulen (1) über den Modul-Wechselrichter (2) kommenden Energie mittels Umschaltvorrichtung (3) an die eingeschaltete Waschmaschine (**Bild 2**). Überschüssige Energie wird vorrangig zum Laden des Speichersystems (6) verwendet und darüber hinaus ins öffentliche Stromnetz (8) eingespeist.

Falls die Solarmodule den Eigenbedarf nicht decken, wird vorrangig die gespeicherte Energie genutzt. Dazu prüft das Steuermodul den Ladezustand des Speichersystems, wandelt den Gleichstrom über einen eigenen, integrierten Wechselrichter in Wechselstrom um und leitet ihn über die Umschaltvorrichtung zu den Verbrauchern im Haus. Falls die gespeicherte Energie zur Leistungsdeckung nicht ausreicht, schaltet das Steuermodul auf Strombezug aus dem öffentlichen Stromnetz um.

10.1.2.2 Energiespeichersysteme

In kleinen energieerzeugenden Anlagen werden als Energiespeicher vorwiegend Blei-Säure- und Blei-Gel-Akkusysteme oder Lithium-Ionen-Akkusysteme (**Bild 3**) eingesetzt, die sich in ihren Eigenschaften, z.B. Anzahl möglicher Ladezyklen, Tiefentladefähigkeit oder Wirkungsgrad, unterscheiden. Für Planung, Transport und Errichtung solcher stationären elektrischen Energiespeichersysteme sind Sicherheitsvorgaben zu beachten. Bei Lithium-Ionen-Akkus muss z.B. durch eine Lade- und Entladeregulierung dafür gesorgt werden, dass keine Gefahren durch Überhitzung entstehen.

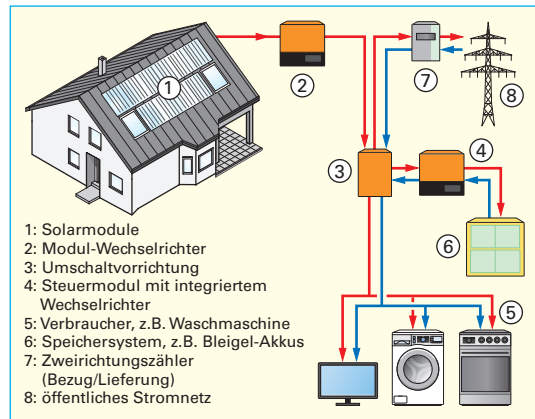


Bild 1: Fotovoltaikanlage in einem Wohnhaus mit Energiemanagement-System (vereinfacht)

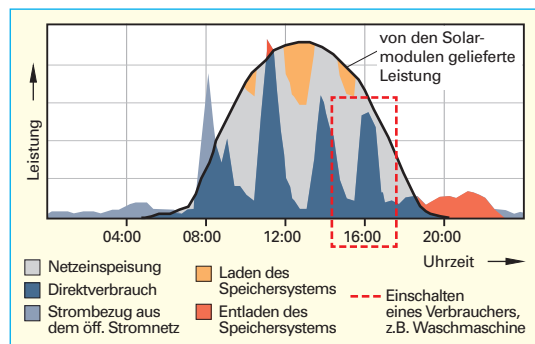


Bild 2: Tagesverlauf des Energiemanagements



Durch die schrittweise Reduzierung der Einspeisevergütung nach dem EEG (z.B. 12,31 ct/kWh für Dachanlagen bis 10 kWp ab 01.09.2015) wird bei steigenden Strombezugspreisen (z.B. 27 ct/kWh) der Eigenverbrauch zunehmend wirtschaftlicher.



Bild 3: Lithium-Ionen-Akkusystem



**Situationsbeschreibung:**

Der Leiterquerschnitt A einer Zuleitung vom Zähler (Unterverteiler) zu einem Großraumbüro soll dimensioniert werden.

Die Installation umfasst:

- 120 Leuchtstofflampen mit EVG¹,
- 36 PC-Arbeitsplätze mit Flachmonitor,
- 3 Kopierer und
- 3 Faxgeräte,
- Zuleitung: Leitung NYM-J, Länge $l = 35$ m, Verlegeart B2, 3 belastete Adern, Umgebungstemperatur $\vartheta_u = 25^\circ\text{C}$, $U = 400$ V.

Hinweis: Nichtlineare Lasten, z. B. Energiesparlampen, PCs und Monitore, verursachen Oberschwingungsströme, die den Neutralleiter im Netz zusätzlich belasten (**Bild**). Die Berechnung des Leiterquerschnitts nach DIN VDE 0298-4 (**Seite 320**) kann deshalb zu einem falschen Ergebnis führen.

Berechnung der Ströme bei symmetrischer Belastung:**1. Summe der Außenleiterströme $I_{L\text{ges}}$ (nach Tabelle 1).**

Allgemein gilt: $I_{L\text{ges}}$ Strom im Außenleiter
 $I_{L\text{ges}} = n \cdot I_L$ n Verbraucheranzahl pro Außenleiter
 I_L Strom

Beispiel Beleuchtung: $I_{L1\text{ges}} = n \cdot I_L = 40 \cdot 0,25 \text{ A} = 10,00 \text{ A}$

Verbraucher	Anzahl pro Außenleiter	Strom I_L in mA	$I_{L\text{ges}}$ in A
Beleuchtung	40	250	10,00
PC	12	380	4,56
Flachmonitor	12	240	2,88
Kopierer	1	610	0,61
Faxgeräte	1	170	0,17
Summe $I_{L\text{ges}}$:			18,22

2. Summe der Verzerrungsströme $I_{V\text{ges}}$ (nach Tabelle 1).

Allgemein gilt: $I_{V\text{ges}}$ Verzerrungsstrom im Außenleiter
 $I_{V\text{ges}} = n \cdot I_V$ n Verbraucheranzahl pro Außenleiter
 I_V Verzerrungsstrom

Beispiel Beleuchtung: $I_{V1\text{ges}} = n \cdot I_V = 40 \cdot 0,043 \text{ A} = 1,72 \text{ A}$

Verbraucher	Anzahl pro Außenleiter	Verzerrungsstrom I_V in mA	$I_{V\text{ges}}$ in A
Beleuchtung	40	43	1,720
PC	12	57	0,684
Flachmonitor	12	137	1,644
Kopierer	1	144	0,144
Faxgeräte	1	83	0,083
Summe $I_{V\text{ges}}$:			4,275

3. Oberschwingungsanteil O_{An} berechnen:

Oberschwingungsanteil $O_{An} = \frac{\text{Verzerrungsstrom } I_{V\text{ges}}}{\text{Außenleiterstrom } I_{L\text{ges}}} \cdot 100\%$

$$O_{An} = \frac{I_{V\text{ges}}}{I_{L\text{ges}}} \cdot 100\% = \frac{4,275 \text{ A}}{18,22 \text{ A}} \cdot 100\% = 23,46\%$$

4. Bemessungsstrom des LS-Schalters bestimmen:

Außenleiterstrom $I_{L\text{ges}} = 18,22 \text{ A}$, $\Rightarrow$ Überstrom-Schutzeinrichtung $I_N = 20 \text{ A}$ (**Tabelle, Seite 316**), $I_z \geq 20 \text{ A}$

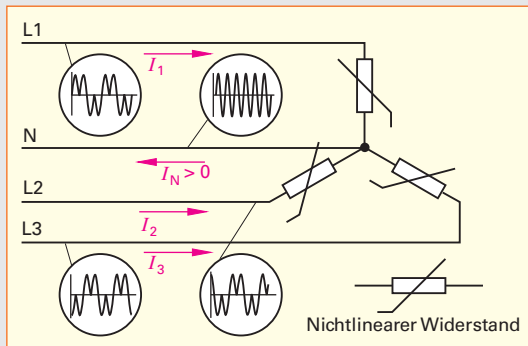


Bild: Symmetrische Belastung der Außenleiter mit nichtlinearen Lasten

i Schritte zur Ermittlung des Leiterquerschnitts bei Oberschwingungsströmen:

Man berechnet zuerst:

- Summe der Außenleiterströme
- Summe der Verzerrungsströme im Außenleiter
- Oberschwingungsanteil im Außenleiter

Danach bestimmt man:

- Überstromschutzeinrichtung
- Leiterquerschnitt
- Spannungsfall

Tabelle 1: Typische Verzerrungsströme elektronischer Verbraucher (nach DIN VDE 0100-520, Bbl 3)

Elektronisches Verbrauchsmittel	Leistung P in W	Strom I_L in mA	Verzerrungsstrom I_V in mA
Kompakt-Leuchtstofflampe	23	150	80
Leuchtstofflampe mit EVG ¹	55	250	43
Leuchtstofflampe mit Kompensation	62	300	67
PC	82	380	57
Flachmonitor	32	240	137
Kopierer	103	610	144
Faxgerät	22	170	83

Tabelle 2: Reduktionsfaktor f_4 für Verbraucher, die Oberschwingungen erzeugen (nach DIN VDE 0100-520, Bbl 3)

Prozentueller Leistungsanteil der Oberschwingungen erzeugenden Verbraucher, bezogen auf die Gesamtleistung	Reduktionsfaktor f_4
0 bis 15 %	1
> 15 bis 25 %	0,95
> 25 bis 35 %	0,9
> 35 bis 45 %	0,85
> 45 bis 55 %	0,8
> 55 bis 65 %	0,75
> 65 bis 75 %	0,7
> 75 %	0,65

¹ EVG, Abk. für: Elektronisches Vorschaltgerät



10.6.8.2 Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen

Für das Laden der Akkumulatoren von Elektro-Fahrzeugen unterscheidet man nach DIN EN 61851-1 vier **kabelgebundene Ladebetriebsarten**. Diese unterscheiden sich durch die verwendete Ladestromquelle (AC oder DC) und die energiewirtschaftlichen Anschlüsse (Schutzkontakt-Steckdose, CEE-Steckdose, Typ 2-Ladesteckeinrichtung oder DC-Ladesteckeinrichtung), die maximale Ladeleistung sowie die Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Elektro-Fahrzeug und Anschlusspunkt. Zurzeit werden die Ladebetriebsarten 2 und 3 angewendet. In Zukunft sollen auch mehr DC-Ladestationen für kürzere Ladezeiten nach Ladebetriebsart 4 installiert werden.

Die Akkumulatoren der Elektro-Fahrzeuge werden meist über eine Ladeleitung mit genormtem **Typ 2-Ladestecker (Bild 1)** nach DIN EN 62196 aufgeladen. Die Typ 2-Ladesteckeinrichtung (**Bild 2, Seite 334**) wird für das Laden an allen üblichen Ladestationen benötigt. Soll über eine Schutzkontaktsteckdose bzw. CEE-Steckdose geladen werden, ist die Ladeleitung mit dem entsprechenden Stecker an dem Ende ausgestattet. Am anderen Ende ist dann der Typ 2-Ladestecker angeschlossen.

10.6.8.3 Installationsvorschriften

Zur Installation von Stromversorgungen (**Bild 2**) für Elektro-Fahrzeuge schreibt die DIN VDE 0100-722 vor:

- Jeder Anschlusspunkt ist durch einen eigenen Stromkreis mit nur einer Steckdose oder einer Ladeleitung mit Typ 2-Stecker zu versorgen.
- Jeder Anschlusspunkt ist durch eine eigene 30 mA-RCD zu schützen. Da die Werte der Gleichfehlerströme meist unbekannt sind, ist es zweckmäßig, eine RCD Typ B zu verwenden.
- Der Anschlusspunkt soll möglichst mit einem Überspannungsableiter Typ 2 geschützt werden.
- Für die Ermittlung des Zuleitungsquerschnittes sowie für die Auswahl der Leitungsschutzelemente ist mit dem maximalen Ladestrom und dem Gleichzeitigkeitsfaktor 1 zu rechnen.
- Steckdosen sind zwischen 0,5 m und 1,5 m über dem Boden zu installieren.
- Verlängerungen der Ladeleitungen sind verboten.
- Nach TAB ist die Installation von Ladestationen ab 12 kW genehmigungspflichtig.



www.schaufenster-elektromobilitaet.org

Spannung wird erst zugeschaltet, wenn der Stecker gesteckt ist und der PP1-Kontakt erkannt wird.



Über den CP2-Kontakt wird der Aufladevorgang kontrolliert und gesteuert.

¹PP, Abk. für: Proximity Pilot (engl.) = Näherungskontakt
²CP, Abk. für: Control Pilot (engl.) = Überprüfungskontakt

Bild 1: Kontaktbelegung des Typ 2-Ladesteckers



Ladebetriebsarten

Ladebetriebsart 2

- AC-Ladung an einer Schutzkontakt- oder CEE-Steckdose mit max. 16 A am 1 ~ AC-Netz oder max. 32 A am 3 ~ AC-Netz,
- mit Kontroll-, Steuer- und Schutzfunktion in der Ladeleitung (ICCB)³,
- Ladegerät ist im Fahrzeug eingebaut.

Ladebetriebsart 3

- AC-Ladung an einer typgeprüften Ladestation mit max. 63 A am 1 ~ AC- oder am 3 ~ AC-Netz,
- Kontroll-, Steuer- und Schutzgerät in der Ladestation
- Ladegerät mit Ladeführungsfunktion im Fahrzeug.

³ ICCB, Abk. für In-Cable Control Box. (engl.) Steuerkasten in der Leitung

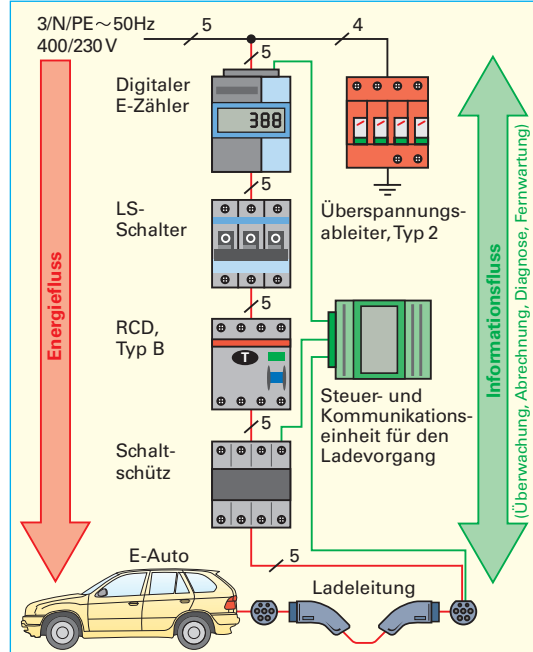


Bild 2: Prinzip einer AC-Ladesäule für Ladebetriebsart 3 am Dreiphasen-Wechselstromnetz

Fahrzeug-Akkumulatoren sollen nicht an bereits vorhandenen haushaltsüblichen Steckdosen-Stromkreisen geladen werden. Infolge der langen Ladezeit, mit z.B. 16 A, können hohe Temperaturen an den Klemmstellen und somit eine Brandgefahr entstehen.



11.2.4 Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik

Das Errichten, Warten, Instandhalten oder Prüfen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel ist nach **DGUV¹ Vorschrift 3** (früher BGV A3) durch qualifizierte Personen (Elektrofachkräfte) durchzuführen. Je nach Anforderung werden Personen mit unterschiedlichen Qualifikationen (**Bild**) und Fachkenntnissen benötigt.

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass bei Übertragung von Aufgaben, z. B. Prüfen einer elektrischen Anlage, die Beschäftigten befähigt und geeignet sind, Bestimmungen, Vorschriften und Maßnahmen einzuhalten (**Übersicht und Tabelle**).

Übersicht: Bestimmungen, rechtliche Vorschriften

- Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (DGUV Vorschrift 3)
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS1203)
- DIN VDE-Bestimmungen (DIN VDE 0105, Teil 100)

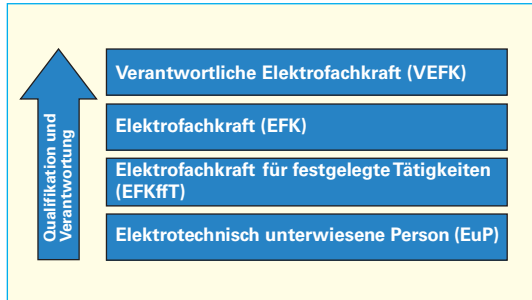


Bild: Qualifizierte Personen in der Elektrotechnik

¹ DGUV, Abk. für Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Tabelle: Qualifizierte Personen in der Elektrotechnik

Personen	Beschreibung, Ausbildung und Qualifikation	Tätigkeiten, Arbeitsbeispiele
Befähigte Personen	Befähigte Personen müssen für alle elektrotechnischen Arbeiten durch ihre Berufsausbildung, z. B. Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik, geeignet sein. Eine mindestens einjährige Berufserfahrung und zeitnahe berufliche Tätigkeit mit aktualisierten Kenntnissen der Elektrotechnik, z. B. an Schulungen, ist vorausgesetzt.	• Reparatur-, Service- und Wartungsarbeiten, • Prüfung elektrischer Betriebsmittel, • Instandsetzung und Prüfung von elektrischen Geräten.
Verantwortliche Elektrofachkraft (VEFK)	Die Verantwortliche Elektrofachkraft ist vom Unternehmer bzw. Arbeitgeber beauftragt, Fach- und Aufsichtsverantwortung zu übernehmen. Die Verantwortung kann für einen ganzen Betrieb, Betriebsteile oder eine Anlage gelten. VEFKs sind oft fachliche Vorgesetzte anderer Elektrofachkräfte, z. B. Handwerks- oder Industriemeister, staatlich geprüfte Techniker oder Ingenieure.	Organisation, fachliche Leitung eines Elektrobereichs, z. B. • Koordinierung der Arbeiten, • Planung und Projektierung von elektrischen Anlagen, • Bereitstellen von Vorschriften/Regeln, • Aus- und Weiterbildung organisieren.
Elektrofachkraft (EFK)	Elektrofachkraft ist eine Person, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, Erfahrungen und Kenntnisse, die ihr übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann. Die EFK ist keine Berufsbezeichnung, sondern eine Qualifikation, die nach der Ausbildung im Unternehmen durch Erfahrung erworben werden muss. Voraussetzung ist eine Berufsausbildung, z. B. Geselle, Facharbeiter, Meister, Techniker oder Ingenieur entsprechend den Ausbildungs-, Prüfungs- und Studienordnungen.	Arbeiten an elektrischen Anlagen bis AC 1000 V bzw. DC 1500 V, z. B. • Planen, Projektieren, Konstruieren, • Errichten, Prüfen, Betreiben, Ändern von elektrischen Anlagen, • Einsetzen von Arbeitskräften, • Wartung elektrischer Maschinen Bei Arbeiten in Anlagen > 1000V ist eine Schaltberechtigung notwendig.
Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (EFKfT)	Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten ist ein Mitarbeiter mit abgeschlossener, technischer Berufsausbildung, der eigenverantwortlich und selbstständig in einem genau festgelegten Bereich tätig ist. Festgelegte Tätigkeiten sind wiederholende elektrotechnische Arbeiten an Betriebsmitteln, die vom Unternehmer in einer Arbeitsanweisung festgelegt sind. Ortsfeste Gebäudeinstallationen, z. B. eine Herdanschlussdose, dürfen nicht verändert oder errichtet werden. Die Ausbildung mit 80 Stunden beinhaltet Theorie und Praxis mit Prüfung.	Es dürfen z. B. nur Betriebsmittel an einen vorhandenen Übergabepunkt angeschlossen, ausgetauscht und geprüft werden, z. B. • Elektroherd durch Küchenmonteure, • Rollladenmotor durch Rollladenmonteure, • Schaltergeräte und Sensoren an Biegemaschine austauschen und einstellen.
Elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP)	Elektrotechnisch unterwiesene Personen führen einfache elektrotechnische Arbeiten unter Anleitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft durch. Sie sind über mögliche Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterwiesen worden, z. B. Gefahren beim Reinigen einer elektrischen Anlage. Die Ausbildung ist zeitlich begrenzt, z. B. 1 bis 2 Tage, mit Kenntnissen über Unfallverhütungsvorschriften, Normen, Stromgefahren und einfache Schutzmaßnahmen.	Einfache Prüfungen und elektrotechnische Arbeiten unter Anleitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft durchführen, z. B. • Aufstellen einer Parabolantenne, • Ausheben eines Kabelgrabens, • Malerarbeiten in elektrischen Betriebsräumen.



11.9.3 Kennwerte von RCDs

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen gibt es 2- und 4-polig mit Bemessungs-Differenzströmen von $I_{\Delta N} \leq 10 \text{ mA}$ bis $0,5 \text{ A}$. Die Bemessungsströme betragen 10 A bis 125 A . RCDs mit $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ dienen dem Personenschutz und dem Brandschutz, höhere Bemessungs-Differenzströme nur dem Brandschutz.

Hersteller von RCDs müssen ihre Geräte durch Aufschriften und Sinnbilder kennzeichnen (**Bild**). Abschaltzeiten von RCDs sind abhängig von Art und Größe des Fehlerstromes (**Tabelle 1**). Die Norm DIN VDE 0664 gilt für Gerätehersteller und legt Abschaltzeiten der RCDs fest.

Tabelle 1: RCDs-Abschaltzeichen (DIN VDE 0664)

Fehlerstromart	Normwerte der Abschaltzeiten in s		
Wechselfehlerstrom	$1 \cdot I_{\Delta N}$	$2 \cdot I_{\Delta N}$	$5 \cdot I_{\Delta N}$
Gleichfehlerströme, pulsierend	$1,4 \cdot I_{\Delta N}$	$2 \cdot 1,4 \cdot I_{\Delta N}$	$5 \cdot 1,4 \cdot I_{\Delta N}$
Gleichfehlerströme, glatt	$2 \cdot I_{\Delta N}$	$2 \cdot 2 \cdot I_{\Delta N}$	$5 \cdot 2 \cdot I_{\Delta N}$
RCD, allgemein	max. 0,3	max. 0,1	max. 0,04
RCD, selektiv (S)	0,13 ... 0,5	0,06 ... 0,2	0,05 ... 0,15

11.9.4 Auswahl und Einsatz von RCDs

Der Errichter elektrischer Anlagen muss bereits bei Planung einer Elektroinstallation den Einsatz der elektrischen Betriebsmittel und die Auswahl geeigneter Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen einbeziehen (**Tabelle 2 und 3, sowie Seite 359**).

Die Auswahl der RCDs wird durch die Art der Fehlerströme, die elektrische Betriebsmittel im Fehlerfalle bewirken können, bestimmt.

RCCB¹, Typ A: Einsatz z.B. in Hausinstallationen als Personenschutz. Bei fast rein ohmschen, induktiven und kapazitiven Betriebsmitteln, z.B. Heizgeräten oder Waschmaschinen, können Wechselfehlerströme mit der Netzfrequenz der Wechselspannung, aber auch pulsierende Gleichfehlerströme, auftreten (**Tabelle 3a, b und d**).

RCCB, Typ B: Einsatz z.B. in Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen, Laborräumen. Bei elektronischen Betriebsmitteln, z.B. Frequenzumrichter, können bedingt durch Oberschwingungen Fehlerströme als Misch- oder als glatter Gleichstrom auftreten (**Tabelle 3c, e und f**).

RCCB, Typ B+: Einsatz z.B. auch für gehobenen vorbeugenden Brandschutz bei elektronischen Betriebsmitteln mit Wechselfehlerströmen bis 20 kHz .

RCCB, Typ F: Einsatz z.B. bei einphasig betriebenen Frequenzumrichtern, bei denen Fehlerströme aus einem Frequenzgemisch bis 1 kHz auftreten können.

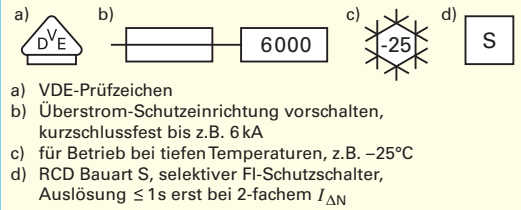


Bild: Sinnbilder für die Kennzeichnung von RCDs

Tabelle 2: Fehlerströme und RCD-Verwendung

Art der Fehlerströme	Typ	Symbol
Reine Wechselfehlerströme mit geringen Oberschwingungen und pulsierende Gleichfehlerströme	A	
Fehlerströme vom Typ A, glatte Gleich- und Wechselfehlerströme mit Frequenzen bis 2 kHz	B	
Fehlerströme wie vom Typ B, glatte Gleich- und Wechselfehlerströme mit Frequenzen bis 20 kHz (gemäß Vornorm: VDE V 0664-210 und VdS-Richtlinie 3501)	B+	
Erfassung von nur sinusförmigen Wechselfehlerströmen. Wichtig: In Deutschland nicht zugelassen.	AC	
Fehlerströme vom Typ A, Wechselfehlerströme mit Mischfrequenzen	F	

Tabelle 3: RCD-Typen A, B, B+, F, Fehlerströme

Schaltung mit Fehlerquelle	Belastungsstrom	Fehlerstrom	RCD A/F B/B+
a) Phasenanschnittsteuerung 			• •
b) Einpuls-Einwegschaltung 			• •
c) Einpuls-Einwegschaltung mit Glättung 			•
d) Zweipuls-Brückenschaltung 			• •
e) Dreipuls-Mittelpunktschaltung 			•
f) Sechspuls-Brückenschaltung 			•

¹ RCCB, Abk. für Residual Current Operated Circuit Breaker (engl.) = Fehlerstrom-Schutzschalter

12.2.5 Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrrreinigung

12.2.5.1 Waschmaschine

Waschmaschinen werden unterschieden in

- Waschvollautomaten zum Waschen, Spülen und Schleudern sowie
- Wäschetrockner, eine Kombination aus Waschvollautomat und Trockner.

Je nach Wäscheart werden verschiedene Waschprogramme, z.B. für Koch-, Bunt- und Pflegeleicht-Wäsche, bereitgestellt.

Waschprogramme bestimmen die Wäschebewegung, Waschzeit, Waschmittel- und Wassermenge sowie die Wassertemperatur.

Der prinzipielle Waschprogrammablauf (Bild 1) wird von einem elektromechanischen Programmschaltwerk (Bild 2) oder einem Mikrocontroller gesteuert.

Wichtige Merkmale von Waschmaschinen, z. B. der Energieeffizienzklasse A⁺⁺⁺ (Seite 610)

- Energieverbrauch/Jahr (220 Waschgänge), z. B. 189 kWh
- Wasserverbrauch/Jahr (220 Waschgänge), z. B. 10560 l
- Bauform, z. B. Frontlader oder Toplader
- Geräuschemission, z. B. 49 dB(A)
- Maximale Füllmenge, z. B. 7 kg
- Schleuderdrehzahl, z. B. 1600 U/min



www.waschmaschinendoktor.de

www.hauswirtschaft.info/waesche/waschfaktoren.php

Vorwäsche

Entfernen von grobem Schmutz, z. B. Sand und Öl. Kann bei gering verschmutzter Wäsche ausgeschaltet werden.

Hauptwäsche

Entfernen von sämtlichem Schmutz. Bei ECO¹-Programm mit mehr Zeit und geringerer Temperatur.

Spülen

Waschmittelreste und gelösten Schmutz ausspülen (3–5 Spülgänge). Im letzten Spülgang kann ein Weichspülmittel eingespült werden.

Schleudern

Entfernen von Wasser aus der durchnässten Wäsche. Ergebnis der Restfeuchte in der Wäsche ist abhängig von Schleuderdrehzahl, z. B. 1600 U/min.

Magnetventil (Bild 2) Vorwäsche: Auf → Zulauf spült Vorwaschmittel in den Laugenbehälter → Wasserzulauf bis niedriger Wasserstand erreicht ist (Meldung Niveauschalter) → Magnetventil Vorwäsche: Zu → Waschtrommel von Waschmotor abwechselnd nach links und rechts drehen (reversieren) bis Ende Vorwaschzeit → Wasser mit Laugenpumpe abpumpen

Magnetventil Hauptwäsche: Auf → Zulauf spült Hauptwaschmittel in den Laugenbehälter → Wasserzulauf bis niedriger Wasserstand erreicht ist (Meldung Niveauschalter) → Magnetventil Hauptwäsche: Zu → Heizung Ein und Wassertemperatur mit Temperaturregler konstant halten → reversieren bis Ende Hauptwaschzeit → Wasser mit Laugenpumpe abpumpen

Magnetventil Spülen: Auf → Wasserzulauf bis hoher Wasserstand erreicht ist (Meldung Niveauschalter) → Magnetventil Spülen: Zu → reversieren bis Ende Spülzeit → Wasser abpumpen

Motordrehzahl erhöhen und Wasser abpumpen → Bei Unwuchterkennung Geschwindigkeit reduzieren → Wäsche durch Reversieren neu verteilen → Geschwindigkeit wieder erhöhen, wenn keine Unwucht mehr vorhanden, bis Enddrehzahl beschleunigen → schleudern bis Ende Schleuderzeit

¹ ECO, Abk. für: Economic (engl.) = wirtschaftlich

Bild 1: Waschprogrammablauf (Beispiel)

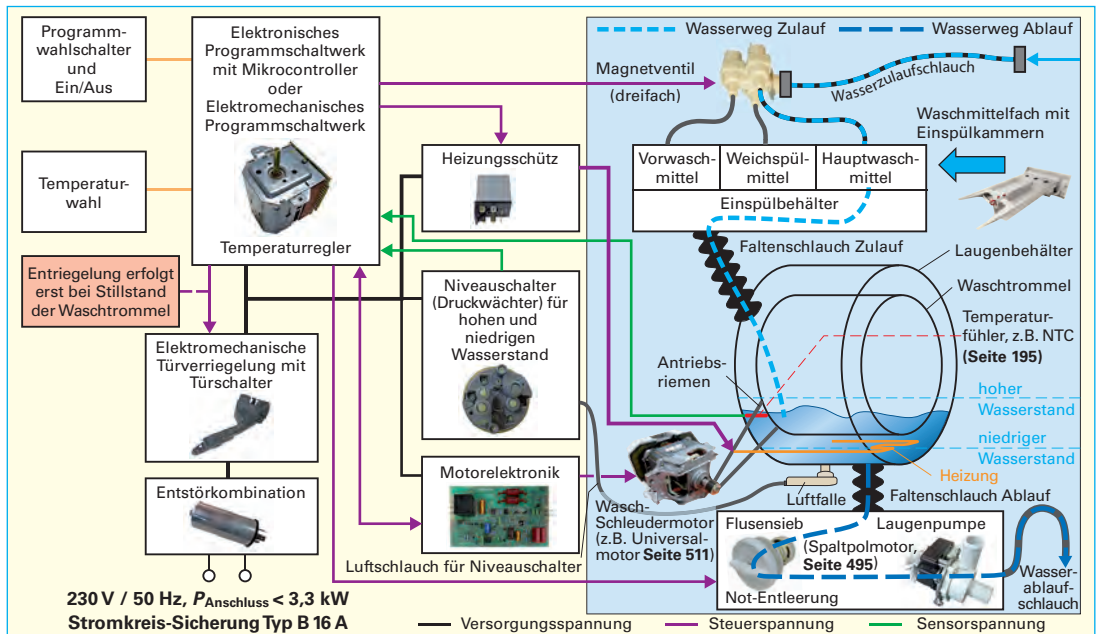


Bild 2: Prinzipieller Aufbau einer Waschmaschine



13.2.2.3 Anlassen von Kurzschlussläufermotoren

Ständeranlassverfahren. Kurzschlussläufermotoren verursachen Anlassprobleme (**Tabelle 1**). Um Beeinträchtigungen im Netz zu vermeiden, sind die technischen Anschlussbedingungen für Motoren (**Tabelle 2**) der Netzbetreiber zu beachten.

Bei Drehstrommotoren mit Anlaufströmen¹ über 60 A sind Anlassverfahren erforderlich.

Beispiel:

Beurteilen Sie mithilfe der **Tabelle, Seite 654**, ob für den Drehstrom-Käfigläufermotor 5,5 kW mit der Baugröße 132S und der Drehfeldrehzahl $n_s = 3000 \text{ min}^{-1}$ ein Anlassverfahren erforderlich ist.

Lösung:

Aus **Tabelle, Seite 654**: $I_A/I_N = 7,3$; $I_N = 9,9 \text{ A}$;

$$I_A = 7,3 \cdot I_N = 7,3 \cdot 9,9 \text{ A}$$

$I_A = 72,3 \text{ A} > 60 \text{ A} \rightarrow$ Anlassverfahren ist erforderlich

Häufige Ständeranlassverfahren (Bild 1) sind:

- Stern-Dreieck-Anlassverfahren,
- elektronische Sanftanlaugeräte (Softstarter),
- Frequenzumrichter (**Seite 272**).

Bei Antriebsaufgaben ist ein sicherer Anlauf nur möglich, wenn das Motordrehmoment größer ist als das Widerstandsmoment M_W der Arbeitsmaschine (**Seite 490**).

Die Anlassverfahren setzen die Ständerspannung am Motor herab. Dabei verringert sich der Anlaufstrom I_A proportional zur Spannung, das Anlaufmoment M_A jedoch quadratisch. Bei halber Bemessungsspannung entwickelt der Motor nur noch ein Viertel seines Drehmomentes (**Bild 2**). Das Lastmoment ist nun größer als das Anlaufmoment, ein Anlauf des Motors ist nicht mehr möglich.

Ständeranlassverfahren verringern das Anlaufmoment sehr stark.

Stern-Dreieck-Anlassverfahren

Motoren, deren zulässige Strangspannung der Leiter-spannung des Netzes entspricht, werden in Dreieckschaltung betrieben. Erfolgt der Anlauf in Sternschaltung, so wird die Strangspannung um den Faktor $1/\sqrt{3}$ verringert. Nach den Gesetzmäßigkeiten der Drehstromverketzung sinkt damit der Strom in der Zuleitung auf ein Drittel, aber auch das Drehmoment und die Motorleistung.

Das Verfahren eignet sich daher für Antriebe mit geringem Anlaufmoment wie z. B. für Pumpen oder Sägen. Am öffentlichen Netz ist es anwendbar für Motoren mit Leistungen bis 11 kW.

¹ auch Anzugsstrom oder Anlassstrom

Tabelle 1: Anlassprobleme bei Drehstrommotoren

Elektrische	Mechanische
Netzurückwirkung: Hoher Anlaufstrom bewirkt Spannungsabsenkung im Netz	Stoßbelastungen: durch hohes Anlaufmoment von z. B. Getrieben

Tabelle 2: Direktes Einschalten nach TAB für Motoren im öffentlichen Niederspannungsnetz (400 V)

Einphasenwechselstrommotoren	Scheinleistung $\leq 1,7 \text{ kVA}$
Drehstrommotoren	Anlaufstrom $\leq 60 \text{ A}$ oder Scheinleistung $\leq 5,2 \text{ kVA}$

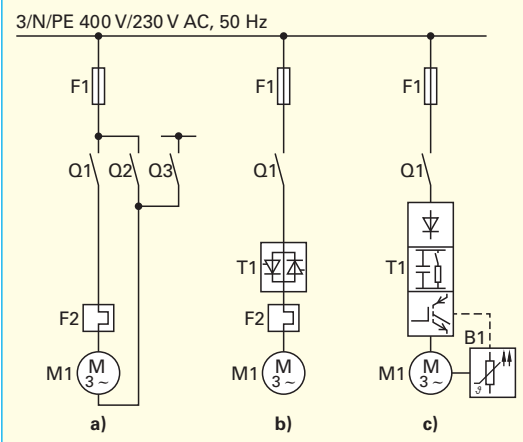


Bild 1: Ständeranlassverfahren



Auswahl eines Elektromotors:
Praxistipp Seiten 490 und 491

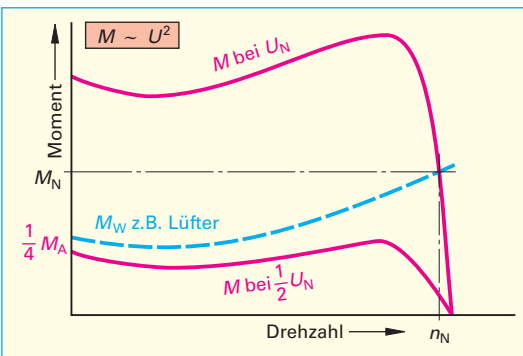


Bild 2: Drehmomentverläufe eines Kurzschlussläufermotors bei voller und halber Bemessungsspannung



Stern-Dreieck-Anlassverfahren mit Schützen: **Seite 117 bis 119**



13.2.2.8 Wechselstrom-Asynchronmotor

Drehfeldmotoren mit Kurzschlussläufer sind robust, kostengünstig und funktionsfrei. Einphasen-Asynchronmotoren besitzen eine Haupt- und eine Hilfswicklung, die im Ständer um 90° räumlich versetzt angeordnet sind. Um ein Drehfeld zu erzeugen, müssen die Ströme in beiden Wicklungen phasenverschoben sein (Bild 1).

Der Kondensatormotor

Der Kondensatormotor ist der am häufigsten verwendete Wechselstrom-Asynchronmotor. Zur Drehfeldbildung wird ein Kondensator eingesetzt, der in Reihe zur Hilfswicklung geschaltet wird (Bild 2). Er ist meist am oder im Klemmenkasten untergebracht (Bild 3).

Motordrehrichtung. Zur Änderung wird die Stromrichtung in der Hilfswicklung umgepolt.

Die Drehrichtungsänderung erreicht man durch Tausch des Kondensatoranschlusses am Klemmbrett (Bild 3).

Ein hohes Anzugsmoment erzeugt der Motor bei Einsatz eines **Anlaufkondensators** C_A und eines **Betriebskondensators** C_B (Bild 2). Das Anzugsmoment kann durch den Einsatz beider Kondensatoren auf den Wert des 2- bis 3-fachen Bemessungsmomentes gesteigert werden (Bild 4). Der Motor kann dadurch unter Last anlaufen.

Anlaufkondensatoren werden nach dem Hochlaufen abgeschaltet.

Die Abschaltung erfolgt durch thermische oder stromabhängige Relais oder durch Fliehkraftschalter (Bild 2). Es ist nur noch der Betriebskondensator wirksam. Das Abschalten ist erforderlich, da der hohe Strom zu einer Überhitzung der Hilfswicklung führen würde. Ursache dafür ist, dass die Gesamtkapazität von C_A und C_B mit der Hilfswicklung einen Reihenschwingkreis (Seite 149) bildet. Außerdem können an den Kondensatoren hohe Spannungen auftreten ($U_C > U_{\text{Netz}}$).

Die Kondensatoren müssen für die größte auftretende Spannung bemessen sein.

Der **Betriebskondensator** soll eine Blindleistung von **1,3 kvar je kW** Motorleistung aufweisen. Der Anlaufkondensator hat meist die zwei- bis dreifache Kapazität.

Für den Anlaufkondensator gilt: $C_A = 2 \dots 3 \cdot C_B$

Anwendung. Kondensatormotoren haben Bemessungsleistungen bis etwa 3 kW. Sie werden verwendet, z.B. als Umwälzpumpenmotor in Heizungsanlagen oder als Betonmischerantrieb.

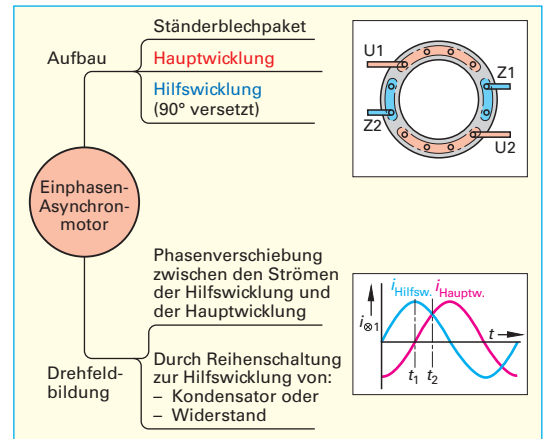


Bild 1: Übersicht Wechselstrom-Asynchronmotor

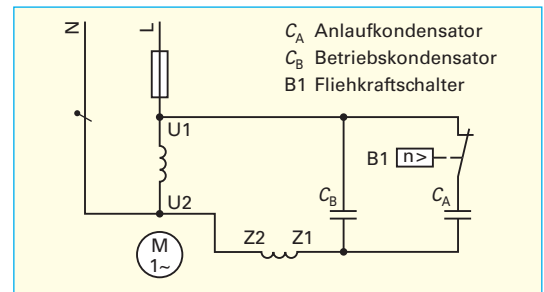


Bild 2: Kondensatormotor mit Betriebs- und Anlaufkondensator

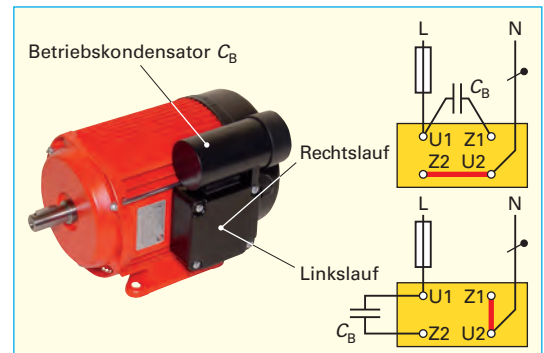


Bild 3: Kondensatormotor mit Betriebskondensator C_B und Beschaltung des Klemmbretts

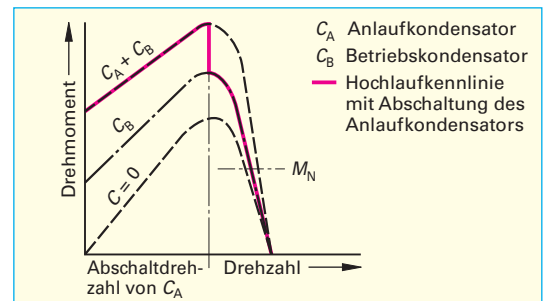


Bild 4: Drehmomentkennlinien beim Kondensatormotor

15.3.6.4 Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)

Erfordert der Steuerungsprozess in Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen unterschiedliches Steuerungsverhalten, wird die Ablaufkette in mehrere Zweige aufgeteilt (**Bild 1**).

Meist schließen sich die Bedingungen für die verschiedenen Zweige gegenseitig aus, wie etwa in **Beispiel 10 (Bild 3)**. Es kann jedoch vorkommen, dass sich die Entscheidung für die unterschiedlichen Zweige nicht ausschließen, dann müssen die Zweige gegeneinander verriegelt werden (**Bild 1**).

Beispiel 10:

Eine Tennisballverpackungsanlage (**Bild 2**) befüllt automatisch unterschiedlich große Dosen mit drei oder vier Bällen. Sie wird mit EIN eingeschaltet. Dann startet das Förderband (M2). Wenn Initiator B1 eine Dose erkennt, stoppt das Band. Lichttaster B3 registriert, ob es sich um eine große oder kleine Dose handelt und der Vereinzeler (M1) wird eingeschaltet. Er füllt Bälle aus dem Silo in die Dosen.

Die Bälle werden von Lichtschranke B2 erfasst. Sind drei bzw. vier Bälle verpackt, wird die nächste Dose unter die Abfüllstation transportiert. Dieser Vorgang wiederholt sich ständig.

Die Anlage wird mit AUS stillgesetzt. Die letzte Dose wird noch fertig befüllt und aus der Abfüllposition herausgefahren (B1 = 0). Dann stoppt die Anlage. Bei NOT-HALT stoppt die Anlage sofort. Erstellen Sie ein SPS-Programm.

Lösung:

Die Ablaufkette (**Bild 3**) beschreibt die Aufgabe. Damit nicht nach jeder Dose der EIN-Taster erneut betätigt werden muss, wird als Weiterschaltbedingung zu Schritt 2 ein Merker (EIN-Merker) benutzt, der vom EIN-Taster gesetzt und von AUS oder NOT-HALT zurückgesetzt wird. So ist auch gewährleistet, dass bei AUS die letzte Dose noch fertig befüllt wird, ehe die Anlage stoppt.

Führt der EIN-Merker 1-Signal, wird Schritt 2 aktiv und startet das Förderband (M2). Gelangt eine Dose zu Initiator B1, führt dieser 1-Signal. Handelt es sich um eine kleine Dose, bleibt Lichttaster B3 unbedämpft und führt 0-Signal. Die Verknüpfung $B1 \wedge B3$ hat 1-Signal. Die Ablaufkette verzweigt sich in Schritt 3. Bei einer großen Dose hat B3 ein 1-Signal und verzweigt in Schritt 5.

In Schritt 3 wird das Band M2 abgeschaltet, der Vereinzeler M1 eingeschaltet und der Rückwärtszähler Z1 auf 3 gesetzt. Sind drei Bälle durch die Lichtschranke B2 gefallen, hat Zähler Z1 den Zählerstand 0 und sein Ausgang Q führt ein 0-Signal. Die Weiterschaltbedingung für Schritt 4 ist erfüllt.

In Schritt 4 startet das Förderband M2 und entfernt die Dose vom Initiator B1. Dadurch hat B1 ein 0-Signal und die Rücksprungbedingung zu Schritt 1 ist erfüllt.

Dieser Ablauf wiederholt sich so lange, bis der EIN-Merker durch AUS oder NOT-HALT zurückgesetzt wird.

NOT-HALT setzt den EIN-Merker und alle Schritte zurück, lediglich der Anfangsschritt (Quellschritt) wird gesetzt.

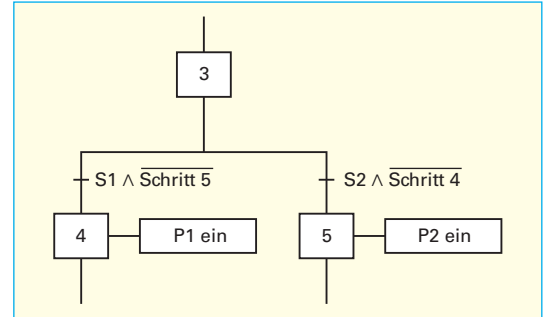


Bild 1: Ablaufkette mit Ablaufauswahl für zwei Zweige

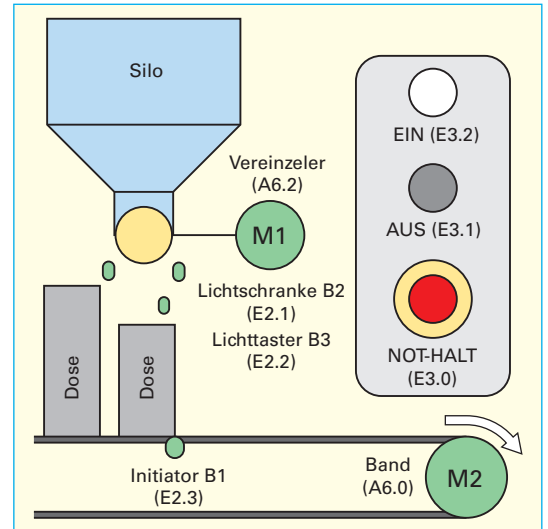


Bild 2: Technologieschema einer Tennisballverpackungsanlage

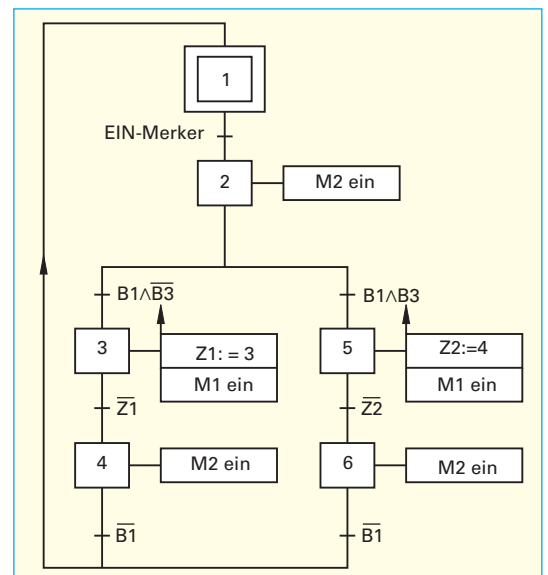


Bild 3: Ablaufkette zu Beispiel 10



Schaltzeichen (1)

DIN EN 60617

Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne

Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
	Steckdose, allgemein (Socket outlet [power], general symbol)		Dose, allgemein (Box, general symbol)		Leuchtenauslass (Lighting outlet)
	Schutzkontaktsteckdose (Socket outlet [power] with protective contact)		Abzweigdose (Subscriber tap-off)		Leuchte, allgemein (Lamp, general symbol)
	Schutzkontaktsteckdose (dreifach); (Triple earth- contact mains socket)		Anschlussdose (Junction box)		Leuchte mit Schalter (Lamp with switch)
	Drehstromsteckdose, fünfpolig (3+N+PE) (Three-phase AC plug socket)		Verteiler (Distribution centre)		Leuchtstofflampe (Fluorescent lamp)
	Steckdose, abschaltbar (Socket outlet [power] with single-pole switch)		Fernmeldesteckdose (Socket outlet [telecom- munications])		Leuchtstofflampen, 2-flammig (Fluorescent lamp with 2 tubes)
	Rasiersteckdose (Shaver outlet)		Antennensteckdose (Socket outlet [frequency modulation], television)		Punktleuchte (Spotlight)

Schaltzeichen für Elektrogeräte

	Elektroherd, allgemein (Electric cooker)		Warmwasserspeicher (Hot water tank)		Tiefkühlgerät (Fridge)
	Mikrowellenherd (Microwave)		Durchlauferhitzer (Instantaneous water heater)		Gefriergerät (Freezer)
	Backofen (Baking oven)		Waschmaschine (Washing machine)		Elektrowärmespeicher (Electric storage heater)
	Infrarot-Grill (Infrared grill)		Wäschetrockner (Tumble-drier)		Klimagerät, allgemein (Air conditioner)
	Infrarot-Strahler (Infrared-heater)		Geschirrspülmaschine (Dishwasher)		Ventilator (Ventilator, fan)

Schaltzeichen für Leitungen und Leitungsverlegung

	Leiter, allgemein (Connection, line, gene- ral symbol)		Leiter mit Aderzahl- angabe, Bsp.: 3 Leiter (Three connections)		Bsp.: 3 Leiter, N und PE (3-phase wiring with neutral- and protective conductor)
	Leiter, beweglich (Flexible connection)		Leiter, vereinfachte Darstellung (Wiring, simplified view)		Leitung nach oben füh- rend (Wiring going upwards)
	Leiter, geschirmt (Screened connection)		Neutralleiter (N) (Neutral conductor)		Leitung nach unten füh- rend (Wiring going downwards)
	Leiter, coaxial (Coaxial pair)		Schutzleiter (PE) (Protective conductor)		Leitung nach oben und unten (Wiring passing through vertically)
	Leitung, geplant (Cable planned)		PEN-Leiter (Combined protective and neutral conductor)		Fernsprechleitung (Telephone line)
	Leitung, auf Putz verlegt (Cable exposed)		Leitung, im Putz verlegt (Flush-installed cable)		Leitung, unter Putz verlegt (Embedded cable)

* englischer Fachbegriff in Klammern