



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

31. 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
Düsselderger 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	Tettngang
Tkocz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Klaus Tkocz

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Autoren und Firmen (Firmenverzeichnis Seite 667)

- 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.

31. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-8085-3479-3

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

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

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

Umschlagidee: Klaus Tkocz

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Kapitelnummer und Symbole

● **Allgemeines**

Vorwort 4
 Inhaltsverzeichnis (ausführlich)..... 5–10
 Lernfeldhinweise und Projektbearbeitung 11–14
 Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch ab Seite 668

● **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 168
 9 Elektronik 193
 10 Elektrische Anlagen 275
 11 Schutzmaßnahmen 342
 12 Gebäudetechnische Anlagen 380
 13 Elektrische Maschinen 459
 14 Informationstechnik 521
 15 Automatisierungstechnik 545
 16 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung 596



















● **Beruf und Betrieb** 617

● **Infoseiten**

- Schaltzeichen 646
- Elektrotechnische u. allg. Symbole, Prüfzeichen 652
- Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung) ... 654
- Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien) .. 655
- Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte) 656
- Leitungen (Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren) 657
- Drehstrommotoren (Betriebsdaten) 658
- Dioden, Transistoren, Thyristor, Triac (Kennlinien) .. 659
- Wichtige Abkürzungen 662
- Fachbegriffe Englisch – Deutsch 664

● **Praxistipps (Auswahl)**


- Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen 179
- Messen mit dem Oszilloskop 184
- Installation, Inbetriebnahme eines Frequenzumrichters 271
- Auslegung, Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage. . 283
- Farbkennzeichnung von Leitern 309
- Verlegen von Leitungen 312
- Beispiel einer Leitungsberechnung 326
- Prüfung elektrischer Anlagen 376
- Multimediaverkabelung, vernetztes Haus 428, 442
- Anschluss eines Elektromotors, Auswahl 491, 492
- Auswahl eines PC-Mainboard 529
- Herstellen einer WLAN-Verbindung 542
- Existenzgründung 642

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. Dieses Fachbuch wendet sich an alle, die in diesem Berufsfeld tätig sind.

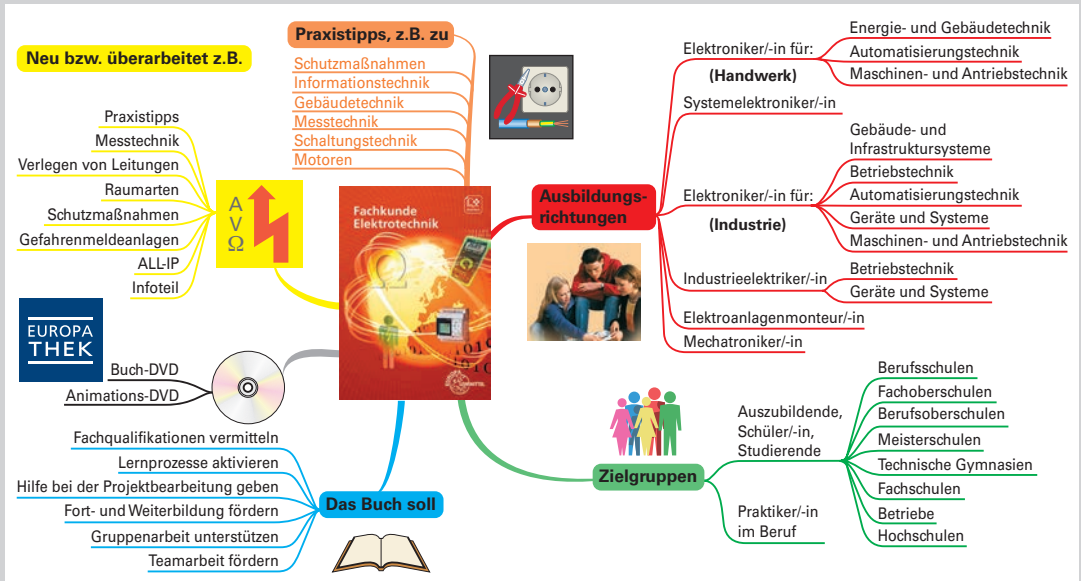
Aufbau der Fachkunde Elektrotechnik

- 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 644.
- Praxistippseiten unterstützen Ihre berufliche Tätigkeit.
- Ein Infoteil am Buchende unterstützt Ihre kompetenzorientierte und praxisnahe Ausbildung.
- Digital+ beinhaltet einen Freischaltcode für das virtuelle Medienregal EUROPATHEK mit Bildern, Tabellen und Infoseiten sowie nützlichen Programmen und Bedienungsanleitungen. Diese Inhalte finden Sie zusätzlich auf der beiliegenden DVD. Sie erkennen dies an den Zeichen .

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.:
 - Wechselstromleistung
 - Praktisches Messen
 - Normen der Elektrotechnik
 - Leitungsverlegung
 - Gefahrenmeldeanlagen
 - ALL-IP
- ▶ Animationen zu ausgewählten Themen, z. B. Spannungsteiler (Seite 55), die käuflich auf einer CD und als App erworben werden können. Die Kennzeichnung erfolgt auf der entsprechenden Seite im Buch mit einem 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
- ▶ Prüfungsvorbereitung Aktuell Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik

Was können wir **für Sie** noch besser machen? Schreiben Sie uns unter: lektorat@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.

1	 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz 15
1.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz 15
1.2	Produktsicherheitsgesetz 15
1.3	Gefahrstoffverordnung 16
1.4	Sicherheitszeichen 17
1.5	Erste Hilfe 18
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung 19
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Arbeitsschutz 20
2	 Grundbegriffe der Elektrotechnik 21
2.1	Umgang mit physikalischen Größen 21
	Masse und Kraft 21
	Mechanische Arbeit 22
	Energie 22
	Mechanische Leistung 22
2.2	Arten von Stromkreisen 23
	Elektrischer Gleichstromkreis 24
	Schaltzeichen 25
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge) 26
	Aufbau der Atome (bohrsches Atommodell) 27
2.4	Elektrische Spannung 28
2.4.1	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
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundbegriffe der Elektrotechnik 48
3	 Grundschaltungen der Elektrotechnik 49
3.1	Reihenschaltung 49
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung 49
3.1.2	Vorwiderstände 51
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen 52
3.2	Parallelschaltung 53
3.3	Gemischte Schaltungen 55
3.3.1	Spannungsteiler 55
3.3.2	Brückenschaltung 57
3.3.2.1	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
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundschaltungen 70

4  **Elektrisches Feld** **71**

4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes 71
4.2	Grundbegriffe 72
4.2.1	Elektrische Feldstärke 72
4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation 72
4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis 73
4.3	Kondensator im Gleichstromkreis 74
4.3.1	Verhalten eines Kondensators 74
4.3.2	Kapazität eines Kondensators 74
4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren 76
4.3.4	Energie des geladenen Kondensators 77
4.4	Schaltungen von Kondensatoren 78
4.4.1	Parallelschaltung 78
4.4.2	Reihenschaltung 78
4.5	Kenngößen und Bauarten von Kondensatoren 79
4.5.1	Kenngößen 79
4.5.2	Bauarten 79
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrisches Feld 81

5  **Magnetisches Feld** **82**

5.1	Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen 82
5.2	Elektromagnetismus 84
5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld 84
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld 85
5.3	Magnetische Größen 86
5.3.1	Magnetischer Fluss Φ 86
5.3.2	Elektrische Durchflutung Θ 86
5.3.3	Magnetische Feldstärke H 87
5.3.4	Magnetische Flussdichte B 87
5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule 88
5.5	Strom und Magnetfeld 91
5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld 91
5.5.2	Stromdurchflossene Spule 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
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Magnetisches Feld 100

6  **Schaltungstechnik** **101**

6.1	Schaltungsunterlagen 101
	Praxistipp: Installation einer Wechselschaltung mit Steckdose 103
6.2	Installationsschaltungen 104
6.2.1	Lampenschaltungen 104
6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten 106
6.2.3	Stromstoßschaltung 107
6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder 107
6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung 108
6.2.6	Hausrufanlagen 108
6.2.7	Hausprechanlagen 109
6.3	Elektromagnetische Schalter 111
6.3.1	Relais 112
6.3.2	Schütze 114
6.3.3	Schützsicherungen 115
6.3.3.1	Anwendungen von Schützsicherungen 116

6.4	Klemmenplan	121
6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	122
	Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise	124
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schaltungstechnik	125

7 **Wechselstromtechnik** **126**

7.1	Kenngößen der Wechselstromtechnik	126
7.1.1	Periode und Scheitelwert	126
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	126
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	127
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	128
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	128
7.2.2	Kreisfrequenz	129
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	129
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	130
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	131
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	132
7.2.7	Phasenverschiebung	133
7.2.8	Wirkwiderstand	133
7.2.9	Scheinwiderstand	133
7.3	Spule im Wechselstromkreis	134
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	134
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	135
7.3.3	Spannungs-dreieck	136
7.3.4	Widerstands-dreieck	137
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule	137
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	138
7.3.7	Strom-dreieck und Leitwert-dreieck	138
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis	139
7.4.1	Wirkleistung	139
7.4.2	Blindleistung	139
7.4.3	Scheinleistung	140
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung	141
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor	142
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	142
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	143
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	143
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	144
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	145
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	146
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand	147
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	147
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	148
7.7	Schwingkreise	149
7.7.1	Resonanz	150
7.7.2	Reihenschwingkreis	150
7.7.3	Parallelschwingkreis	151
7.8	Siebschaltungen	153
7.8.1	RL-Tiefpass	153
7.8.2	RL-Hochpass	153
7.8.3	RC-Tiefpass	154
7.8.4	RC-Hochpass	154
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	155
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	155
7.9.2	Verkettung	155
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y)	157
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ)	159
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen	160
7.9.6	Leistung in Drehstromsystemen	161
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen	162

7.10	Kompensation	163
7.10.1	Kompensationsarten	164
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	165
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise	165
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen	166
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik	167

8 **Messtechnik** **168**

8.1	Elektrische Messgeräte	168
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	168
8.1.2	Anzeigarten von Messgeräten	169
8.1.3	Analoge Messgeräte	169
8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten	170
8.1.3.2	Elektrische Messwerke	171
8.1.4	Digitale Messgeräte	172
8.1.5	Elektrizitätszähler	174
8.1.5.1	Induktionszähler	174
8.1.5.2	Elektronische Elektrizitätszähler	175
8.2	Praktisches Messen	176
8.2.1	Messen von Leistungen	176
8.2.2	Messen von Widerständen	176
8.2.3	Messen mit Strommesszangen	177
8.2.4	Messkategorien	177
	Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	178
	Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	179
8.3	Oszilloskop	180
8.3.1	Analoges Oszilloskop	180
8.3.1.1	Aufbau eines Analog-Oszilloskops	180
8.3.1.2	Zweikanal-Oszilloskop	182
8.3.1.3	Messen mit dem Oszilloskop	182
8.3.2	Digitalspeicher-Oszilloskop (DSO)	183
	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	184
8.4	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	185
8.4.1	Aktive und passive Sensoren	185
8.4.2	Anwendungen von Sensoren	186
8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	186
8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment	188
8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen	189
8.4.3	Näherungsschalter	190
8.4.3.1	Optische Näherungsschalter	190
8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter	190
8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter	191
8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern	191
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Messtechnik	192

9 **Elektronik** **193**

9.1	Halbleiterwerkstoffe	193
9.2	Halbleiterwiderstände	195
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	195
9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	196
9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	197
9.2.4	Feldplatten	199
9.3	Hallgeneratoren	199
9.4	Halbleiterdioden	200
9.4.1	Wirkungsweise	200
9.4.2	Leistungsdioden	200
9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	201
9.4.4	Halbleiterkennzeichnung	202
9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen	203
9.5	Transistoren	204
9.5.1	Bipolare Transistoren	204
9.5.1.1	Transistoren in der Praxis	206
9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	207
9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	208
9.5.1.4	Transistor als Schalter	209

9.5.1.5 Kippschaltungen 211

9.5.1.6 Verstärkerschaltungen 213

9.5.2 Feldeffekttransistoren (FET) 215

9.6 Optoelektronik 218

9.6.1 Optoelektronische Sender 218

9.6.2 Optoelektronische Empfänger (Detektoren) 220

9.6.3 Flüssigkristallanzeigen (LCD¹) 222

9.6.4 Optokoppler 222

9.7 Operationsverstärker 223

9.7.1 Grundlagen 223

9.7.2 Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern 225

9.7.3 Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern 227

9.8 Digitaltechnik 229

9.8.1 Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik 229

9.8.2 Grundverknüpfungen 229

9.8.2.1 UND-Verknüpfung 229

9.8.2.2 ODER-Verknüpfung 230

9.8.2.3 NICHT-Verknüpfung 230

9.8.3 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation 231

9.8.3.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation 231

9.8.3.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation 231

9.8.3.3 Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen 232

9.8.3.4 Anwendung der Grundverknüpfungen 232

9.8.4 Schaltkreisfamilien 233

9.8.4.1 TTL-Schaltkreisfamilie 233

9.8.4.2 CMOS-Schaltkreisfamilie 233

9.8.5 Schaltalgebra 234

9.8.6 Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung 235

9.8.7 Kippglieder 236

9.8.7.1 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder 236

9.8.7.2 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied 237

9.8.7.3 Schaltungen mit Kippgliedern 238

9.8.8 Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer) 239

9.8.9 Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer) 241

9.9 Leistungselektronik 242

9.9.1 Bauelemente der Leistungselektronik 242

9.9.1.1 Thyristor 242

9.9.1.2 GTO-Thyristor 245

9.9.1.3 Triac 245

9.9.1.4 Diac 246

9.9.1.5 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 247

9.9.2 Begriffe der Leistungselektronik 248

9.9.3 Gleichrichterschaltungen 249

9.9.3.1 Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen 249

9.9.3.2 Gesteuerte Gleichrichterschaltungen 254

9.9.4 Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern 257

9.9.5 Wechselstrom-Umrichter 258

9.9.5.1 Wechselwegschaltung W1C 258

9.9.5.2 Vielperiodensteuerung 259

9.9.6 Gleichstrom-Umrichter 260

9.9.6.1 Gleichstromsteller 260

9.9.6.2 Durchflusswandler und Sperrwandler 261

9.9.6.3 Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller 261

9.9.7 Selbstgeführte Wechselrichter 262

9.9.8 Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV) 263

9.9.9 Stromrichter-Antriebe 264

9.9.9.1 Betriebsarten elektrischer Antriebe 264

9.9.9.2 Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter 265

9.9.9.3 Gleichstrommotor am Sechspuls-Brückenschaltung B6C 266

9.9.9.4 Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb (4-Q-Betrieb) 266

9.9.9.5 Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller 267

9.9.9.6 Frequenzumrichter 268

9.9.9.7 Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter 269

9.9.9.8 Auswahl eines Drehstromantriebes mit Frequenzumrichter 270

Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation u. Inbetriebnahme. 271

9.9.10 Netzgeräte 272

9.9.10.1 Geregelte Netzgeräte 272

9.9.10.2 Spannungsregler 273

9.9.10.3 Schaltnetzgeräte 273

Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektronik. 274

10 Elektrische Anlagen 275

10.1 Energieerzeugung und Energieübertragung 275

10.1.1 Kraftwerke 275

10.1.1.1 Wärmekraftwerke 276

10.1.1.2 Umweltschutz in Wärmekraftwerken 277

10.1.1.3 Blockheizkraftwerke (BHKW) 278

10.1.1.4 Wasserkraftwerke 279

10.1.1.5 Erneuerbare Energien 280

Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage 283

10.1.2 Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid) 285

10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden 286

10.1.2.2 Energiespeichersysteme 286

10.1.3 Umspannwerke 287

10.1.3.1 Spannungsebenen 287

10.1.3.2 Umspannanlagen 287

10.1.3.3 Hochspannungsschalter 288

10.1.4 Übertragungs- und Verteilnetze 290

10.1.4.1 Höchstspannungsnetze 290

10.1.4.2 Netzformen 291

10.1.5 Niederspannungsanlagen 292

10.1.5.1 Netzaufbau 292

10.1.5.2 Hausanschluss 293

10.1.5.3 Erdungsanlagen 295

10.1.5.4 Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene 296

10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme 297

Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler 299

Praxistipp: Ausattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden 302

10.1.6 Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System 303

10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen 306

10.2.1 Isolierte Leitungen 306

Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern ... 309

10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen 310

10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen 310

10.2.4 Datenleitungen 311

Praxistipp: Verlegen von Leitungen 312

10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher 314

10.4 Schutzschalter 317

10.4.1 Thermischer Auslöser 317

10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser 317

10.4.3 Leitungsschutzschalter 318

10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter 318

10.4.5 Brandschutzschalter (AFDD) 319

10.4.6 Leistungsschalter 320

10.4.7 Motorschutzeinrichtungen 320

10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen 323

10.5.1 Spannungsfall an Leitungen 324

10.5.2 Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen 325

Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung 326

Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen 327

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

11 **Schutzmaßnahmen** **342**

11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	342
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	342
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	344
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	344
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	345
11.2.1	Schutzklassen	345
11.2.2	IP-Schutzarten	346
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	347
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	348
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	349
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	349
11.3	Netzsysteme	350
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	351
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	352
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	352
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	353
11.5.3	Schutz im TN-System	354
11.5.4	Schutz im TT-System	355
11.5.5	Schutz im IT-System	356
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	357
11.7	Schutztrennung	357
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	358
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	359
11.9.1	Aufbau und Funktion	359
11.9.2	Anwendungen von RCDs	360
11.9.3	Kennwerte von RCDs	361
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	361
11.9.5	RCD als Brandschutz	363
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung	363
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	364
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	365
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600	366
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	368
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	368

12 **Gebäudetechnische Anlagen** **380**

12.1	Beleuchtungsanlagen	380
12.1.1	Farbspektrum und Farbwiedergabe	381
12.1.2	Lichttechnische Größen	382
12.1.3	Kriterien für eine gute Beleuchtung	384
12.1.4	Energieeffizienzanforderungen	385
12.1.5	Lampenübersicht	386
12.1.6	Halogenlampen	387
12.1.7	Leuchtstofflampen	389
12.1.8	Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen	390
12.1.9	Induktionslampen	391
12.1.10	Natriumdampf-Niederdrucklampen	391
12.1.11	LED-Lampen	391
	Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung	392
	Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	393
12.1.12	Lichtberechnungssoftware	394
12.1.13	Lichtstärkeverteilung von Leuchten	394
12.1.14	Lichtmanagementsysteme	395
12.2	Elektrogeräte	396
12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	396
12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	397
12.2.3	Elektrische Raumheizung	399
12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorrathaltung und -zubereitung	403
12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrrreinigung	407
12.2.5.1	Waschmaschine	407
12.2.5.2	Wäschetrockner	408
12.2.5.3	Geschirrspülmaschine	409
12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	410
12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung	412
12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	414
12.3	Antennen- und Verteilanlagen	415
12.3.1	Wirkungsweise der Antennen	415
12.3.2	Empfangsantennen	416
12.3.3	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	418
12.3.4	Aufbau von Antennenanlagen	419
12.3.5	Satelliten-Fernsehempfangsanlagen	420
	Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang	423
12.3.6	DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen	424
12.3.7	Breitband-Kommunikationsanlagen	424
12.3.8	Berechnung einer Empfangsantennenanlage	425
12.3.9	Errichten von Empfangsantennenanlagen	426
	Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich	428
12.4	All-IP-Technik	429
12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	429

12.4.2 Anschlussstechnik 430
 12.4.3 VoIP-Technik 431
 Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers 432
 12.4.4 ISDN am All-IP-Anschluss 433
12.5 Gebäudeautomation **434**
 12.5.1 Gebäudeleittechnik 434
 12.5.2 Gebäudesystemtechnik 435
 Praxistipp: KNX-Projekt programmieren 439
 Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX 441
 Praxistipp: Das vernetzte Haus 442
 12.5.3 Gebäudeautomation mit Visualisierung 444
12.6 Gefahrmeldeanlagen **445**
 12.6.1 Allgemeine Festlegungen 445
 12.6.2 Brandmeldeanlagen 446
 12.6.3 Einbruchmeldeanlagen 448
 12.6.4 Überfallmeldeanlagen 450
 Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage 451
 Praxistipp: Installation von Rauchmeldern 452
12.7 Blitzschutz **453**
 12.7.1 Entstehung der Gewitterzelle 453
 12.7.2 Wirkungen des Blitzstromes 453
 12.7.3 Blitzschutzsysteme 453
 12.7.3.1 Äußerer Blitzschutz 454
 12.7.3.2 Innerer Blitzschutz 455
 12.7.3.3 Trennungsabstand 456
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Gebäudetechnik 458

13  **Elektrische Maschinen** **459**

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

13.2.2.5 Polumschaltbare Motoren 490
 Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors 491
 Formelübersicht zum Drehstrom-Asynchronmotor 492
 Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors 493
 13.2.2.6 Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren 495
 13.2.2.7 Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung) 496
 13.2.2.8 Wechselstrom-Asynchronmotor 497
 13.2.3 Drehstromlinearmotoren 498
 13.2.4 Synchronmotor 499
 13.2.5 Sondermotoren 500
 13.2.5.1 Spaltpolmotor 500
 13.2.5.2 Reluktanzmotor 501
 13.2.5.3 Schrittmotor 501
 13.2.6 Synchrongenerator 504
 13.2.7 Stromwendermotoren 506
 13.2.7.1 Aufbau von Gleichstrommotoren 506
 13.2.7.2 Wirkungsweise 507
 13.2.7.3 Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung 508
 13.2.7.4 Anschlussbezeichnungen 509
 13.2.7.5 Arten von Gleichstrommotoren 510
 13.2.7.6 Anlassen von Gleichstrommotoren 512
 13.2.7.7 Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren 513
 13.2.7.8 Universalmotor 514
 13.2.8 Servomotoren 515
 13.2.8.1 Gleichstromservomotor 516
 13.2.8.2 Drehstromservomotor 516
 13.2.9 Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Maschinen 520


14  **Informationstechnik** **521**


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

14.9	Schädliche Programme (Malware)	543
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik	544
15	 Automatisierungstechnik	545
15.1	Steuerungstechnik	545
15.1.1	Steuern	545
15.1.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	545
15.1.1.2	Steuerungsarten	546
15.2	Kleinststeuergeräte	548
15.3	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	550
15.3.1	Aufbau	550
15.3.2	Programmiersprachen	551
15.3.3	Arbeitsweise einer SPS	551
15.3.4	Bausteinstruktur in STEP 7	553
15.3.5	Programmierung	554
15.3.5.1	Grundverknüpfungen	554
15.3.5.2	Öffner und Schließer	555
15.3.5.3	Speicherfunktionen	557
15.3.5.4	Zeitfunktionen	559
15.3.5.5	Zähler	560
15.3.5.6	Vergleicher	562
15.3.6	Ablaufsteuerungen	563
15.3.6.1	Arten von Ablaufsteuerungen	563
15.3.6.2	Betriebsarten	563
15.3.6.3	Ablaufkette (Struktur)	564
15.3.6.4	Verzweigte Ablaufketten (Ablaufauswahl)	565
15.3.6.5	Programmierung einer Ablaufkette mit SPS	566
15.3.7	Bibliotheksfähige Bausteine	567
	Praxistipp: S7-Projekt erstellen	570
15.3.8	Maschinensicherheit	572
15.3.8.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	572
15.3.8.2	Sicherheitsbezogene Teile	572
15.3.8.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	573
15.3.9	Bussysteme	574
15.3.9.1	Feldbusse	574
15.4	Prozessvisualisierung	578
15.5	Regelungstechnik	580
15.5.1	Aufgaben und Begriffe	580
15.5.2	Regelstrecken	581
15.5.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	581
15.5.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	582
15.5.3	Regler	585
15.5.3.1	Unstetige Regler	585
15.5.3.2	Stetige Regler	587
15.5.4	Regelkreis	591
15.5.4.1	Schwingungsverhalten	591
15.5.4.2	Reglerauswahl	591
15.5.4.3	Reglereinstellung	592
15.5.5	Universalregler	593
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	594
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Automatisierungstechnik	595

16	 Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung	596
16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	596
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	597
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	597
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	598
16.1.2	Isolierstoffe	599
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	599
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	600
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	601
16.2	Fertigungsverfahren	602
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	602
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	602
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	602
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	605
16.2.3	SMD-Technik	607
16.3	Umweltschutz	608

16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	608
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	609
16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	610
16.4	Energieeinsparung	612
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	612
16.4.2	Stand-by-Betrieb	614
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	615
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	616

17	 Beruf und Betrieb	617
17.1	Berufliche Handlungskompetenz	617
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	618
17.1.1	Teamarbeit	620
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	621
17.1.3	Kommunikation	622
17.1.4	Kreativitätstechniken	623
17.1.5	Informationsbeschaffung	624
17.2	Präsentation	625
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	625
17.2.2	Visualisierung	626
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	627
17.3	Projektmanagement	628
17.3.1	Aufgaben von Projekten	628
17.3.2	Projektphasen	629
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	630
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	630
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	631
17.4.3	Kundenservice	633
17.5	Kalkulation und Angebot	634
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	635
17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	636
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	637
17.5.4	Rechnungsstellung	638
17.6	Qualitätsmanagement	639
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	639
17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	639
17.6.3	TQM-Methode	640
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	641
	Praxistipp: Existenzgründung	642
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Beruf und Betrieb	643
	Ergebnisse der Rechenaufgaben	644

 Infoteil	645
Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik	645
Schaltzeichen	646
Wichtige elektrotechnische Symbole	652
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	653
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	654
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	655
Verlegarten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	656
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	657
Betriebsdaten von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren	658
Dioden	659
NPN-Transistor	660
Thyristor, Triac	661
Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN	662
Wichtige Abkürzungen von KNX bis ZVEI	663
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	664
Firmenverzeichnis	667
Sachworte Deutsch – Englisch	668

Vordere Innenumschlagseite:
Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten

Hintere Innenumschlagseite:
Arbeitssicherheit und Unfallverhütung

2.2 Arten von Stromkreisen

In der Elektrotechnik muss die elektrische Energie sicher und wirtschaftlich bis zum Verbraucher geliefert werden. Dazu benötigt man verschiedene Stromkreise. Man unterscheidet in der Praxis:

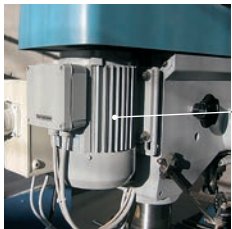
- Gleichstromkreise,
- Einphasen-Wechselstromkreise (vereinfacht Wechselstromkreise genannt),
- Dreiphasen-Wechselstromkreise (auch Drehstromkreise genannt).

Elektrischer Gleichstromkreis (Seite 24)		
Betriebsmittelanschluss	Kennzeichnung	Schaltplan
Positiver Pol	+	
Negativer Pol	-	
Leiterbenennung	Kennzeichnung	
Positiver Leiter	L+	
Negativer Leiter	L-	

Überstrom-Schutzeinrichtungen (Sicherungen)

Gleichrichtung: Seite 249

Dreiphasen-Wechselstromkreis (Seite 155)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter 1	L1	
Außenleiter 2	L2	
Außenleiter 3	L3	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	
Neutralleiter mit Schutzfunktion	PEN	



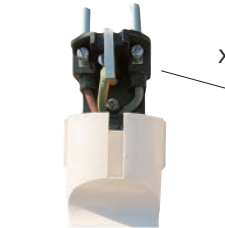
Drehstrommotor

• Motoren: Seite 478
• Schaltzeichen: Seite 646

Einphasen-Wechselstromkreis (Seite 126)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter	L*	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	



Schutzkontaktsteckdose



Schutzkontaktstecker

Anstelle der schwarzen Ader bei 5-adrigen Leitungen kann bei dreiadrigen Leitungen die blaue Ader verwendet werden.

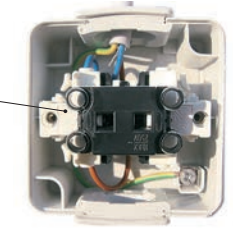
• Installationsschaltungen: Seite 104
• Farbkennzeichnung von Leitern: Seite 306
• Leitungsverlegung: Seite 312



Abzweigdose



Leuchte mit Lampe



Ausschalter

* Die Zahl nach „L“, z.B. L1, L2, L3, wird nur in Stromkreisen mit mehr als einem Außenleiter angegeben.



7.4.4 Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung

Befindet sich im Wechselstromkreis z. B. ein Motor oder eine Spule (Bild 1), die als Reihenschaltung einer Induktivität und eines Wirkwiderstands aufgefassen werden kann, sind drei Leistungen vorhanden.

- **Wirkleistung P:** Tritt im Wirkwiderstand R z. B. als Wärme auf.
- **Blindleistung Q_L :** Wird zum Auf- und Abbau des magnetischen Feldes benötigt.
- **Scheinleistung S:** Ergibt sich aus dem Produkt von Spannung und Strom oder aus der geometrischen Addition von Wirk- und Blindleistung.
Es gilt: $S = U \cdot I$ und $S^2 = P^2 + Q_L^2$

Der Zusammenhang der Leistungen kann in einem rechtwinkligen Dreieck dargestellt werden (Bild 2 und Bild 4). Für eine Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand (Bild 1) ist das Leistungs-dreieck (Bild 2) ähnlich dem Spannungs- und Widerstandsdreieck, da in den Formeln für die Leistungen jeweils derselbe Strom auftritt.

Bei der Reihenschaltung gilt:
 $S = U \cdot I$ und $P = U_w \cdot I$ sowie $Q_L = U_{bl} \cdot I$

Bei einer Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand (Bild 3) ist das Leistungs-dreieck (Bild 4) ähnlich dem Strom- und Leitwertdreieck, da in den Leistungsformeln jeweils dieselbe Spannung auftritt.

Bei der Parallelschaltung gilt:
 $S = U \cdot I$ und $P = U \cdot I_w$ sowie $Q_L = U \cdot I_{bl}$

Der Winkel φ zwischen P und S (Bild 2 und Bild 4) ist gleich dem Phasenverschiebungswinkel φ . Die Seiten des Leistungs-dreiecks lassen sich mithilfe der trigonometrischen Funktionen oder mit dem Satz des Pythagoras berechnen.

Beispiel:

Ermitteln Sie aus dem nebenstehenden Leistungsschild eines Wechselstrommotors

- die zugeführte Wirkleistung P_1^* ,
- die Scheinleistung S ,
- die Blindleistung Q_L ,
- den Wirkungsgrad η .

Hersteller Made in Germany			
		1 ~ Mot.	
IP55	0,25 kW	cos φ 0,65	
230 V	2,2 A	50 Hz	
C_A 27 μ F/450 V	C_B μ F/ V		
2870 min ⁻¹		EN 60034	

Lösung:

- $P_1 = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \text{ V} \cdot 2,2 \text{ A} \cdot 0,65 = \mathbf{329 \text{ W}}$
- $S = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 2,2 \text{ A} = \mathbf{506 \text{ VA}}$
- $Q_L = \sqrt{S^2 - P_1^2} = \sqrt{(506 \text{ VA})^2 - (329 \text{ W})^2} = \mathbf{384 \text{ var}}$
- $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{250 \text{ W}}{329 \text{ W}} = 0,76 \Rightarrow \mathbf{76 \%}$

* Auf dem Leistungsschild eines Motors stehen Bemessungswerte. Die Angabe 0,25 kW ist die abgegebene mechanische Leistung P_2 an der Welle. Die zugeführte elektrische Wirkleistung P_1 kann berechnet werden.

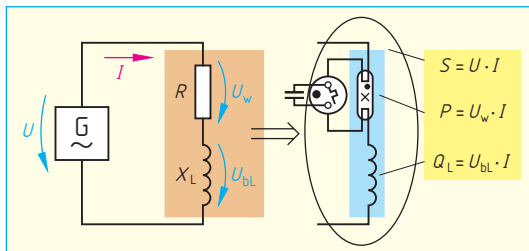


Bild 1: Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand

Spannungen	Widerstände	Leistungen

Bild 2: RL-Reihenschaltung (rechtwinklige Dreiecke)

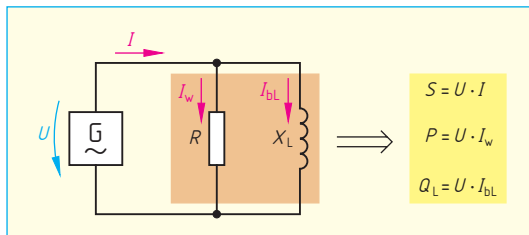


Bild 3: Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand

Ströme	Leitwerte	Leistungen

Bild 4: RL-Parallelschaltung (rechtwinklige Dreiecke)

Leistungen bei induktiver Last

$$S^2 = P^2 + Q_L^2 \Rightarrow S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} \quad S = U \cdot I$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \Rightarrow P = S \cdot \cos \varphi \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{Q_L}{S} \Rightarrow Q_L = S \cdot \sin \varphi \quad Q_L = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_L}{P} \quad Q_L = P \cdot \tan \varphi$$

S	Scheinleistung	[S] = VA = W
P	Wirkleistung	[P] = W
Q_L	induktive Blindleistung	[Q_L] = var = W
φ	Phasenverschiebungswinkel	
cos φ	Wirkfaktor	
sin φ	Blindfaktor	



1. Welche Merkmale hat der sinusförmige Wechselstrom?
2. Mit einem Oszilloskop wird eine sinusförmige Wechselspannung dargestellt (**Bild 1**). Ermitteln Sie **a**) den Spitze-Tal-Wert, **b**) den Scheitelwert, **c**) den Effektivwert **d**) die Periodendauer und **e**) die Frequenz.

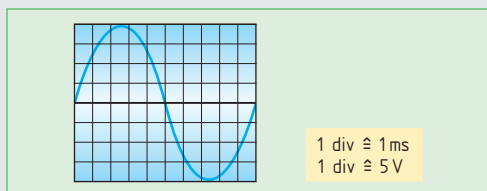


Bild 1: Oszillogramm einer Sinusspannung

3. Mit einem Frequenzgenerator wird die Frequenz einer Sinusspannung von 50 Hz auf 200 Hz erhöht. Welche Auswirkungen hat diese Änderung auf **a**) die Periodendauer, **b**) die Kreisfrequenz und **c**) den Scheitelwert?
4. Berechnen Sie für die Sinusspannung mit dem Effektivwert 230 V, 50 Hz die Augenblickswerte **a**) im Gradmaß bei $\alpha_G = 45^\circ$ und **b**) im Bogenmaß bei $\alpha_B = 0,8$. **c**) Ermitteln Sie für die zwei angegebenen Winkel die beiden Zeitpunkte t_1 und t_2 in ms beginnend ab dem Nulldurchgang. Taschenrechnereinstellung beachten, siehe **Seite 129**.
5. Zwei Sinusspannungen mit den Scheitelwerten $\hat{u}_1 = 20 \text{ V}$ und $\hat{u}_2 = 15 \text{ V}$ sind um den Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 60^\circ$ verschoben (**Bild 2**). Erklären Sie die Begriffe **a**) Phasenverschiebung und **b**) Voreilung bzw. Nacheilung einer Spannung. **c**) Übertragen und vervollständigen Sie auf einem Zeichenpapier das Zeigerbild und das Liniendiagramm bis 360° mit den Maßstäben: $5 \text{ V} \cong 10 \text{ mm}$, $30^\circ \cong 10 \text{ mm}$. Ermitteln Sie zeichnerisch **d**) die Gesamtspannung u im Liniendiagramm durch Addition von u_1 und u_2 in Abständen von 30° und **e**) im Zeigerbild durch geometrische Addition die Spannung \hat{u} . **f**) Berechnen Sie den Effektivwert der Gesamtspannung.

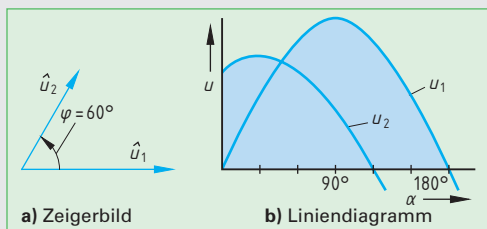


Bild 2: Zeigerbild und Liniendiagramm phasenverschobener Spannungen (unvollständig)

6. Was versteht man unter dem Begriff „ideales Verhalten“ bei induktiven und kapazitiven Bauelementen?
7. Berechnen Sie für die RL-Reihenschaltung (**Bild 3**) **a**) den induktiven Blindwiderstand X_L , **b**) den Scheinwiderstand Z , **c**) den Strom I und **d**) den Wirkfaktor $\cos \varphi$.

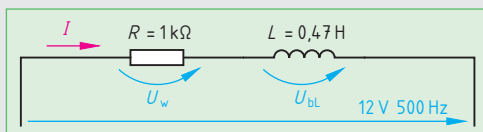


Bild 3: Reihenschaltung aus R und X_L

8. Warum verlangt der Netzbetreiber eine Kompensation der induktiven Blindleistung?
9. Zwei Leuchtstofflampen (**Bild 4**) in Duoschaltung mit dem Gesamtwirkfaktor von $\cos \varphi = 1$ nehmen mit Vorschaltgerät je 69 W auf. In jedem Zweig fließt ein Strom von 0,67 A. Der kapazitive und der induktive Phasenverschiebungswinkel sind vom Betrag gleich groß.

Kompensation von Leuchtstofflampen: Seite 164

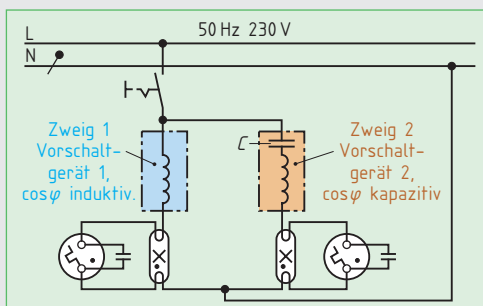


Bild 4: Duoschaltung

- Berechnen Sie im Zweig 1 **a**) die Schein- und Blindleistung, **b**) den Phasenverschiebungswinkel φ_1 und im Zweig 2 **c**) die kapazitive Blindleistung Q_C und **d**) die Kapazität C . **e**) Zeichnen Sie das Leistungsdreieck für Zweig 2.
10. Ein symmetrischer Drehstromverbraucher mit Wirkwiderständen wird von Stern auf Dreieck umgeschaltet. Wie verändern sich **a**) Leiterstrom, **b**) Strangstrom, **c**) Strangspannung und **d**) Wirkleistung?
 11. Die Heizwiderstände $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ und $R_3 = 40 \Omega$ liegen in Sternschaltung an einem Vierleiter-Drehstromnetz 400 V. Ermitteln Sie **a**) die Strangspannungen, **b**) die Strangströme und **c**) zeichnerisch den Strom im Neutralleiter.

* Ergebnisse der Rechenaufgaben Seite 644

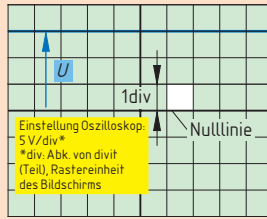
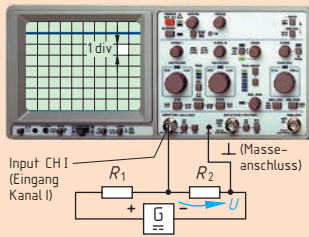


Messschaltungen Oszilloskop (Beispiele)

Schaltungsaufbau

Anzeige und Einstellungen

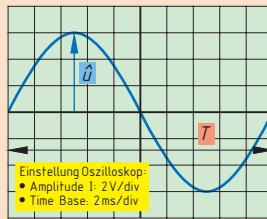
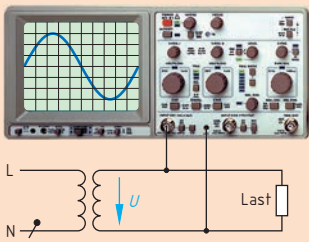
Hinweise und Auswertung

Messen einer Gleichspannung U 

Gleichspannungen werden in der Einstellung DC gemessen.

Beispiel:Gleichspannung U :

$$U = 5 \frac{\text{V}}{\text{div}} \cdot 3 \text{ div} = 15 \text{ V}$$

Messen von Wechselspannung \hat{u} und Periodendauer T , bestimmen der Spannung U und Frequenz f 

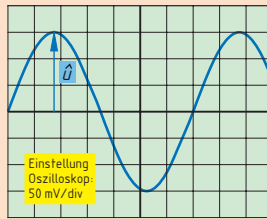
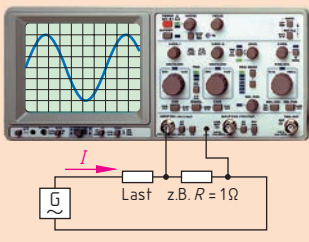
Wechselspannungen werden in der Einstellung AC gemessen.

Beispiel:

$$\hat{u} = 2 \frac{\text{V}}{\text{div}} \cdot 3 \text{ div} = 6 \text{ V}; \quad U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \frac{6 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 4,2 \text{ V}$$

$$T = 2 \frac{\text{ms}}{\text{div}} \cdot 10 \text{ div} = 20 \text{ ms}; \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \text{ ms}} = 50 \text{ Hz}$$

Bestimmen von Strömen

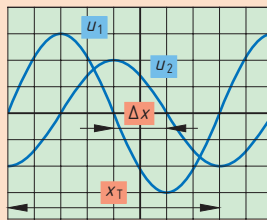
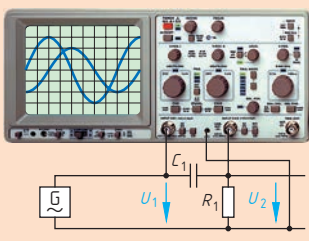


Man misst die Spannung \hat{u} an einem bekannten Widerstand, z.B. 1Ω , und berechnet den Strom I mithilfe des ohmschen Gesetzes.

Beispiel:

$$\hat{u} = 50 \frac{\text{mV}}{\text{div}} \cdot 3 \text{ div} = 150 \text{ mV} = 0,15 \text{ V}$$

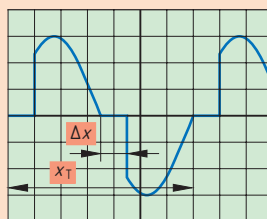
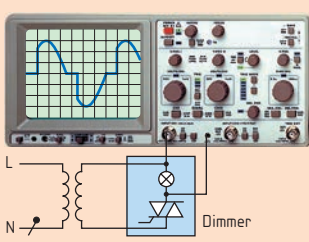
$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \frac{0,15 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 0,1 \text{ V}; \quad I = \frac{U}{R} = \frac{0,1 \text{ V}}{1 \Omega} = 0,1 \text{ A}$$

Bestimmen der Phasenverschiebung φ 

Auf dem Bildschirm misst man den Abstand $\Delta x \cong \varphi$ multipliziert mit 360° und teilt ihn durch die Länge x_T .

Beispiel:

$$\varphi = \frac{\Delta x \cdot 360^\circ}{x_T} = \frac{2 \text{ div} \cdot 360^\circ}{8 \text{ div}} = 90^\circ$$

Bestimmen des Zündwinkels α an einer Phasenanschnittsteuerung

Bei Messungen im Energiebereich ist das Messobjekt, z.B. ein Dimmer, über einen Trenntransformator anzuschließen.

Die Bestimmung des Zündwinkels α erfolgt wie beim Messen der Phasenverschiebung.

Beispiel:

$$\alpha = \frac{\Delta x \cdot 360^\circ}{x_T} = \frac{1 \text{ div} \cdot 360^\circ}{7 \text{ div}} = 51^\circ$$

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**).

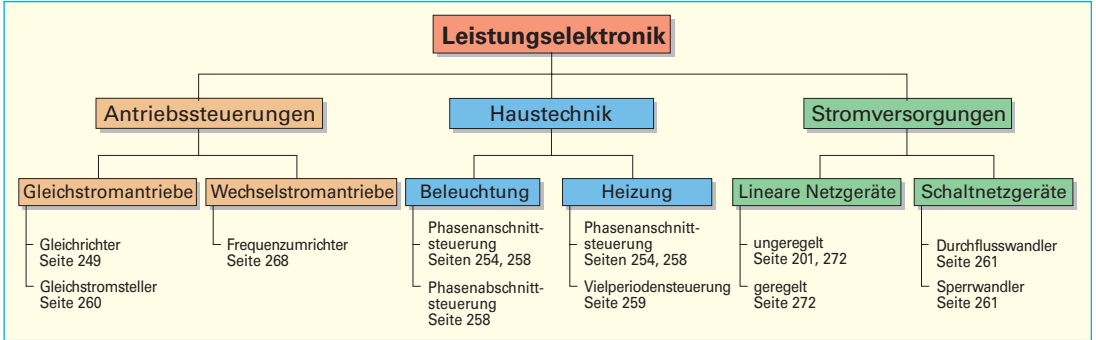


Bild 1: Einsatzgebiete der Leistungselektronik

- **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 260).

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

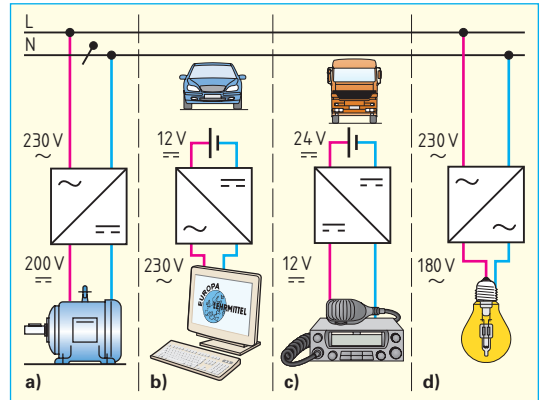


Bild 2: Leistungselektronische Anwendungen

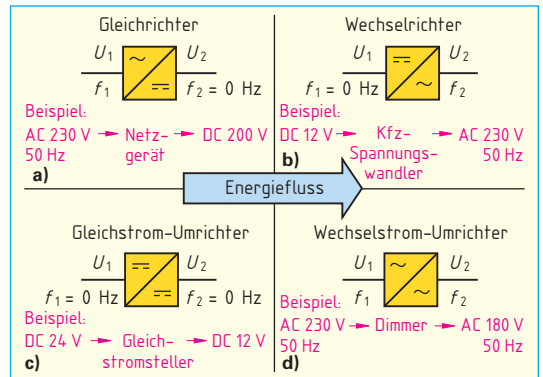


Bild 3: Schaltzeichen für Stromrichter



In Anlagen für **Direktbetrieb (Bild 1a)** muss die Bemessungsspannung des Fotovoltaikgenerators (PV-Generators) der Bemessungsspannung des Verbrauchers entsprechen. Diese Anlagen eignen sich nur bei großzügig ausgelegten Solarmodulen.

Anlagen mit Zwischenspeicherung in Akkumulatoren eignen sich z.B. zur Versorgung von Gebäuden ohne Netzanschluss. Sie erfordern einen Laderegler (Bild 1b), der die Ladung des Akkus beendet und bei entladem Akku den Verbraucher vom Netz trennt.

Fotovoltaikanlagen mit zentralem Wechselrichter (Bild 2) erzeugen Strom zum Eigenverbrauch und zur Netzeinspeisung. Sie bestehen aus:

- Fotovoltaikgenerator (PV-Generator),
- Generatoranschlusskasten,
- Gleichstromhauptleitung,
- Freischaltvorrichtung und
- Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz).

i Generatoranschlusskasten und Gleichstromhauptleitung entfallen, wenn anstelle des zentralen Wechselrichters die Stränge einzeln mit Strangwechselrichtern versehen werden.

Fotovoltaikgeneratoren fassen Solarmodule zu Strängen zusammen, die im Generatoranschlusskasten angeschlossen werden. Strangdioden verhindern unerwünschte Rückströme. **Bypass-Dioden** verhindern, z.B. bei Teilbeschattung, Leistungseinbußen und Schäden.

Gleichstromhauptleitung. Ihr Leiterquerschnitt wird durch den Bemessungsstrom des Fotovoltaikgenerators und durch den zulässigen Spannungsfall von höchstens 1 % der Generatorspannung bestimmt. Der Kurzschlussstrom I_K des Fotovoltaikgenerators ist nur geringfügig größer als sein Bemessungsstrom (Bild 3, Seite 280). Deshalb kann auf einen Schutz bei Überlast für die Gleichstromhauptleitung verzichtet werden, wenn die Dauerbelastbarkeit der Leitung für den 1,25-fachen Wert des Kurzschlussstromes ausgelegt ist.

Freischaltvorrichtung. Ein DC-Lasttrennschalter (Bild 2) trennt die Gleichstromseite, z.B. bei Instandsetzungsarbeiten, vom Wechselrichter.

Auf der DC-Seite muss an allen Zugangspunkten zu aktiven Teilen, z.B. am Generatoranschlusskasten, eine dauerhafte Kennzeichnung angebracht sein, die anzeigt, dass diese nach einer Trennung unter Spannung stehen können.

Der **Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)** trennt bei unzulässigen Spannungs- und Frequenzwerten die Fotovoltaikanlage vom Netz. Bei einer Scheinleistung größer als 30 kVA muss der NA-Schutz zentral als eigenständiges Betriebsmittel ausgeführt werden (Bild 3). Ein Kuppelschalter bewirkt die sichere Trennung vom Netz.

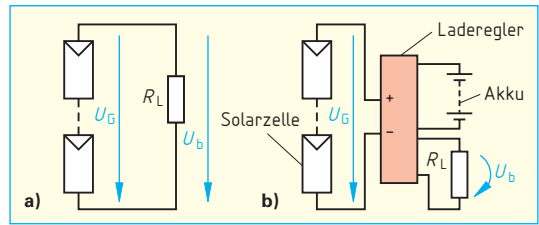


Bild 1: Fotovoltaikanlagen für Inselbetrieb
a) für Direktbetrieb, b) mit Zwischenspeicherung

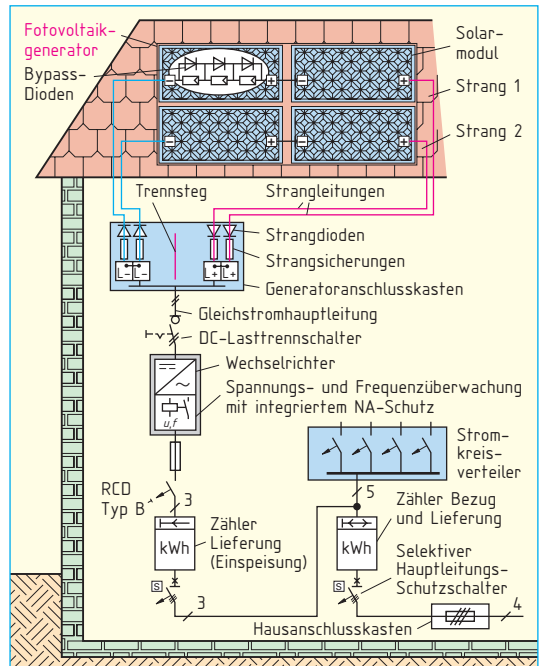


Bild 2: Aufbau der Fotovoltaikanlage

Jeder Strang muss einzeln an beiden Polen durch eine Schutzvorrichtung gegen Überstrom geschützt werden (Strangsicherungen, Bild 2).

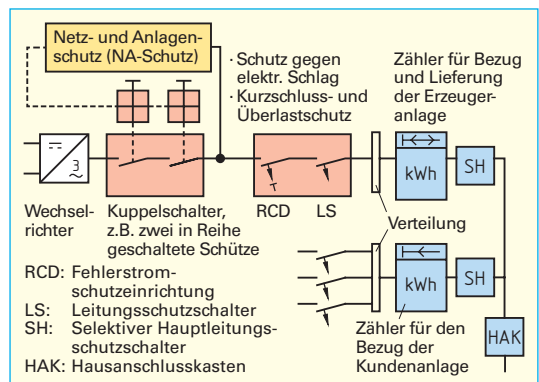


Bild 3: Zentraler NA-Schutz einer Fotovoltaikanlage mit 3~ AC-Netzanschluss (Volleinspeisung)



11.2.5 Fehlerarten in elektrischen Anlagen

In elektrischen Anlagen können trotz sorgfältiger Installation und Einsatz sicherer Betriebsmittel Isolationsschäden in Form von **Körperschluss**, **Kurzschluss**, **Leiterschluss** oder **Erdschluss** entstehen (Bild 1).

Körperschluss ist eine leitende Verbindung zwischen dem Körper und aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel.

Kurzschluss ist eine leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig gegeneinander unter Spannung stehenden leitfähigen Teilen. Im Fehlerstromkreis befindet sich kein Nutzwiderstand.

Leiterschluss ist eine leitende Verbindung zwischen Leitern, wenn im Fehlerstromkreis ein Nutzwiderstand oder ein Teil des Nutzwiderstandes liegt.

Erdschluss entsteht bei der Verbindung eines aktiven Leiters oder eines betriebsmäßig isolierten Neutralleiters mit der Erde oder mit geerdeten Teilen.

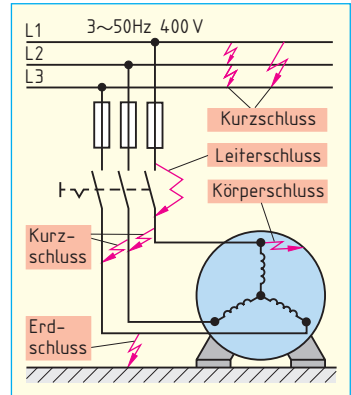


Bild 1: Fehlerarten

Bei einem **vollkommenen Körper-, Kurz- oder Erdschluss** ist der Widerstand im Fehlerstromkreis $\approx 0 \Omega$. Hat eine leitende Verbindung an der Fehlerstelle einen Widerstand, z.B. durch einen Lichtbogen, so entsteht ein unvollkommener Schluss. **Unvollkommene Schlüsse** sind meist gefährlicher, weil sie oft nicht sofort erkannt werden. Die durch Stromfluss entstehende unzulässige Erwärmung kann zu Bränden führen.

11.2.6 Spannungen im Fehlerfall

Durch eine schadhafte Isolierung kann der Körper eines Betriebsmittels Spannung gegen Erde annehmen, z.B. gegen geerdete Teile (Wasserleitung). Diese Spannung nennt man **Fehlervspannung** U_F (Bild 2).

Die **Berührungsspannung** U_B ist die Spannung, die ein Mensch durch Berührungen, z.B. von Hand zu Hand (Bild 2), überbrückt. Sie kann zwischen gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen auftreten.

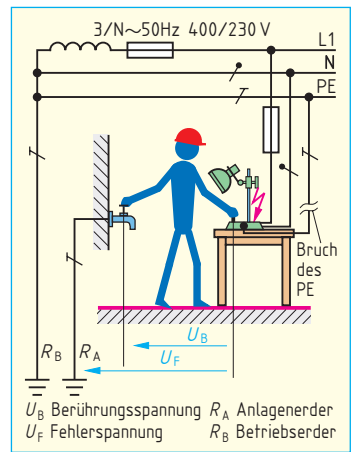


Bild 2: Fehler-, Berührungsspannung

Statt U_B für Berührungsspannung wird auch U_T (T von to touch (engl.) = berühren) verwendet.

Tabelle: Grenzwerte U_L für Berührungsspannungen

• für Menschen	AC 50 V DC 120 V
• Kinderspielzeuge	AC 25 V
• Kesselleuchten	DC 60 V
• Badewannen, Duschen	AC 12 V
• für medizinische Geräte, die in den Körper des Menschen eingeführt werden	AC 6 V

Die Grenze für die dauernd **zulässige Berührungsspannung** U_L^1 ist international vereinbart (Tabelle). Bis zu dieser Grenze ist sie für Menschen und Tiere meist nicht lebensbedrohlich.

Eine unterbrochene Freileitung kann einen Erdschluss verursachen (Bild 3). Um die Fehlerstelle bilden sich kreisförmige Potenziallinien. Das Potenzial nimmt mit zunehmender Entfernung ab.

Die **Schrittspannung** U_S ist die Spannung, die von einer Person mit der Schrittweite 1 m überbrückt werden kann (Bild 3). Sie ist in der Nähe der Fehlerstelle am größten.

Wiederholungsfragen

- 1 Was bedeutet die Schutzart IP 54 für elektrische Betriebsmittel?
- 2 Nennen Sie die Sicherheitsregeln 1 bis 5 in der richtigen Reihenfolge.
- 3 Beschreiben Sie a) Kurzschluss, b) Körperschluss und c) Leiterschluss.
- 4 Erklären Sie die Begriffe Fehlervspannung und Berührungsspannung.
- 5 Welche Werte gelten nach DIN VDE als vereinbarter Grenzwert der dauernd zulässigen Berührungsspannung U_L ?

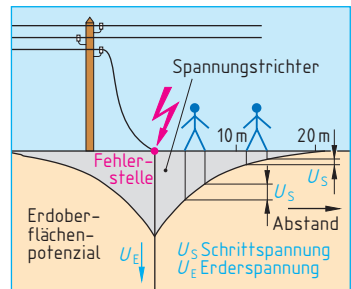


Bild 3: Potenzialverlauf nach Bruch einer Freileitung

¹ U_L , der Index L von limit (engl.) = Grenze, Grenzwert



12.4.3 VoIP-Technik

VoIP bietet Echtzeitübertragung von Sprache über Netzwerke, die das Internet-Protokoll (IP) (**Seite 540**) benutzen.

Für VoIP benötigt man einen Zugang zum Internet über einen Provider, z.B. T-Online, einen DSL-Router, ein VoIP-Endgerät und eine VoIP-Rufnummer.

VoIP mit DSL-Router. Voraussetzung für VoIP sind VoIP-Endgeräte, z.B. ein VoIP-Telefon oder ein PC mit VoIP-Software, Soundkarte, Lautsprecher, Mikrofon oder Headset und eine Verbindung zum Internet (**Bild 1**).

PC mit Headset und VoIP-Software. Dazu wird auf dem PC ein Wählprogramm (Dialer) (**Bild 2**) und eine Gateway-Software installiert, die eine Verbindung zum SIP-Server des SIP-Providers herstellt. Dieser SIP-Provider, z.B. die Telekom, ist ein Vermittler, der ein Verzeichnis von VoIP-Adressen führt, um einen Teilnehmer im Internet zu finden. Eine SIP-Rufnummer gleicht einer Mischung aus Internetadresse und Telefonnummer, z.B. sip:078197060589@telt-online.de. Der SIP-Server stellt nun die Verbindung zur gewünschten SIP-Rufnummer her. Anschließend werden die Gesprächsdatenpakete zwischen den Teilnehmern ausgetauscht, d.h. zwischen den Gesprächspartnern kann wie gewohnt telefoniert werden.

Der SIP-Provider lässt sich den Service des Verbindungsaufbaus bezahlen, das Telefongespräch ist kostenlos.

Sprachanschluss im IP-Netz. Für alle Nutzer, die ausschließlich ihren analogen Sprachanschluss (POTS) weiter benutzen wollen, werden in der Vermittlungsstelle die Signale in analoge Signale umgewandelt. In der Vermittlungsstelle werden die IP-Anschlüsse im MSAN mittels POTS-Karten in analoge Anschlüsse umgewandelt (**Bild 3**). Über solche Anschlüsse können auch bei Stromausfall Notrufanlagen, z.B. Aufzugs- oder Hausnotruf, weiterbetrieben werden. Damit kann auf USV-Anlagen (**Seite 263**), wie bei neuen IP-Telefonanlagen, verzichtet werden.

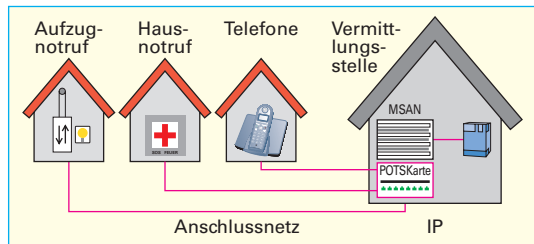


Bild 3: MSAN-POTS-Anschlüsse

i Wichtige VoIP-Begriffe

- **gateway** (engl.) = Verbindungsglied zwischen Netzwerken
- **headset** (engl.) = Kopfhörersatz
- **MSAN**, Abk. für: **M**ulti **S**ervice **A**ccess **N**ode (engl.) = Mehrfachdienst-Zugangsknoten
- **POTS**, Abk. für: **P**lain **O**ld **T**elephone **S**ystem (engl.) = herkömmlicher analoger Telefondienst
- **Provider** (engl.) = Versorger, Anbieter, bietet Kommunikationsdienste an, z.B. mobilcom debitel
- **SIP**, Abk. für: **S**ession **I**nitiation **P**rotocol (engl.) = Protokoll zum Aufbau einer Kommunikationssitzung
- **Telekommunikationsnetzbetreiber** bietet Kommunikationsdienste an und verfügt meist zusätzlich über ein eigenes Telekommunikationsnetz, z.B. Telekom

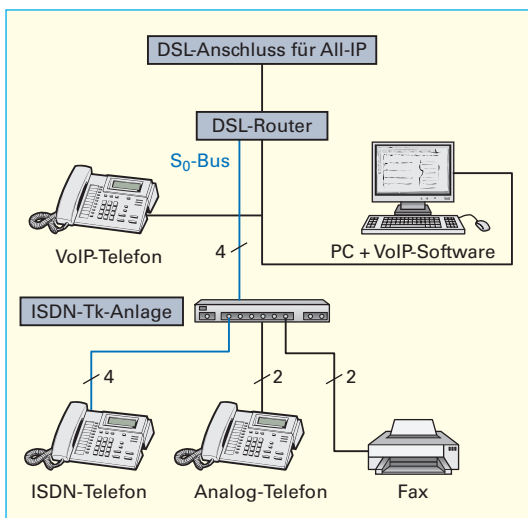


Bild 1: Aufbau eines VoIP-Netzwerkes mit Endgeräten

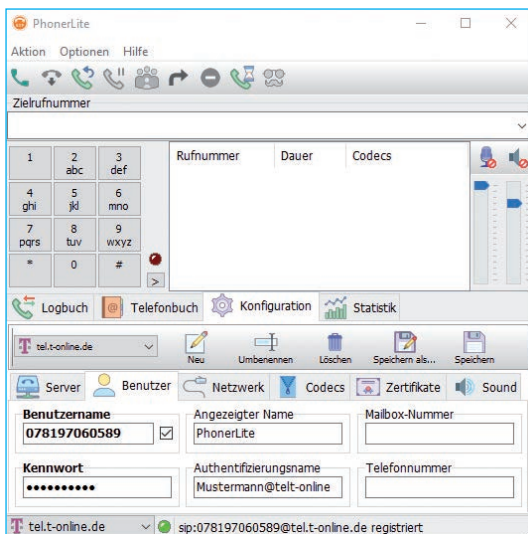
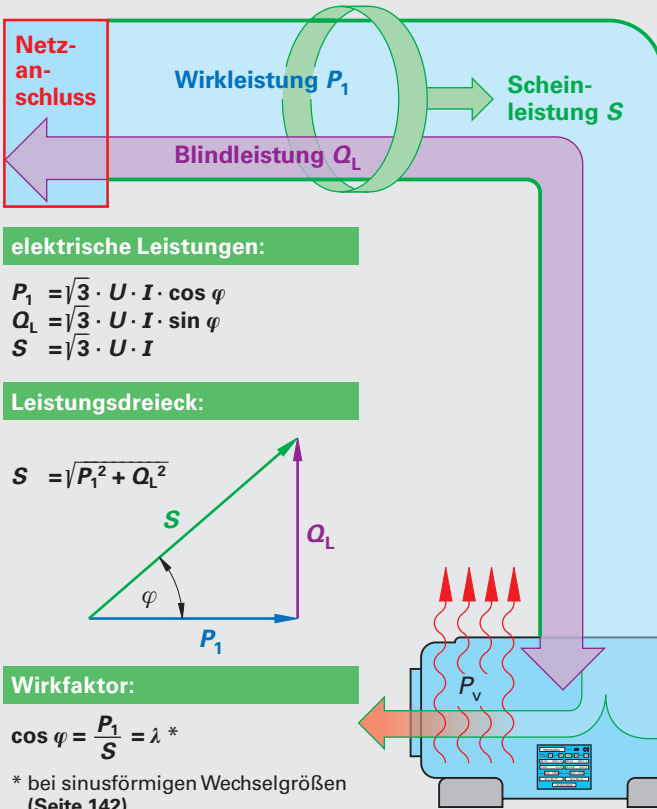


Bild 2: Wählprogramm am Beispiel des VoIP-Programmes PhonerLite

**elektrische Leistungen:**

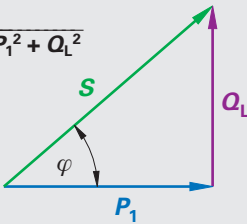
$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q_L = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Leistungsdreieck:

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q_L^2}$$

**Wirkfaktor:**

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S} = \lambda^*$$

* bei sinusförmigen Wechselgrößen (Seite 142)

nicht nutzbare**Verlustleistung P_V**

- Stromwärmeverluste in den Wicklungen
- Ummagnetisierungs- und Wirbelstromverluste im Ständer- und Läuferblechpaket
- Reibung in den Lagern und am Ventilator

$$P_V = P_1 - P_2$$

Hersteller		3-Mot	IE2	CE
Made in Germany	30 kg IM B3	112M	IP 56	Th.CL 155
50 Hz	400 V Δ	60 Hz	460 V Δ	
4 kW	8,5 A	4,6 kW	8,51 A	
cos φ	0,8	1445 1/min	cos φ	0,81
	IE 2-85,1%			1735 1/min
				IE 2-86,1%
IEC/EN 60034				

abgegebene mechanische Leistung:

$$P_2 = \omega \cdot M = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M$$

P_2 Leistung in W
mit $[n] = 1/s$ und $[M] = Nm$

$$P_{2kW} = \frac{M \cdot n}{9549}$$

P_{2kW} Leistung in kW
mit $[n] = 1/min$ und $[M] = Nm$

Beispiele: Für eine Werkzeugmaschine wurde ein Ersatzmotor mit dem Leistungsschild ausgewählt.

Beispiel 1: Berechnen Sie für den **Bemessungsbetrieb** des Motors die elektrischen Leistungen, die Verlustleistung, den Schlupf und das Bemessungsdrehmoment.

Alle Bemessungsgrößen erhalten den Index „N“

$$S_N = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 8,5 \text{ A} = \mathbf{5,89 \text{ kVA}}$$

$$P_{1N} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N \cdot \cos \varphi_N = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 8,5 \text{ A} \cdot 0,8 = \mathbf{4,71 \text{ kW}}$$

$$Q_{LN} = \sqrt{S_N^2 - P_{1N}^2} = \sqrt{(5,89 \text{ kVA})^2 - (4,71 \text{ kW})^2} = \mathbf{3,53 \text{ kvar}}$$

$$P_{VN} = P_{1N} - P_{2N} = 4,71 \text{ kW} - 4 \text{ kW} = \mathbf{0,71 \text{ kW}}$$

$$M_N = \frac{P_{2N}}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{4 \text{ kW}}{2 \cdot \pi \cdot 1445 \cdot 1/60 \text{ s}} = \mathbf{26,4 \text{ Nm}}$$

$$s_N = \frac{n_s - n_N}{n_s} \cdot 100\% = \frac{(1500 - 1445) \cdot 1/min}{1500 \cdot 1/min} \cdot 100\% = \mathbf{3,67\%}$$

Beispiel 2: Nach Motoreinbau ergaben sich folgende Messwerte $P_1 = 4,06 \text{ kW}$ bei 1447 1/min , $I = 7,42 \text{ A}$, $U = 400 \text{ V}$ und $M_2 = 23 \text{ Nm}$. Berechnen Sie folgende, weitere Betriebswerte: Abgegebene Leistung, Wirkungsgrad, Verlustleistung, Schein- und Blindleistung sowie den Wirkfaktor.

$$P_2 = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M = 2 \cdot \pi \cdot 1447 \cdot 1/60 \text{ s} \cdot 23 \text{ Nm} = \mathbf{3,49 \text{ kW}}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3,49 \text{ kW}}{4,06 \text{ kW}} = \mathbf{0,86 \approx 86\%}$$

$$P_V = P_1 - P_2 = 4,06 \text{ kW} - 3,49 \text{ kW} = \mathbf{0,57 \text{ kW}}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 7,42 \text{ A} = \mathbf{5,14 \text{ kVA}}$$

$$Q_L = \sqrt{S^2 - P_1^2} = \sqrt{(5,14 \text{ kVA})^2 - (4,06 \text{ kW})^2} = \mathbf{3,15 \text{ kvar}}$$

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S} = \frac{4,06 \text{ kW}}{5,14 \text{ kVA}} = \mathbf{0,79}$$

Wirkungsgrad η :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad \eta = \frac{P_2}{P_2 + P_V}$$

Drehfeldfrequenz n_s :

$$n_s = \frac{f}{p}$$

Schlupf s :

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\%$$

$$s = (1 - \frac{n}{n_s}) \cdot 100\%$$

Läuferfrequenz:

$$n = n_s - \frac{s \cdot n_s}{100\%}$$

$$n = n_s (1 - \frac{s}{100\%})$$

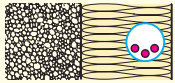
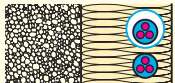
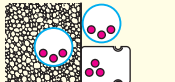
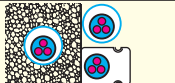
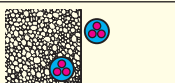

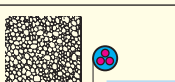
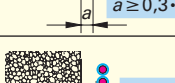
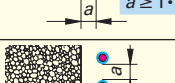


Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter

DIN VDE 0298, Teil 4
DIN VDE 0100, Teil 520

Tabelle 1: Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen

DIN VDE 0298, Teil 4

Verlegeart	Verlegebedingungen (wichtige Beispiele)
A1	 <p>Verlegung in wärmedämmten Wänden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr, • Aderleitungen in Formleisten oder in Formteilen.
A2	 <ul style="list-style-type: none"> • Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr, • mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen in einer wärmedämmten Wand.
B1	 <p>Verlegung in Elektroinstallationsrohren und -kanälen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr auf oder in der Wand, • Aderleitungen, einadrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal.
B2	 <ul style="list-style-type: none"> • Mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr auf und in der Wand, • mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal, • mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Sockelleisten- oder im Unterflurkanal.
C	 <p>Verlegung direkt auf oder in den Untergrund (Wand)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein- oder mehradrige Kabel oder Mantelleitungen auf oder in der Wand oder unter der Decke, • Stegleitungen im oder unter Putz.
D	 <p>Verlegung im Erdboden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung im Elektroinstallationsrohr oder im Kabelschacht in der Erde.
E	 <p>Verlegung frei in der Luft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen frei in der Luft verlegt mit einem Mindestabstand $a \geq 0,3 \cdot d$ zur Wand ($d =$ Leitungsdurchmesser), • Kabel oder Leitungen auf gelochten Kabelrinnen oder auf Kabelkonsolen.
F	 <ul style="list-style-type: none"> • Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit gegenseitiger Berührung verlegt und mit einem Mindestabstand $a \geq 1 \cdot d$ zur Wand.
G	 <ul style="list-style-type: none"> • Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit einem gegenseitigen Abstand $a \geq 1 \cdot d$ verlegt und einem Mindestabstand $a \geq 1 \cdot d$ zur Wand, • blanke Leiter oder Aderleitungen auf Isolatoren.

Wird eine einzelne Leitung z. B. auf einer Länge von < 50 mm vollständig gedämmt, ist ein Reduktionsfaktor von 0,89 bezogen auf die Strombelastbarkeit der Verlegeart C anzuwenden. Weitere Reduktionsfaktoren sind in der DIN VDE 0100-520 Beiblatt 1 zu finden.

Tabelle 2: Mindestquerschnitte von elektrischen Leitern

DIN VDE 0100, Teil 520

Kabel und Leitungen		Stromkreisart	Leiter	
			Werkstoff	Mindestquerschnitt in mm ²
Bei fester Verlegung	Kabel, Mantelleitungen und Aderleitungen	Leistungs- und Beleuchtungsstromkreise	Cu	1,5
			Al	16 ¹
	blanke Leiter	Melde- und Steuerstromkreise	Cu	0,5
			Al	10
Bewegliche Leitungen			Cu	0,75
Schutzpotenzialausgleichsleitungen, Erdungsleitungen				
Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene			Cu	6
zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich in Baderäumen: – geschützt verlegt			Cu	2,5
– ungeschützt verlegt			Cu	4
PEN-Leiter			Cu	10

¹ In Deutschland werden Kabel mit Aluminiumleiter ab einem Leiterquerschnitt von $A = 25 \text{ mm}^2$ hergestellt