



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

33. 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
Duhr, Christian	Schwabach
Eichler, Walter	Kaiserslautern
Feustel, Bernd	Kirchheim-Teck
Käppel, Thomas	Münchberg
Klee, Werner	Mehlingen
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 (Bildquellen- und Firmenverzeichnis Seite 683)

- 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.

33. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-3823-4

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

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Ertstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Weltkugel: © erdquadrat – Fotolia.com; Icons: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald und Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Ertstadt

Umschlagidee: Klaus Tkocz

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

Kapitelnummer und Symbole

● Allgemeines

Vorwort	4
Inhaltsverzeichnis (ausführlich)	5–10
Lernfeldhinweise und Projektbearbeitung	11–14
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	ab Seite 684

● 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	100
7 Wechselstromtechnik	127
8 Messtechnik	169
9 Elektronik	195
10 Elektrische Anlagen	277
11 Schutzmaßnahmen	348
12 Gebäudetechnische Anlagen	387
13 Elektrische Maschinen	469
14 Informationstechnik	531
15 Automatisierungstechnik	581
16 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung	612

● Beruf und Betrieb

633

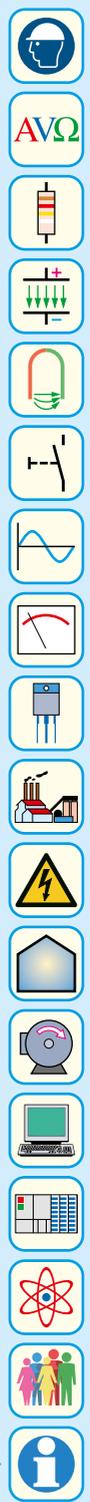
● Infoseiten (Auswahl)

- DIN-Normen in der Elektrotechnik
- Schaltzeichen
- Elektrotechnische u. allg. Symbole, Prüfzeichen
- Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung)
- Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien) ..
- Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte)
- Leitungen (Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren)
- Drehstrommotoren (Betriebsdaten)
- Dioden, Transistoren, Thyristor, Triac (Kennlinien) ..
- Wichtige Abkürzungen
- Fachbegriffe Englisch – Deutsch

● Praxistipps (Auswahl)

- Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter
- Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen
- Messen mit dem Oszilloskop
- Auslegung, Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage ..
- Farbkennzeichnung von Leitern
- Verlegen von Leitungen
- Beispiel einer Leitungsberechnung
- Prüfung elektrischer Anlagen
- Multimediaverkabelung, vernetztes Haus
- Anschluss eines Elektromotors, Auswahl
- Auswahl eines PC-Mainboard
- Installation eines lokalen Computernetzwerkes
- Existenzgründung

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17



Liebe Leserin, lieber Leser,

es freut uns, dass Sie sich für unsere **Fachkunde Elektrotechnik, 33. Auflage**, entschieden haben. Auch in dieser Auflage sind die neuesten DIN-VDE-Vorschriften eingearbeitet und neue Praxistipps sowie Inhalte eingefügt, z. B. Prüfen von Elektrogeräten, Installation eines Computernetzwerkes, Netzsysteme in der Energietechnik, LED-Leuchtmittel, Smart Home und Fotovoltaik.

Zum Buch

- Das Buch ist fachsystematisch aufgebaut und fördert Ihr eigenständiges Lernen.
- Sie finden Erklärungen und einheitliche Darstellungen zu wichtigen Gesetzen und Formeln der Elektrotechnik.
- Wiederholungsseiten mit Rechenaufgaben vertiefen und festigen Ihr erworbenes Wissen. Die Ergebnisse der Rechenaufgaben sind auf Seite 660.
- Praxistippseiten unterstützen Ihre berufliche Tätigkeit.
- Ein Infoteil am Buchende unterstützt Ihre kompetenzorientierte und praxisnahe Ausbildung.
- Im virtuellen Medienregal EUROPATHEK finden Sie z. B. alle Abbildungen, Tabellen und Infoseiten aus dem Buch zur eigenen Verwendung sowie weitere Informationen.

Ergänzungen zur Fachkunde Elektrotechnik

Für die Seiten „Wiederholen-Anwenden-Vertiefen“ gibt es ein Lösungsbuch. Vertiefen Sie Ihr Fachwissen durch ergänzende Fachliteratur.

Die Fachkunde Elektrotechnik auf einen Blick



i Buch-Icons

Kennzeichnung für zusätzliche Informationen im Medienregal EUROPATHEK zum Abruf über www.europathek.de mithilfe eines Freischaltcodes (Vorsatzseite im Buch). Dort können z. B. die Bilder des Buches, Tabellen und Infoseiten für eigene Arbeitsmaterialien verwendet werden.

Hinweis auf weitere Buchseiten.

Hinweis auf Internetseiten.

Hinweis auf weitere Informationen per QR-Code abrufbar.

SimElektro-Icon, Simulationen zu ausgewählten Themen, die erworben werden können. www.europa-lehrmittel.de/simelektro

i Ergänzende Fachliteratur

- ▶ Arbeitsblätter zur Fachkunde Elektrotechnik
- ▶ Fachkunde Elektrotechnik Aufgaben und Lösungen
- ▶ Arbeitsbuch Elektrotechnik Lernfelder 1–4 und 5–13
- ▶ Rechenbuch Elektrotechnik
- ▶ Formeln für Elektrotechniker Plus+ (neu)
- ▶ Praxis Elektrotechnik
- ▶ Tabellenbuch Elektrotechnik
- ▶ Technische Kommunikation Elektrotechnik

Sie haben Fragen, Anregungen oder Bewertungen? Schreiben Sie uns unter: lektorat@europa-lehrmittel.de. Wir antworten Ihnen gerne, denn Ihr Anliegen ist uns ein Ansporn für die Weiterentwicklung des Fachbuches. Das Autorenteam und der Verlag Europa-Lehrmittel wünschen Ihnen mit diesem Fachbuch interessante Anregungen und eine wertvolle Hilfe für Ihre Ausbildung und berufliche Tätigkeit. Frühjahr 2022

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
2.2	Arten von Stromkreisen 23
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge) 26
2.4	Elektrische Spannung 28
2.4.1	Spannungserzeugung 28
2.4.2	Spannung am Verbraucher 28
2.4.3	Potenziale in elektrischen Schaltungen 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	Brennstoffzellen 64
3.5.3	Grundbegriffe zu Primär- und Sekundärbatterien 65
3.5.4	Batterien (Primärbatterien) 66
3.5.5	Akkumulatoren (Sekundärbatterien) 67
3.5.5.1	Arten von Akkumulatoren 67
3.5.5.2	Laden von Akkumulatoren 69
	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 86
5.3.4	Magnetische Flussdichte B 87
5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule 87
5.5	Strom und Magnetfeld 90
5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld 90
5.5.2	Stromdurchflossene parallele Leiter 92
5.5.3	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld 92
5.6	Spannungserzeugung durch Induktion 93
5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung) 93
5.6.2	Lenzsche Regel 94
5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe) 95
5.6.4	Selbstinduktion 97
5.6.5	Wirbelströme 98
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Magnetisches Feld 99
6	 Schaltungstechnik 100
6.1	Schaltungsunterlagen 100
	Praxistipp: Installation einer Wechsel-schaltung mit Steckdose 102
6.2	Installationsschaltungen 103
6.2.1	Lampenschaltungen 103
6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten 105
6.2.3	Stromstoßschaltung 106
6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder 106
6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung 107
6.2.6	Hausrufanlagen 107
6.2.7	Haussprechanlagen 108
6.3	Elektromagnetische Schalter 110
6.3.1	Relais 111
6.3.2	Schütze 113
6.3.3	Schützenschaltungen 114
6.4	Klemmenplan bei elektrischen Steuerungen .. 120
6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen 121
6.5.1	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen 122
	Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise 124
	Praxistipp: Stromlaufplan und Aufbau einer Stern-Dreieck-Schaltung 125
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schaltungstechnik 126

7	Wechselstromtechnik 127	8	Messtechnik 169
7.1	Kenngößen der Wechselstromtechnik 127	8.1	Elektrische Messgeräte 169
7.1.1	Periode und Scheitelwert 127	8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik 169
7.1.2	Frequenz und Periodendauer 127	8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten 170
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge 128	8.1.3	Analoge Messgeräte 170
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen 129	8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten 171
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen 129	8.1.3.2	Elektrische Messwerke 172
7.2.2	Kreisfrequenz 130	8.1.4	Digitale Messgeräte 173
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen 130	8.1.5	PC-Messtechnik 175
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen 131	8.1.6	Elektrizitätszähler 176
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen 132	8.1.6.1	Induktionszähler 176
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme 133	8.1.6.2	Elektronische Elektrizitätszähler 177
7.2.7	Phasenverschiebung 134	8.2	Praktisches Messen 178
7.2.8	Wirkwiderstand 134	8.2.1	Messen von Leistungen 178
7.2.9	Scheinwiderstand 134	8.2.2	Messen von Widerständen 178
7.3	Spule im Wechselstromkreis 135	8.2.3	Messen mit Strommesszangen 179
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand 135	8.2.4	Messkategorien 179
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand 136		Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter 180
7.3.3	Spannungsdreieck 137		Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen 181
7.3.4	Widerstandsdreieck 138	8.3	Oszilloskop 182
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule 138	8.3.1	Analog-Oszilloskop 182
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand 139	8.3.2	Digital-Oszilloskop 183
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck 139		Praxistipp: Messen mit einem Digital-Oszilloskop 184
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis 140		Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop 185
7.4.1	Wirkleistung 140	8.4	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren 186
7.4.2	Blindleistung 140	8.4.1	Aktive und passive Sensoren 186
7.4.3	Scheinleistung 141	8.4.2	Anwendungen von Sensoren 187
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung 142	8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung 187
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor 143	8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment 189
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen 143	8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen 190
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis 144	8.4.3	Näherungsschalter 191
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand 144	8.4.3.1	Optische Näherungsschalter 191
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand 145	8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter 191
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand 146	8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter 192
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators 147	8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern 192
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand 148	8.4.4	RFID-Technologie 193
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand 148		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Messtechnik 194
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand 149	9	Elektronik 195
7.7	Schwingkreise 150	9.1	Halbleiterwerkstoffe 195
7.7.1	Resonanz 151	9.2	Halbleiterwiderstände 197
7.7.2	Reihenschwingkreis 151	9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren) 197
7.7.3	Parallelschwingkreis 152	9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände) 198
7.8	Siebschaltungen 154	9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände) 199
7.8.1	RL-Tiefpass 154	9.3	Magnetfeldabhängige Sensorelemente 201
7.8.2	RL-Hochpass 154	9.4	Halbleiterdioden 202
7.8.3	RC-Tiefpass 155	9.4.1	Wirkungsweise 202
7.8.4	RC-Hochpass 155	9.4.2	Leistungsdioden 202
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) 156	9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden) 203
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung 156	9.4.4	Halbleiterkennzeichnung 204
7.9.2	Verkettung 156	9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen 205
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y) 158	9.5	Transistoren 206
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ) 160	9.5.1	Bipolare Transistoren 206
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen 161	9.5.1.1	Transistoren in der Praxis 208
7.9.6	Leistungen in Drehstromsystemen 162	9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes 209
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen 163	9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes 210
7.10	Kompensation 164	9.5.1.4	Transistor als Schalter 211
7.10.1	Kompensationsarten 165	9.5.1.5	Kipperschaltungen 213
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren 166	9.5.1.6	Verstärkerschaltungen 215
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise 166	9.5.2	Feldeffekttransistoren (FET) 217
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen 167	9.6	Optoelektronik 220
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik 168	9.6.1	Optoelektronische Sender 220
		9.6.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren) 222
		9.6.3	Flüssigkristallanzeigen (LCD) 224
		9.6.4	Optokoppler 224

9.7 Operationsverstärker 225
 9.7.1 Grundlagen 225
 9.7.2 Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern 227
 9.7.3 Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern 229
9.8 Digitaltechnik 231
 9.8.1 Duales Zahlensystem 231
 9.8.2 Signalarten der Digitaltechnik 231
 9.8.3 Grundverknüpfungen 231
 9.8.3.1 UND-Verknüpfung 232
 9.8.3.2 ODER-Verknüpfung 232
 9.8.3.3 NICHT-Verknüpfung 232
 9.8.4 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation 233
 9.8.4.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation 233
 9.8.4.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation 233
 9.8.4.3 Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen 234
 9.8.4.4 Anwendung der Grundverknüpfungen 234
 9.8.5 Schaltkreisfamilien 235
 9.8.5.1 TTL-Schaltkreisfamilie 235
 9.8.5.2 CMOS-Schaltkreisfamilie 235
 9.8.6 Schaltalgebra 236
 9.8.7 Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung 237
 9.8.8 Kippglieder 238
 9.8.8.1 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder 238
 9.8.8.2 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied 239
 9.8.8.3 Schaltungen mit Kippgliedern 240
 9.8.9 Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer) 241
 9.8.10 Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer) 243
9.9 Leistungselektronik 244
 9.9.1 Bauelemente der Leistungselektronik 244
 9.9.1.1 Thyristor 244
 9.9.1.2 GTO-Thyristor 247
 9.9.1.3 Triac 247
 9.9.1.4 Diac 248
 9.9.1.5 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 249
 9.9.2 Begriffe der Leistungselektronik 250
 9.9.3 Gleichrichterschaltungen 251
 9.9.3.1 Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen 251
 9.9.3.2 Gesteuerte Gleichrichterschaltungen 256
 9.9.4 Wechselrichterbetrieb von netzgeführten Stromrichtern 259
 9.9.5 Wechselstrom-Umrichter 260
 9.9.5.1 Wechselwegschaltung W1C 260
 9.9.5.2 Vielperiodensteuerung 261
 9.9.6 Gleichstrom-Umrichter 262
 9.9.6.1 Gleichstromsteller 262
 9.9.6.2 Durchflusswandler und Sperrwandler 263
 9.9.6.3 Ansteuerungsarten für Gleichstromsteller 263
 9.9.7 Selbstgeführte Wechselrichter 264
 9.9.8 Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV) 265
 9.9.9 Stromrichter-Antriebe 266
 9.9.9.1 Betriebsarten elektrischer Antriebe 266
 9.9.9.2 Gleichstrommotor am Thyristor-Stromrichter 267
 9.9.9.3 Gleichstrommotor an Sechspuls-Brückenschaltung B6C 268
 9.9.9.4 Gleichstrommotor im Vierquadranten-Betrieb 268
 9.9.9.5 Drehzahlsteuerung mit Transistor-Gleichstromsteller 269
 9.9.9.6 Frequenzumrichter 270
 9.9.9.7 Drehstrom-Asynchronmotor am Frequenzumrichter 271
 9.9.9.8 Auswahl eines Frequenzumrichters 272
Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation u. Inbetriebnahme 273
 9.9.10 Netzgeräte 274
 9.9.10.1 Geregelte Netzgeräte 274
 9.9.10.2 Spannungsregler 275
 9.9.10.3 Schaltnetzgeräte 275
Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektronik 276

10 Elektrische Anlagen 277
10.1 Energieerzeugung und Energieübertragung .. 277
 10.1.1 Kraftwerke 277
 10.1.1.1 Wärmekraftwerke 278
 10.1.1.2 Umweltschutz in Wärmekraftwerken 279
 10.1.1.3 Blockheizkraftwerke (BHKW) 280
 10.1.1.4 Wasserkraftwerke 281
 10.1.1.5 Erneuerbare Energien 282
Praxistipp: Auslegung und Dimensionierung einer Fotovoltaikanlage 287
 10.1.2 Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid) 289
 10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden 290
 10.1.2.2 Smart Home 290
Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus 291
 10.1.3 Übertragungs- und Verteilnetze 292
 10.1.3.1 Höchstspannungsnetze 292
 10.1.3.2 Spannungsebenen 293
 10.1.3.3 Umspannanlagen 293
 10.1.3.4 Hochspannungsschalter 294
 10.1.4 Netzformen 296
 10.1.5 Niederspannungsanlagen 297
 10.1.5.1 Netzaufbau 297
 10.1.5.2 Hausanschluss 298
 10.1.5.3 Erdungsanlagen 300
 10.1.5.4 Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene 301
 10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme 302
Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler 305
Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden 308
 10.1.6 Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System 309
10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen .. 312
 10.2.1 Isolierte Leitungen 312
Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern 315
 10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen 316
 10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen 316
 10.2.4 Datenleitungen 317
Praxistipp: Verlegen von Leitungen 319
10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher 320
10.4 Schutzschalter 323
 10.4.1 Thermischer Auslöser 323
 10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser 323
 10.4.3 Leitungsschutzschalter 324
 10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter 324
 10.4.5 Brandschutzschalter (AFDD) 325
 10.4.6 Leistungsschalter 326
 10.4.7 Motorschutzeinrichtungen 326
10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen 329
 10.5.1 Spannungsfall an Leitungen 330
 10.5.2 Anordnung von Überstrom-Schutzrichtungen 331
Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung 332
Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen 333
10.6 Räume und Anlagen besonderer Art 335
 10.6.1 Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche 335
 10.6.2 Sauna-Anlagen 337
 10.6.3 Baustellen 337
 10.6.4 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten 338
 10.6.5 Feuergefährdete Betriebsstätten 339
 10.6.6 Explosionsgefährdete Bereiche 341
 10.6.7 Medizinisch genutzte Bereiche 342
 10.6.8 Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge 343
 10.6.8.1 Ladestationen 343
 10.6.8.2 Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen 344

10.6.8.3 Installationsvorschriften 344
 10.6.9 Übersicht der Räume und Anlagen
 besonderer Art 345
10.7 Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen 346
 10.7.1 Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen 346
 10.7.2 Löschmittel 346
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Elektrische Anlagen 347

11 ⚠ Schutzmaßnahmen 348

11.1 Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom 348
 11.1.1 Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper 348
 11.1.2 Direktes und indirektes Berühren 350
 11.1.3 Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE) 350
11.2 Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen 351
 11.2.1 Schutzklassen 351
 11.2.2 IP-Schutzarten 352
 11.2.3 Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen 353
 11.2.4 Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik 354
 11.2.5 Fehlerarten in elektrischen Anlagen 355
 11.2.6 Spannung im Fehlerfall 355
11.3 Netzsysteme 356
11.4 Schutz gegen elektrischen Schlag 358
11.5 Automatische Abschaltung der Stromversorgung 359
 11.5.1 Anforderungen an den Basisschutz 359
 11.5.2 Anforderungen an den Fehlerschutz 360
 11.5.3 Schutz im TN-System 361
 11.5.4 Schutz im TT-System 362
 11.5.5 Schutz im IT-System 363
11.6 Doppelte oder verstärkte Isolierung 364
11.7 Schutztrennung 364
11.8 Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV 365
11.9 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen 366
 11.9.1 Aufbau und Funktion 366
 11.9.2 Anwendungen von RCDs 367
 11.9.3 Kennwerte von RCDs 368
 11.9.4 Auswahl und Einsatz von RCDs 368
 11.9.5 RCD als Brandschutz 370
11.10 Differenzstrom-Überwachungseinrichtung 370
11.11 Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden 371
11.12 Prüfen der Schutzmaßnahmen 372
 11.12.1 Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600 373
 11.12.2 Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter 375
 11.12.3 Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen 375
 11.12.4 Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung 376
 11.12.5 Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden 376
 11.12.6 Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System 377
 11.12.6.1 Prüfen im TN-System 377
 11.12.6.2 Prüfen im TT-System 378
 11.12.6.3 Messen des Erdungswiderstandes 378
 11.12.6.4 Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) 379
 11.12.6.5 Prüfen im IT-System 379
 11.12.6.6 Prüfen der Drehfeldrichtung 379
 11.12.7 Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105 380

11.12.8 E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage ... 381
Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen 382
11.13 Schutz gegen elektrostatische Auflagen 385
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Schutzmaßnahmen 386

12 🏠 Gebäudetechnische Anlagen 387

12.1 Beleuchtungsanlagen 387
 12.1.1 Farbspektrum und Farbwiedergabe 388
 12.1.2 Lichttechnische Größen 389
 12.1.3 Kriterien für eine gute Beleuchtung 391
 12.1.4 Energieeffizienzanforderungen 392
 12.1.5 Lampenübersicht 393
 12.1.6 Halogenlampen 394
 12.1.7 Leuchtstofflampen 396
 12.1.8 Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen 397
 12.1.9 Induktionslampen 398
 12.1.10 LED-Lampen 398
Praxistipp: LED-Retrofit-Lösungen 399
Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung 400
Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl 401
 12.1.11 Lichtberechnungssoftware 402
 12.1.12 Lichtstärkeverteilung von Leuchten 402
 12.1.13 Lichtmanagementsysteme 403
12.2 Elektrogeräte 404
 12.2.1 Allgemeines über Elektrogeräte 404
 12.2.2 Elektrische Warmwasserbereiter 405
 12.2.3 Elektrische Raumheizung 407
 12.2.4 Elektrische Geräte zur Nahrungsvorrats-haltung und -zubereitung 411
 12.2.5 Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrrreinigung 415
 12.2.5.1 Waschmaschine 415
 12.2.5.2 Wäschetrockner 416
 12.2.5.3 Geschirrspülmaschine 417
 12.2.6 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte 418
 12.2.7 Prüfen von Elektrogeräten nach der Reparatur 420
 12.2.8 Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten 422
Praxistipp: Prüfung von Elektrogeräten nach einer Reparatur (VDE 0701) 423
Praxistipp: Steckvorrichtungen Energie 424
12.3 Antennen- und Verteilanlagen 425
 12.3.1 Wirkungsweise der Antennen 425
 12.3.2 Empfangsantennen 426
 12.3.3 Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel 428
 12.3.4 Aufbau von Antennenanlagen 429
 12.3.5 Satelliten-Fernsehempfangsanlagen 430
Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang 433
 12.3.6 DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen 434
 12.3.7 Breitband-Kommunikationsanlagen 434
 12.3.8 Berechnung einer Empfangsantennenanlage 435
 12.3.9 Errichten von Empfangsantennenanlagen 436
Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich 438
12.4 All-IP-Technik 439
 12.4.1 Grundsätzliches zu All-IP 439
 12.4.2 Anschluss-technik 440
 12.4.3 VoIP-Technik 441
Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers 442
 12.4.4 ISDN am All-IP-Anschluss 443
12.5 Gebäudeautomation 444
 12.5.1 Gebäudeleittechnik 444
 12.5.2 Gebäudesystemtechnik 445
Praxistipp: KNX-Projekt programmieren 449
Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX 451
Praxistipp: Vernetzungsmöglichkeiten im Smart Home 452
 12.5.3 Gebäudeautomation mit Visualisierung 454

12.6 Gefahrenmeldeanlagen 455
 12.6.1 Allgemeine Festlegungen 455
 12.6.2 Brandmeldeanlagen 456
 12.6.3 Einbruchmeldeanlagen 458
 12.6.4 Überfallmeldeanlagen 460
 Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage 461
 Praxistipp: Installation von Rauchmeldern 462

12.7 Blitzschutz 463
 12.7.1 Entstehung der Gewitterzelle 463
 12.7.2 Wirkungen des Blitzstromes 463
 12.7.3 Blitzschutzsysteme 463
 12.7.3.1 Äußerer Blitzschutz 464
 12.7.3.2 Innerer Blitzschutz 465
 12.7.3.3 Trennungsabstand 466
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Gebäudetechnik 468

13 Elektrische Maschinen 469

13.1 Transformatoren 470
 13.1.1 Einphasentransformatoren 470
 13.1.1.1 Aufbau und Wirkungsweise 470
 13.1.1.2 Leerlaufspannung 470
 13.1.1.3 Übersetzungen 471
 13.1.1.4 Betriebsverhalten im Leerlauf 472
 13.1.1.5 Betriebsverhalten bei Belastung 472
 13.1.1.6 Betriebsverhalten bei Kurzschluss 473
 13.1.1.7 Kurzschlussstrom und Einschaltstrom 474
 13.1.1.8 Wirkungsgrad von Transformatoren 475
 13.1.2 Kleintransformatoren 476
 13.1.2.1 Aufbau 476
 13.1.2.2 Arten von Kleintransformatoren 477
 13.1.2.3 Prüfspannungen bei Kleintransformatoren 478
 13.1.3 Sondertransformatoren 479
 13.1.3.1 Sparttransformatoren 479
 13.1.3.2 Streufeldtransformatoren 480
 13.1.4 Messwandler 480
 13.1.4.1 Spannungswandler 480
 13.1.4.2 Stromwandler 481
 13.1.5 Drehstromtransformatoren 482
 13.1.5.1 Aufbau und Prinzip 482
 13.1.5.2 Schaltungen 483
 13.1.5.3 Unsymmetrische Belastung 485
 13.1.5.4 Gebräuchliche Schaltgruppen 486
 13.1.6 Parallelschalten von Transformatoren 487

13.2 Rotierende elektrische Maschinen 488
 13.2.1 Grundlagen 488
 13.2.1.1 Leistung und Drehmoment 488
 13.2.1.2 Aufbau umlaufender Maschinen 489
 13.2.1.3 Leistungsschild 489
 13.2.1.4 Drehsinn 489
 13.2.1.5 Betriebsarten elektrischer Maschinen 490
 13.2.1.6 Kühlung elektrischer Maschinen 491
 13.2.1.7 Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen 492
 13.2.1.8 Elektrische Isolierung 492
 13.2.2 Drehstromasynchronmotoren 493
 13.2.2.1 Entstehung des Drehfeldes 493
 13.2.2.2 Kurzschlussläufermotor 494
 13.2.2.3 Anlassen von Kurzschlussläufermotoren 497
 13.2.2.4 Schleifringläufermotor 499
 13.2.2.5 Polumschaltbare Motoren 500
 Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors 501
 Formelübersicht zum Drehstrom-Asynchronmotor 502
 Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors 503

13.2.2.6 Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren 505
 13.2.2.7 Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung) 506
 13.2.2.8 Wechselstrom-Asynchronmotor 507
 13.2.3 Drehstromlinearmotoren 508
 13.2.4 Synchronmotor 509
 13.2.5 Sondermotoren 510
 13.2.5.1 Spaltpolmotor 510
 13.2.5.2 Reluktanzmotor 511

13.2.5.3 Schrittmotor 511
 13.2.6 Synchrongenerator 514
 13.2.7 Stromwendermotoren 516
 13.2.7.1 Aufbau von Gleichstrommotoren 516
 13.2.7.2 Wirkungsweise 517
 13.2.7.3 Ankerquerrfeld und Ankerrückwirkung 518
 13.2.7.4 Anschlussbezeichnungen 519
 13.2.7.5 Arten von Gleichstrommotoren 520
 13.2.7.6 Anlassen von Gleichstrommotoren 522
 13.2.7.7 Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren 523
 13.2.7.8 Universalmotor 524
 13.2.8 Servomotoren 525
 13.2.8.1 Gleichstromservomotor 526
 13.2.8.2 Drehstromservomotor 526
 13.2.9 Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen 529
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Elektrische Maschinen 530

14 Informationstechnik 531

14.1 Bereiche der Informationstechnik 531
14.2 Computer, Programme und Peripherie 532
 14.2.1 Bestandteile und Funktionsweise eines Computers 532
 14.2.2 Hardware, Software und Firmware 533
 14.2.3 Computersystem 533

14.3 Mikrocomputer 534
14.4 Personal Computer (PC) 535
 14.4.1 Komponenten eines PC 535
 14.4.2 Mikroprozessor (CPU) 536
 14.4.3 Halbleiterspeicher 537
 14.4.4 Buskommunikation 538
 14.4.5 Eingabe- und Ausgabe-Einheit 538
 Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard 539

14.5 Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung 540
 14.5.1 Geräte zur Eingabe 540
 14.5.2 Geräte zur Ausgabe 540
 14.5.2.1 Drucker 540
 14.5.2.2 Farbmonitore 541
 14.5.3 Periphere Geräte zur Datenspeicherung 542
 Praxistipp: Servicearbeiten am PC 543

14.6 Software 544
 14.6.1 Systemprogramme 544
 14.6.2 Anwendungsprogramme 545

14.7 Vernetzung von Computern 546
 14.7.1 Netzwerktopologien 546
 14.7.2 Netzwerkdienste 546
 14.7.3 Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie 547
 Netzwerkprotokoll 548
 Globales Netzwerk Internet 549
 Praxistipp: Installation eines lokalen Computernetzwerkes 550
 Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk 553

14.8 Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte 554
14.9 Schädliche Programme (Malware) 554
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Informationstechnik 555

15 Automatisierungstechnik 556

15.1 Industrie 4.0 556
15.2 Steuerungstechnik 557
 15.2.1 Steuern 557
 15.2.1.1 Fachbegriffe der Steuerungstechnik 557
 15.2.1.2 Steuerungsarten 558

15.3 Kleinststeuergeräte 560
15.4 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 562
 15.4.1 Aufbau 562
 15.4.2 Programmiersprachen 563
 15.4.3 Arbeitsweise einer SPS 563
 15.4.4 Baueinstruktur in STEP 7 565

15.4.5	Programmierung (Bitverknüpfungen)	566
15.4.5.1	Grundverknüpfungen	566
15.4.5.2	Öffner und Schließer	567
15.4.5.3	Speicherfunktionen	569
15.4.6	Bibliotheksfähige Bausteine	571
15.4.7	Symbolische Adressierung (PLC ¹ -Variablen) ...	572
15.4.8	Zeit- und Zählfunktionen	573
15.4.8.1	Simatic-Zeitfunktionen	573
15.4.8.2	Simatic-Zählfunktionen	574
15.4.8.3	IEC-Zeitfunktionen	574
15.4.8.4	IEC-Zählfunktionen	575
15.4.8.5	Instanzenbaustein für IEC-Zeit- und Zählfunktionen	576
15.4.9	Vergleicher	578
15.4.10	Ablaufsteuerungen	579
15.4.10.1	Arten von Ablaufsteuerungen	579
15.4.10.2	Betriebsarten	579
15.4.10.3	Ablaufkette (Struktur)	580
15.4.10.4	Programmierung einer Ablaufkette mit Schrittmern	581
15.4.10.5	Programmierung einer Ablaufkette als bibliotheksfähigen Baustein	582
15.4.10.6	Ablaufkette mit Alternativverzweigung (ODER-Verzweigung)	583
15.4.10.7	Ablaufkette mit Parallelverzweigung (UND-Verzweigung)	584
15.4.11	Analogwertverarbeitung	585
15.4.11.1	Analoge Signalverarbeitung	585
15.4.11.2	Darstellung analoger Werte in der SPS	585
15.4.11.3	Messbereiche von Analogbaugruppen	586
15.4.11.4	Normierung und Skalierung von Analogwerten	586
15.4.12	Feldbusse	588
15.4.12.1	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	589
15.4.12.2	PROFIBUS DP	590
15.4.12.3	PROFINET IO	591
15.4.13	Prozessvisualisierung	592
15.5	Maschinensicherheit	594
15.5.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	594
15.5.2	Sicherheitsbezogene Teile	594
15.5.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	595
15.6	Regelungstechnik	596
15.6.1	Aufgaben und Begriffe	596
15.6.2	Regelstrecken	597
15.6.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	597
15.6.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	598
15.6.3	Regler	601
15.6.3.1	Unstetige Regler	601
15.6.3.2	Stetige Regler	603
15.6.4	Regelkreis	607
15.6.4.1	Schwingungsverhalten	607
15.6.4.2	Reglerauswahl	607
15.6.4.3	Reglereinstellung	608
15.6.5	Universalregler	609
15.6.7	Prozessleitsystem	609
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	610
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Automatisierungstechnik	611

16



Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung 612

16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	612
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	613
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	613
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	614
16.1.2	Isolierstoffe	615
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	615
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	616
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	617
16.2	Fertigungsverfahren	618
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	618
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	618
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	618
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	621
16.2.3	SMD-Technik	623

16.3	Umweltschutz	624
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	624
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	625
16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	626
16.4	Energieeinsparung	628
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	628
16.4.2	Stand-by-Betrieb	630
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	631
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	632

17



Beruf und Betrieb **633**

17.1	Berufliche Handlungskompetenz	633
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	634
17.1.1	Teamarbeit	636
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	637
17.1.3	Kommunikation	638
17.1.4	Kreativitätstechniken	639
17.1.5	Informationsbeschaffung	640
17.2	Präsentation	641
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	641
17.2.2	Visualisierung	642
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	643
17.3	Projektmanagement	644
17.3.1	Aufgaben von Projekten	644
17.3.2	Projektphasen	645
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	646
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	646
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	647
17.4.3	Kundenservice	649
17.5	Kalkulation und Angebot	650
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	651
17.5.2	Kalkulation in Dienstleistungen	652
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	653
17.5.4	Rechnungsstellung	654
17.6	Qualitätsmanagement	655
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	655
17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	655
17.6.3	TQM-Methode	656
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	657
	Praxistipp: Existenzgründung	658
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Beruf und Betrieb	659
	Ergebnisse der Rechenaufgaben	660



Infoteil **661**

Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik (Auswahl) ..	661
Schaltzeichen	662
Wichtige elektrotechnische Symbole	668
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	669
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren ..	670
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen ..	671
Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	672
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	673
Betriebsdaten von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer	674
Dioden	675
NPN-Transistor	676
Thyristor, Triac	677
Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN	678
Wichtige Abkürzungen von KNX bis ZVEI	679
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	680
Firmen- und Bildquellenverzeichnis	683
Sachworte Deutsch – Englisch	684

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:

- Elektrische 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 251

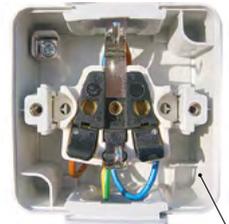
Dreiphasen-Wechselstromkreis (Seite 156)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter 1	L1	
Außenleiter 2	L2	
Außenleiter 3	L3	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	
Neutralleiter mit Schutzfunktion	PEN	



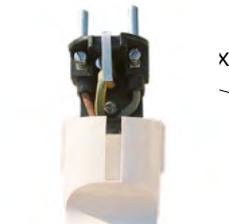
Drehstrommotor

- Motoren: Seite 488
- Schaltzeichen: Seite 662

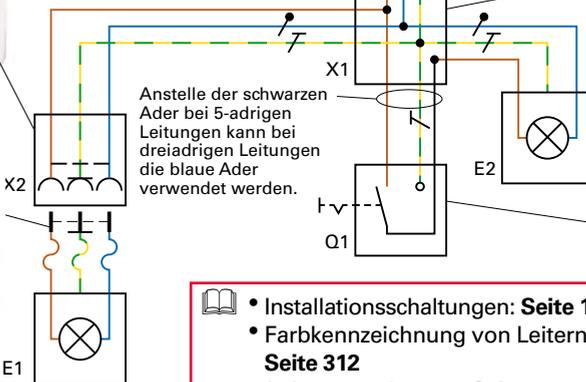
Einphasen-Wechselstromkreis (Seite 127)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter	L*	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	



Schutzkontaktsteckdose



Schutzkontaktstecker



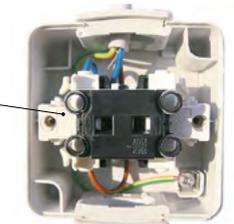
- Installationsschaltungen: Seite 103
- Farbkennzeichnung von Leitern: Seite 312
- Leitungsverlegung: Seite 318



Abzweigdose



Leuchte mit Lampe



Ausschalter

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



Multipliziert man die zusammengehörigen Augenblickswerte von Spannung und Strom, ergibt sich das zugehörige Linienbild der Leistung. Die positiven und negativen Flächenteile haben die gleiche Größe (**Bild 1**). Der Mittelwert der Leistung, d. h. die Wirkleistung P ist dann null. Die auftretende Leistung an der Induktivität oder Kapazität nennt man induktive bzw. kapazitive Blindleistung Q_L bzw. Q_C (**Seite 142 und 145**).

In einer Spule wird zwischen 90° und 180° sowie zwischen 270° bis 360° elektrische Energie in magnetische Energie umgewandelt und das Magnetfeld der Spule aufgebaut (**Bild 1**). Von 0° bis 90° sowie 180° bis 270° wird das Magnetfeld abgebaut. Dabei entsteht eine Selbstinduktionsspannung, die den Strom entgegengesetzt zur angelegten Spannung treibt. Die magnetische Energie wird in elektrische umgewandelt und der Stromquelle wieder zugeführt. Die ganze Energie pendelt zweimal in einer Periode zwischen Verbraucher und Erzeuger hin und her.

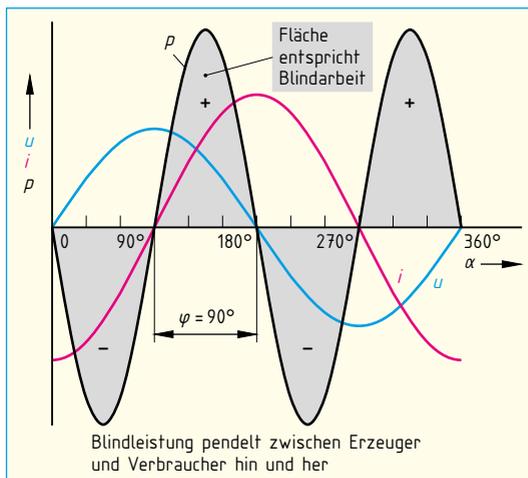


Bild 1: Induktive Blindleistung

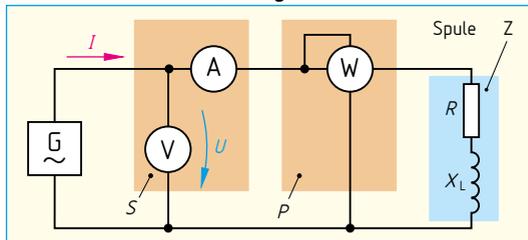


Bild 2: Ermittlung der Wirkleistung und Scheinleistung an einer Spule

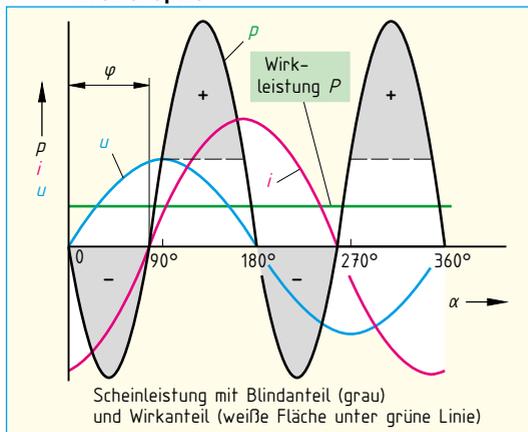


Bild 3: Wirkleistung P (Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 80^\circ$)

7.4.3 Scheinleistung

Versuch: Schließen Sie eine Spule, z. B. mit 1000 Windungen, an Wechselspannung 10 V/50 Hz an (**Bild 2**). Messen Sie Stromstärke, Spannung und Leistung mit dem Leistungsmesser. Vergleichen Sie das Produkt aus Spannung und Stromstärke mit der Anzeige des Leistungsmessers.

Die berechnete Scheinleistung ist größer als die Anzeige des Leistungsmessers.

Die Scheinleistung S ist das Produkt der Effektivwerte von Spannung und Stromstärke.

Der Leistungsmesser zeigt die **Wirkleistung P** an, die so groß ist wie der Mittelwert aller Augenblickswerte $p = u \cdot i$. Die Wirkleistung P ist deshalb bei einer Phasenverschiebung φ zwischen Strom und Spannung immer kleiner als die **Scheinleistung S** . Während der Periodenabschnitte mit positiver Leistung wird Energie aus dem Netz entnommen. Negative Leistung bedeutet, dass die Energie an das Netz zurück geliefert wird (**Bild 1**). Die Differenz zwischen der positiven Energie und der negativen Energie wird in der Spule in Wirkarbeit (Wärme) umgesetzt (**Bild 3, grüne Linie**).

Bei induktiven Verbrauchern im Wechselstromnetz, z. B. Motoren in Haushaltsgeräten, treten **Wirk- und Blindleistung** gemeinsam auf. Diese Gesamtleistung bezeichnet man als **Scheinleistung** und hat die Einheit VA (Voltampere). Die Scheinleistung entspricht der **geometrischen Summe** aus Wirkleistung und Blindleistung (**siehe Seite 142**).

Die Scheinleistung S ist entscheidend für die Belastung der elektrischen Leitungsnetze. Deshalb müssen z. B. Transformatoren, Generatoren, Schaltanlagen und Leiterquerschnitte für die auftretende Scheinleistung dimensioniert sein.



Kompensation: **Seite 164**

Scheinleistung

$$S = U \cdot I$$

$$[S] = V \cdot A = VA$$

$$S^2 = P^2 + Q_L^2$$

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

S	Scheinleistung
U	Spannung (Effektivwert)
I	Strom (Effektivwert)
P	Wirkleistung
Q_L	induktive Blindleistung



7.10.4 Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen

In Verbrauchern (**Übersicht**) mit elektronischen Steuerungen, z.B. Dimmern, Stromrichtern oder Frequenzumrichtern fließen nichtsinusförmige Ströme, die ins Netz zurück wirken und zu einer Überlagerung der Netzspannung führen (**Bild 1, Seite 311**). Diese Verzerrung entsteht aus einer Überlagerung verschiedener sinusförmiger Spannungen unterschiedlicher Frequenz. Im 50-Hz-Netz sind das die Grundschiwingung von 50 Hz und Oberschwingungen mit einem ganzzahligen Vielfachen der Grundschiwingung. Oberschwingungen werden mit einer Ordnungszahl n , z.B. 5 oder 7, gekennzeichnet. Bei einer Netzfrequenz von 50 Hz, hat z.B. die 5. Oberschwingung eine Frequenz von $5 \cdot 50 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$.

Bei der Kompensation der Blindleistung durch Kompensationskondensatoren wird das Netz von induktiver Blindleistung entlastet. Bildet aber die Kompensationskapazität zusammen mit der Induktivität des Netzes einen Reihenschwingkreis, so werden die entstehenden Oberschwingungen bei Resonanz zusätzlich verstärkt. Es kommt zu Spannungserhöhungen die zu Spannungsüberschlägen und damit z.B. zu Anlagenbränden führen können. Um dies zu verhindern, wird zum Kompensationskondensator eine Drossel in Reihe geschaltet (**Bild 1 und Bild 2**). Dieser Reihenschwingkreis wird so abgestimmt, dass die Resonanzfrequenz unterhalb der Frequenz der im Netz vorkommenden Oberschwingungen liegt.

Oberschwingungen verursachen Störungen im Netz und werden durch geeignete Schaltungen, z.B. verdrosselte Kompensationskondensatoren, oder Blindleistungs-Regelanlagen kompensiert.

Verdrosselte Kompensationsanlagen haben Vorteile:

- Reduzierung von Resonanzerscheinungen,
- Verminderung von Oberschwingungen,
- Verbesserung der Betriebssicherheit von Betriebsmitteln,
- Stabilisierung der Netzspannung,
- Verringerung der Blindleistung und deren Betriebskosten und
- Entlastung des Leitungsnetzes.

Ein Maß für die Verdrosselung ist der Verdrosselungsfaktor p . Er gibt das Verhältnis zwischen induktiven Blindwiderstand der Drossel und der Kapazität des Kompensationskondensators an. Für den Verdrosselungsfaktor p wurden Standardwerte, z.B. 7 %, vereinbart. Die Rundsteuerfrequenz von Tonfrequenz-Rundsteueranlagen (**Seite 166**) wird durch geeignete Wahl des Verdrosselungsfaktors p nicht beeinträchtigt.

Man unterscheidet Kompensationsanlagen mit z.B.:

- 7 %-Verdrosselung für Netze mit Oberschwingungsbelastung und Rundsteuerfrequenzen über 250 Hz, und
- 14 %-Verdrosselung für Netze mit Oberschwingungsbelastung und Rundsteuerfrequenzen von 168 Hz bis 190 Hz.

Beispiel:

Eine Kompensationsanlage hat eine Verdrosselung von 7 %. Wie groß ist die Resonanzfrequenz f_r der Anlage?

Lösung:

$$f_r = f_n \cdot \sqrt{\frac{1}{p}} = 50 \text{ Hz} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,07}} = \mathbf{189 \text{ Hz}}$$

Übersicht:

Verbraucherarten (Beispiele)

- Verbraucher, die keine Oberschwingungen erzeugen: Widerstandsheizungen, Beleuchtungsanlagen, Drehstrommotoren.
- Verbraucher, die Oberschwingungen erzeugen: Transformatoren, Stromrichter, Frequenzumrichter.

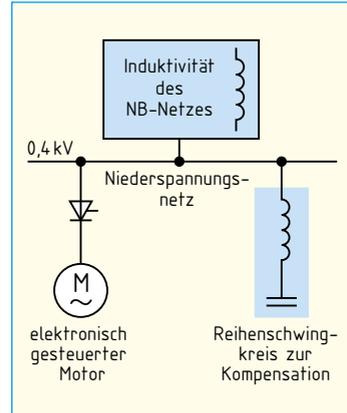


Bild 1: Kompensation einer Stromrichterschaltung (Prinzip)

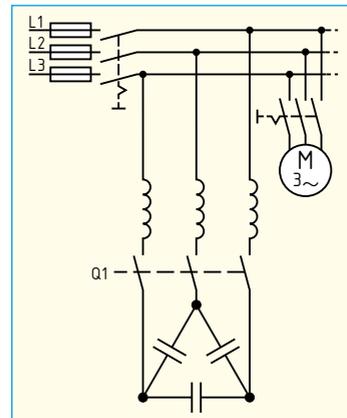


Bild 2: Verdrosselte Kondensatoren

Verdrosselungsfaktor

$$p = \frac{X_L}{X_C}; \quad f_r = f_n \cdot \sqrt{\frac{1}{p}}$$

p	Verdrosselungsfaktor
X_L, X_C	Kompensationsblindwiderstände
f_r	Resonanzfrequenz der Kompensationsanlage
f_n	Netzfrequenz


Situationsbeschreibung:

Mit einem digitalen Oszilloskop soll an einer elektronischen Schaltung, z. B. an einem Schwellwertschalter (**Seite 214**), gemessen werden. **a)** Beschreiben Sie die Vorgehensweise. **b)** Bestimmen Sie mithilfe des Oszilloskopbildes die Eingangsspannung U und **c)** die Frequenz f der Ausgangsspannung

Signalerfassung:

- Normale Abtastung
- Spitzenwert
- Mittelwert

Triggerstatus:

- Trig'd**: Das Oszilloskop hat einen Trigger erkannt und erfasst jetzt die Nachtriggerdaten.
- Scan: Signaldaten werden im Abtastmodus vom Oszilloskop kontinuierlich erfasst und angezeigt.

Multifunktions-Drehknopf: Einstellung von Funktionen, z.B. mathematische Addition

Menü- und Steuerungstasten, Beispiele:

- HILFE, ruft das Menü Hilfe auf
- MESSUNG, Menü für automatische Messungen wird aufgerufen
- SPEICHERN/ABRUFEN, Menü zum Speichern von Signalen wird aufgerufen

Horizontale Triggerposition

Triggerpegel

Taster-Display-menü

Triggereinstellungen

Horizontale Einstellungen:

- Steller Position
- Menüeinstellung
- Steller Zeit/div

Vertikale Einstellungen:

- Steller Position
- Steller Amplitude Volt/div

Ein-/Aus-Taste (hier durch das Gehäuse verdeckt)

Grundlinie CH1

Grundlinie CH2

Einstellung, vertikal CH1: 5 V/div

Einstellung, vertikal CH2: 2 V/div

Einstellung, horizontal: 5 ms/div

- CH1: Triggerkanal
- 41,7 mV: Triggerpegel

USB-Schnittstelle

Eingangsbuchse Kanal 1 (CH1)

Eingangsbuchse Kanal 2 (CH2)

Trigger-Eingangsbuchse

1 Tastkopf 1 an die Eingangsbuchse Kanal 1 (CH1) und an das Eingangssignal gegen Ground (GD) anschließen.

2 Tastkopf 2 an die Eingangsbuchse Kanal 2 (CH2) und an das Ausgangssignal anschließen.

Triggerung: Zum Bestimmen des Startpunktes des Messsignals auf dem Bildschirm (Display). Auf dem Leuchtschirm erscheint nur dann eine ruhig stehende Kurve, z. B. eine Sinuslinie, wenn die Messspannung immer von der gleichen Stelle am Bildschirm des Oszilloskops beginnend dargestellt wird. Dies erzwingt man durch Triggerung. Mit dem Steller „Pegel“ kann der Startpunkt des Messsignals verschoben werden.

a) Durchführung der Messung

- 1** Tastkopf 1 an die Eingangsbuchse Kanal 1 (CH1) und an das Eingangssignal gegen Ground (GD) anschließen.
Hinweis: Tastköpfe verbinden das Oszilloskop mit der Prüfschaltung. Durch eine abgeschirmte Messleitung wird die Beeinflussung durch Störsignale verringert. Bei Tastköpfen mit einem integrierten Spannungsteiler (Tastteiler), z. B. 10 : 1, beträgt der Eingangswiderstand etwa 10 M Ω . Dadurch wird das Messobjekt wenig belastet und die Messspannung im Verhältnis von 10 : 1 herabgesetzt. Somit lassen sich höhere Spannungen messen, z. B. 600 V, je nach Hersteller. Tastteiler haben meist einen Schalter zum Umschalten des Teilverhältnisses zwischen 1 : 1 und 10 : 1.
- 2** Tastkopf 2 an die Eingangsbuchse Kanal 2 (CH2) und an das Ausgangssignal anschließen.
- 3** Das Oszilloskop mit der „Ein-Aus-Taste“ einschalten.
- 4** Taste „AUTOSET“ betätigen, nachdem der Selbsttest des Oszilloskops beendet ist.
Hinweis: Wird die Taste „AUTOSET“ einmalig betätigt, identifiziert das Oszilloskop die Signalart und stellt sich selbst so ein, dass eine brauchbare Anzeige des Eingangssignals auf dem Bildschirm erscheint.

b) Bestimmen der Spannung U

- 5** Einstellung Kanal 1 (CH1): 5 V/div
- 6** Ablesung: 2 V/div $\Rightarrow \hat{u} = 5 \text{ V/div} \cdot 2 \text{ div} = 10 \text{ V}$; $\hat{u} = \hat{u}/2 = 5 \text{ V}$; $U = 0,707 \cdot \hat{u} = 0,707 \cdot 5 \text{ V} = 3,5 \text{ V}$

c) Ermitteln der Frequenz f

- 7** Frequenz f : $f = 50,011 \text{ Hz}$ (durch Ablesung)

**Tabelle 1: Zündverhalten Triac**

Quadrant	Verhalten
1	Spannung vom Anschluss A2 nach Anschluss A1 positiv, von G nach A1 positiv.
2	Spannung vom Anschluss A2 nach Anschluss A1 positiv, von G nach A1 negativ.
3	Spannung vom Anschluss A2 nach Anschluss A1 negativ, von G nach A1 negativ.
4	Spannung vom Anschluss A2 nach Anschluss A1 negativ, von G nach A1 positiv.

Triacs werden für Sperrspannungen bis 1200 V und Durchlassströme bis 120 A hergestellt. Er lässt sich als Stellglied für Wechselstromverbraucher, z. B. in Dimmern (**Seite 260**), und als elektronisches Schütz verwenden.

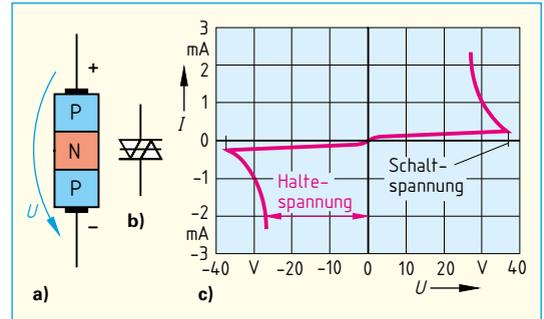
Ein Triac für die Verwendung an einer Wechselspannung von 230 V zeigt die **Tabelle Seite 247**.

9.9.1.4 Diac

Der Diac¹ enthält ein Siliciumplättchen mit den Schichten PNP (**Bild 1a**). Beim Überschreiten der Schaltspannung (**Tabelle 2**) wird der Diac (**Bild 1b**) unabhängig von der Polarität leitend und somit niederohmig. Die Spannung an den beiden Anschlüssen sinkt sehr schnell auf etwa 75 % der Schaltspannung (**Bild 1c**). Beim Unterschreiten der Haltespannung (einige Volt) sperrt der Diac.

Diacs werden vor allem zur Erzeugung von Spannungsimpulsen und damit zum Zünden von Thyristoren und Triacs verwendet. Zu diesem Zweck schaltet man Diacs vor den Steueranschluss (Gate) des betreffenden Bauelementes, meist einem Triac (**Bild 2**).

Funktion: Nach Anlegen der Spannung wird der Kondensator C_1 über den Widerstand R_1 aufgeladen. Nach Erreichen der Schaltspannung wird der Diac leitend. Der aufgeladene Kondensator zündet den Triac und die Last erhält Spannung. Durch Ändern von R_1 kann der Zeitpunkt des Zündens des Triacs verzögert werden. Dadurch erhält die Last nur einen geringen Teil der Netzspannung. Damit dient diese Schaltung der Leistungssteuerung z. B. von Glühlampen. Man spricht von einer Phasenanschnittsteuerung (Dimmer).

**Bild 1: a) Aufbau, b) Schaltzeichen und c) Kennlinie einer Dreischichtdiode (Diac)**

Arten von Diacs

Diacs sind Mehrschicht-Halbleiter und werden auch als Zweirichtungsdioden bezeichnet.

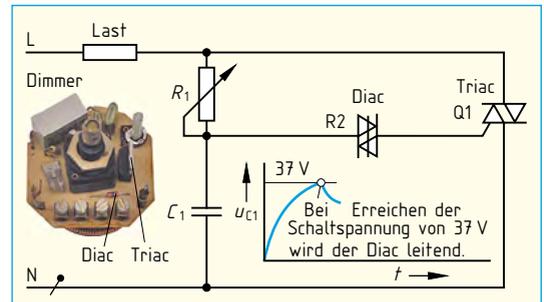
Man unterscheidet im Aufbau:

- Dreischichtdioden (PNP)
- Vierschichtdioden (PNPN)
- Fünfschichtdioden (PNPNP)

In der Praxis wird die Dreischichtdiode, z. B. zum Ansteuern von Thyristoren und Triacs, am meisten verwendet.

Tabelle 2: Übliche Kenndaten eines Diacs

	Schaltspannung	37 V
	Durchbruchstrom	0,4 ... 1 mA
	max. Durchlassstrom	1 A

**Bild 2: Ansteuern eines Triacs mit einem Diac (Prinzip)**

Phasenanschnittsteuerung: **Seiten 256 und 260**

Wiederholungsfragen

- 1 Beschreiben Sie den Schichtenaufbau eines Thyristors.
- 2 Erklären Sie den Begriff Vorwärtsrichtung am Thyristor.
- 3 Welche Aufgabe hat der Gatestrom beim Thyristor?
- 4 Warum kann man Thyristoren als Gleichrichter verwenden?
- 5 Was versteht man unter der Nullkippspannung eines Thyristors?
- 6 Wozu verwendet man einen GTO-Thyristor?
- 7 Wie hoch ist die Schaltspannung eines Diacs?
- 8 Welche Anschlüsse sind bei einem Triac vorhanden?
- 9 Für welche Aufgaben verwendet man den Triac?
- 10 Was versteht man unter dem Vier-Quadranten-Betrieb beim Triac?
- 11 Welche Polaritäten der Spannungen sind zum Zünden eines Triacs im 4. Quadranten notwendig?

¹ Kunstwort aus Diode und alternating current (engl.) = Diode für Wechselstrom



10.1.1.4 Wasserkraftwerke

Wasserkraftwerke teilt man nach ihrer Bauart in

- Laufwasserkraftwerke,
- Speicherkraftwerke,
- Pumpspeicherkraftwerke und
- Gezeitenkraftwerke ein.

Nach der Fallhöhe des Wassers unterscheidet man Niederdruckanlagen (Fallhöhe bis 25 m), Mitteldruckanlagen (25 m bis 100 m) und Hochdruckanlagen (über 100 m). In Niederdruckanlagen verwendet man vorwiegend **Kaplanturbinen**¹ (Bild 1), in Mittel- und in Hochdruckanlagen **Francisturbinen**². Bei Fallhöhen über 400 m baut man Freistrah- oder **Peltonurbinen**³ ein.

Wasserkraftwerke haben einen Wirkungsgrad bis 85%.

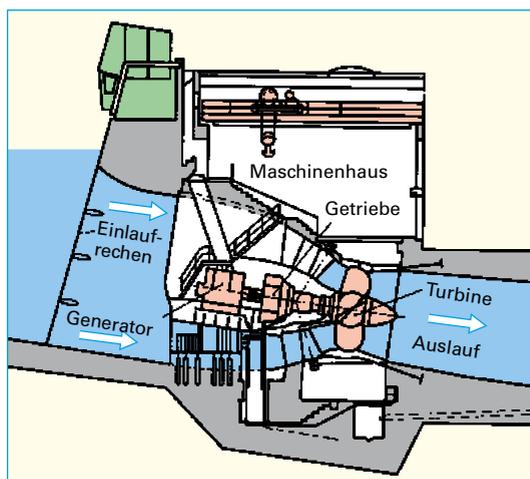


Bild 1: Kaplan-Rohrturbine

Laufwasserkraftwerke werden an Flussläufen oder Kanälen errichtet. Das durch die Wehranlage aufgestaute Wasser wird dem Kraftwerk direkt zugeführt. Bei geringer Fallhöhe werden meist Kaplanurbinen verwendet. Kaplanurbinen können mit senkrechter Welle oder als Rohrturbine (Bild 1) ausgeführt sein. Rohrturbinen sind in Fließrichtung des Wassers angeordnete Turbinen. Der Generator befindet sich in einem von Wasser umströmten Stahlgehäuse, das auf einem Betonsockel steht und von der Maschinenhalle aus zugänglich ist.

Speicherkraftwerke sammeln Regen- oder Schmelzwasser in einer Talsperre oder in einem Speicherbecken. Nach ihrem Volumen unterscheidet man Tages-, Wochen-, Monats- und Jahresspeicher.

Pumpspeicherkraftwerke (Bild 2) erzeugen elektrische Energie, wenn aus dem hochgelegenen Speicherbecken Wasser über die Turbine in das Unterbecken fließt. In Schwachlastzeiten, z.B. in den Nachtstunden, wird das Wasser aus dem Unterbecken wieder in das Speicherbecken hochgepumpt. Jeder Maschinensatz besteht aus Turbine, Maschine (Motor-Generator) und Pumpe (Bild 2). Die Maschine kann wahlweise als Generator oder als Motor arbeiten. Die Turbine ist mit der Maschine durch eine starre Kupplung verbunden. Zwischen Maschine und Pumpe ist zur Kraftübertragung im Motorbetrieb ein Drehmomentwandler eingebaut. Bei Turbinenbetrieb wird die Pumpe entleert und von der Maschine abgekuppelt, um unnötige Verluste zu vermeiden. Beim Übergang zum Pumpbetrieb wird zuerst das Turbinengehäuse durch Pressluft entleert und dann die Pumpe auf Bemessungsdrehzahl gebracht. Haben Pumpe und Maschine gleiche Drehzahl, wird im Drehmomentwandler die starre Kupplung eingerückt.

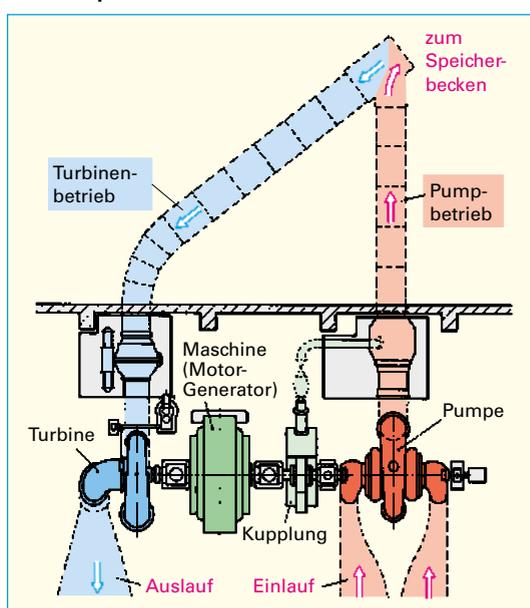


Bild 2: Maschinensatz eines Pumpspeicherkraftwerkes

i In modernen Maschinensätzen bilden Turbine und Pumpe eine Baueinheit.

Pumpspeicherkraftwerke können innerhalb weniger Minuten zwischen Pumpbetrieb und Turbinenbetrieb wechseln. Pumpspeicherkraftwerke decken nur den Spitzenlastbereich ab.

Gezeitenkraftwerke nutzen das durch Ebbe und Flut zu- bzw. abfließende Wasser. In Gezeitenkraftwerken kann elektrische Energie nur wirtschaftlich gewonnen werden, wenn ausgeprägte Gezeiten vorhanden sind, z. B. an der französischen Atlantikküste.

¹ Viktor Kaplan, österreichischer Ingenieur, 1876 bis 1934

³ Lester Allan Pelton, amerikanischer Ingenieur, 1829 bis 1908

² James Francis, amerikanischer Ingenieur, 1815 bis 1892



Entscheidend für die Folgen eines elektrischen Unfalls ist die Höhe des Stromes, der beim Berühren unter Spannung stehender Teile durch den Körper fließt. Aus Erfahrung weiß man, dass schon eine Stromstärke von 50 mA den Tod herbeiführen kann, wenn der Strom über das Herz fließt.

Der durch den Körper fließende Berührungsstrom I_B hängt von der Spannung und vom Widerstand des Körpers ab. Dieser **Körperwiderstand** R_K setzt sich aus dem **Körperinnenwiderstand** R_{Ki} und den **Übergangswiderständen** $R_{ü1}$ und $R_{ü2}$ an der Stromeintrits- und Stromaustrittsstelle zusammen (**Bild**).

Die Übergangswiderstände hängen auch von äußeren Verhältnissen ab. Trockene Haut und trockene Kleidung haben einen großen Widerstand. Bei Feuchtigkeit, z. B. Schweiß oder nassem Fußboden, ist der Übergangswiderstand dagegen gering. Der Übergangswiderstand wird außerdem umso kleiner, je größer die Berührungsfläche ist.

Bei einer Stromstärke von AC 50 mA durch den menschlichen Körper und einem Körperwiderstand R_K , der aus der Ersatzschaltung mit R_{Ki} und $R_{ü}$ zu 1000 Ω angenommen wird, beginnt die gefährliche Berührungsspannung U_B daher bei:

$$U_B = R_K \cdot I_B = 1000 \Omega \cdot 0,05 A = 50 V$$

Berührungsspannung U_B : Seite 355

- Wechselspannungen über 50 V sind lebensgefährlich.
- Gleichspannungen über 120 V sind lebensgefährlich.
- Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hz ist gefährlicher als Gleichstrom, weil es bereits bei dieser Frequenz zum Herzkammerflimmern kommen kann.

Folgen und Auswirkungen eines Stromschlages

Die Wärmewirkung des elektrischen Stromes führt bei großer Stromstärke an der Ein- und Austrittsstelle zu **Verbrennungen**. Dort entstehen die sogenannten **Strommarken**. Dabei kann es durch Lichtbögen bis zum Verkohlen von Körperteilen kommen (Verbrennungen 4. Grades). Die Folgen starker Verbrennungen führen zur Überlastung der Nieren und damit zum Tode.

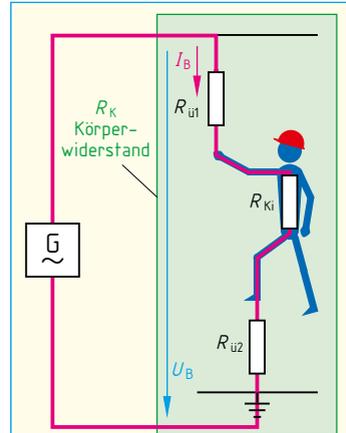
Der Strom kann das Blut elektrolytisch zersetzen, vor allem bei längerer Einwirkdauer. Dadurch kommt es zu schweren **Vergiftungserscheinungen**. Solche Folgeerkrankungen können auch erst nach einigen Tagen auftreten. Um sicherzugehen, sollte man daher bei elektrischen Unfällen auch dann einen Arzt aufsuchen, wenn zunächst keine Anzeichen einer Schädigung vorliegen (**Erste Hilfe, Seite 18**).

Wegen der Unfallgefahr ist das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen verboten!

Bei Betriebsspannungen über 50 V Wechselspannung oder 120 V Gleichspannung sind Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen nur dann gestattet, wenn diese Teile aus wichtigen Gründen nicht spannungsfrei geschaltet werden können. Solche Arbeiten dürfen jedoch nur durch Elektrofachkräfte mit Zusatzausbildung ausgeführt werden, nicht aber durch Auszubildende (DIN VDE 0105).

Achtung!

- Stromstärken ab 50 mA sind lebensgefährlich.
- Die Gefährdung nimmt mit höherer Stromstärke und längerer Einwirkdauer zu.



$R_{ü1}$ Leiter-Körper-Widerstand
 R_{Ki} Körperinnenwiderstand
 $R_{ü2}$ Körper-Leiter-Widerstand
 U_B Berührungsspannung
 I_B Berührungsstrom

$$R_K = R_{ü1} + R_{Ki} + R_{ü2}$$

$$U_B^* = R_K \cdot I_B$$

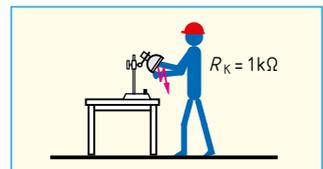
* statt U_B auch U_T

Bild: Körperwiderstand

Beispiel:

Bei der Reparatur einer Lampe berührt eine Person die Netzwechselspannung $U = 230 V$.

- a) Berechnen Sie die Stromstärke I_B , die durch den Körper fließt.
- b) Welche Körperreaktionen sind für den Verunglückten bei einer Einwirkdauer von $t = 0,1 s$ (siehe **Bild, Seite 348**) möglich?



Lösung:

a) $I_B = \frac{U}{R_K} = \frac{230 V}{1 k\Omega} = 230 mA$

b) Atemschwierigkeiten, Muskelverkrampfungen, Muskelkontraktionen, reversible Herzstörungen möglich, meist kein organischer Schaden.



Satellitenprogramme werden in Europa grundsätzlich aus südlicher Richtung empfangen. Bei der Antennenmontage (**Bild 1**) sind der Elevations- und der Azimutwinkel zu beachten. Als **Elevationswinkel** wird der Erhebungswinkel (**Bild 1 und Bild 2**) der Parabolantenne über dem Horizont angegeben. Der **Azimutwinkel** (**Bild 2**) gibt die Satellitenposition in Richtung Süden vom Empfangsort aus gesehen an.

Beispiel:

Am Empfangsort Berlin beträgt für den Satelliten ASTRA der Elevationswinkel $29,9^\circ$ und der Azimutwinkel $172,7^\circ$.

Der **Empfangskopf (LNB)** hat die Aufgabe, die vom Satelliten ankommenden Signale (Frequenz: 10,7 GHz bis 12,75 GHz) in den niedrigen Frequenzbereich von 950 MHz bis 2150 MHz umzusetzen und zu verstärken. Den Frequenzbereich 950 MHz bis 2150 MHz am Ausgang des LNB bezeichnet man als Sat-ZF (Sat-Zwischenfrequenz).

Man unterscheidet nach der Anzahl der Teilnehmer Single-LNB, Twin-LNB, Quad-LNB, Octo-LNB und Quattro-LNB (**Bild 3, Seite 430**).

Satellitenreceiver (Bild 3) wandeln die Signale vom LNB (**Übersicht**) im Frequenzbereich 950 MHz bis 2150 MHz in ein für ein Fernseh- oder Aufzeichnungsgerät auswertbares Signal um.

Man unterscheidet vor allem

- digitale Sat-Receiver mit Single-Tuner und
- digitale Sat-Receiver mit Twin-Tuner.

Receiver können auch eine interne Festplatte haben. Damit können Sendungen gespeichert und z. B. über eine USB-Schnittstelle auf einen PC übertragen werden. Bei Twin-Receiver können zeitgleich zwei Sendungen aufgenommen oder angesehen werden. Zur Übertragung digitaler Fernsehsignale vom Satellitenreceiver zum Fernsehgerät wird eine HDMI¹-Buchse (**Bild 3 und Seite 433**) benötigt.

Satelliten, z. B. ASTRA, senden zwei Frequenzbereiche aus. Man unterscheidet das Low-Band, 10,7 GHz bis 11,7 GHz, und das High-Band, 11,7 GHz bis 12,75 GHz. Je nachdem welches Band empfangen werden soll, schaltet ein 22-kHz-Signal des Satellitenreceivers den gewünschten Empfangsbereich ein. Um möglichst viele Sender innerhalb der Sendefrequenz unterzubringen, werden die Sendesignale in eine vertikale und eine horizontale Polarisationsebene aufgeteilt. Die Umschaltung der beiden Ebenen erfolgt über die 14/18-V-LNB-Versorgungsspannung aus dem Satellitenreceiver.

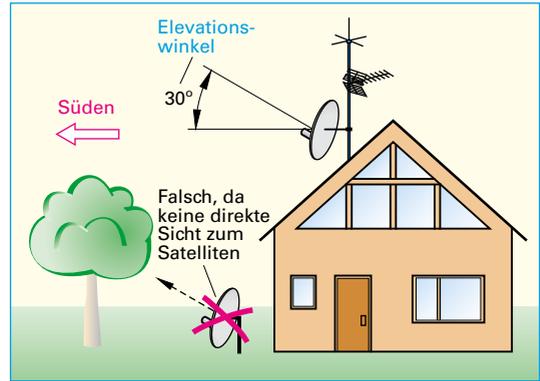


Bild 1: Montage der Parabolantenne

www.kathrein-ds.com/produkte/sat-empfang

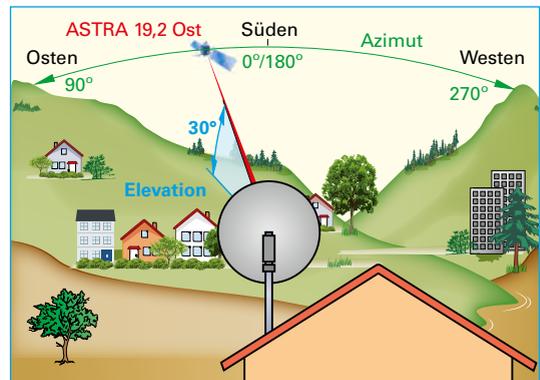


Bild 2: Einstellung von Azimut- und Elevationswinkel

Übersicht: Universal-LNB mit einem Ausgang für Einzelanlagen



- Eingangsfrequenz 10,70 GHz bis 12,75 GHz
- Für digitale Satellitensignale
- Polarisations Ebenen umschaltbar: vertikal (14-V-Signal) und horizontal (18-V-Signal)
- Low- und High-Frequenzband, umschaltbar mit 0-kHz-Signal/22-kHz-Signal
- Verstärkung: > 50 dB
- Versorgungsspannung (11,5V bis 19V) vom Satellitenreceiver über das Koaxialkabel
- Stromaufnahme: < 150 mA



Bild 3: Satellitenreceiver: Vorder- und Rückansicht

¹ HDMI, Abk. für: High Definition Multimedia Interface (engl.) = hochauflösende Multimedia-Schnittstelle

13.2.1.7 Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen

Für die verschiedenen Anwendungen von Motoren sind unterschiedliche **Bauformen** und **Baugrößen** erforderlich. Die Bauformen und Baugrößen von Motoren sind genormt nach DIN EN 60034-7. Man bezeichnet solche Motoren als **Normmotoren**.

Bei den Bauformen (**Tabelle 1**) unterscheidet man Motoren mit Fuß- oder/und Flanschbefestigung. Sie haben als Kurzzeichen nach IM¹ einen Buchstaben mit anschließender Ziffer, z. B. IM B3 (Code I) oder vier Ziffern, z. B. IM 1001 (Code II) für einen Motor mit Fußbefestigung.

Die Bauform bestimmt die Befestigung, die Lageranordnung und die Wellenausführung drehender elektrischer Maschinen.

Maßgeblich für die Abmessungen der Motoren ist die Baugröße. Die Baugröße kennzeichnet die **Baulänge** und die **Achshöhe**. Die Bezeichnungen S (short), M (middle) oder L (large) beziehen sich auf die Länge der Motoren. Die in der Baugröße angegebenen Ziffern geben die Achshöhe an (**Bild**). Dies ist das Maß von der Aufspannebene (bei Fußmotoren) bis zur Wellenmitte in mm. Die Normreihe umfasst die Baugrößen 56 bis 450.

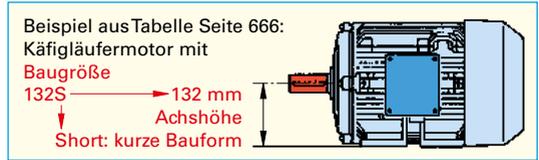


Bild 1: Achshöhe eines Motors mit Fußbefestigung

Motoren gleicher Bauform haben gleiche Abmessungen und gleiche Bemessungswerte. Durch die Verwendung von Normmotoren ist für einen bestimmten Anwendungsfall sichergestellt, dass man Motoren verschiedener Hersteller verwenden kann.

Tabelle 1: Bauformen elektrischer Maschinen (Auswahl nach DIN EN 60034-7)

IEC Code I Code II	Bauform	Merkmale
IM B3 IM 1001		Zwei Schildlager, ein freies Wellenende, Befestigungsfüße für stehende Befestigung.
IM V1 IM 3011		Zwei Schildlager, Befestigungsflansch, Flansch und freie Welle unten.

13.2.1.8 Elektrische Isolierung

Die beim Betrieb auftretenden Verluste führen zur Erwärmung der elektrischen Maschine. Zu hohe Erwärmung zerstört die Isolation und macht die Maschine unbrauchbar.

Thermische Klassifikation (Isolierstoffklassen). Im Betrieb erhöht sich die Temperatur in Wicklungen und anderen Maschinenteilen, bis ein Gleichgewicht zwischen Verlustwärme und abgeführter Wärme entsteht. Dabei darf die höchstens zulässige Gebrauchstemperatur, für die das Isoliermaterial geeignet ist, nicht überschritten werden (**Tabelle 2**). Die zulässige Temperaturzunahme wird als **Grenzübertemperatur** bezeichnet. Sie wird als Übertemperatur über der Temperatur des Kühlmittels, bei Luftkühlung einer Raumtemperatur von 40 °C abzüglich eines Sicherheitsabstandes von 10 K angegeben. Bei elektrischen Maschinen sind für eine maximale Umgebungstemperatur von 40 °C bei den meisten Wicklungen Grenzübertemperaturen von 75 K bis 100 K zulässig. Glimmer, Silikat-Fiber und Glaserzeugnisse, ebenso Silikone, lassen z. T. eine Grenzübertemperatur von 125 K zu.

Tabelle 2: Thermische Klassifikation von Isoliermaterialien (Auswahl nach DIN EN 60085)

Thermische Klasse °C	Buchstabenbezeichnung*	Isolierstoffe Beispiele
120	E	Hartpapier, Hartgewebe, ausgehärtete Pressmassen
130	B	Glasfaserprodukte, Silikat-Fiber, Glimmer mit Bindemitteln
155	F	Glasfaser, Glimmer mit Kunstharz getränkt
180	H	Silikone, Glimmer, Glas

* Falls gewünscht, kann die Buchstabenbezeichnung in Klammern hinzugefügt werden, z. B. 180 (H).

Auswahl eines Elektromotors:
Seiten 503 und 504

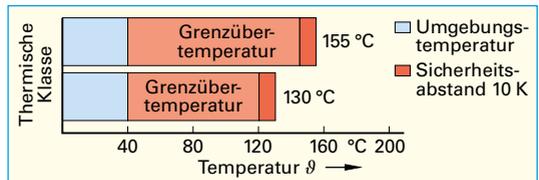


Bild 2: Grenzübertemperatur (Auswahl)

¹ IM, Abk. für: International Mounting (engl.) = internationale Montage



17.6.3 TQM-Methode

Die TQM-Führungsmethode ist kein fertiges Konzept des Qualitätsmanagements, sondern ein Leitbild, das die Ausrichtung des Unternehmens vorgibt.

Für ein Unternehmen kann TQM als umfassende Qualitätsstrategie begriffen werden:

- **Total.** Alle Beteiligten werden im Prozess erfasst, vom Mitarbeiter, Lieferanten bis hin zum Kunden.
- **Quality.** Alle Unternehmensaktivitäten haben eine qualitätsorientierte Ausrichtung.
- **Management.** Zur Erfüllung des Qualitätsziels müssen von der Unternehmensleitung organisatorische, personelle und technische Rahmenbedingungen geschaffen werden (Bild 1).

Übersicht: Grundideen von TQM

- Prozessorientierung,
- Kundenorientierung,
- Mitarbeiterorientierung und
- Kontinuierliche Verbesserung.

Prozessorientierung. Es werden die zur Leistungserbringung notwendigen Prozesse, z.B. Qualitätsverbesserung, beschrieben. Ziel, Verantwortlichkeit und Mittel sind dabei anzugeben. Qualitätsmängel werden nicht dem Mitarbeiter zur Last gelegt. Stattdessen wird der Prozess dann entsprechend verändert. Arbeitsabläufe werden somit nach dem Prozess und nicht nach einer speziellen Funktion verteilt.

Kundenorientierung. Die Unternehmensprozesse haben sich an den Erwartungen und den Wünschen der Kunden zu orientieren.

Mitarbeiterorientierung. Jeder einzelne Mitarbeiter hat ein bedeutendes Problemlöse- und Kreativitätspotenzial und bewirkt damit positive Arbeitsergebnisse. Mitarbeiter müssen sich weiterentwickeln können, ihre Leistungen sollen anerkannt werden.

In **Qualitätszirkeln** besprechen Mitarbeiter in ihrem Arbeitsbereich auftretende Probleme freiwillig und selbstständig während der Arbeitszeit.

Die Umsetzung der Lösungen erfolgt nach Genehmigung des Entscheidungsträgers eigenverantwortlich durch die Gruppe.

Kontinuierliche Verbesserung. Alle Prozesse im Unternehmen werden ständig auf Verbesserungsmöglichkeiten hin untersucht. Die Japaner nennen diesen Prozess Kaizen¹.

Der Deming²-Zyklus beschreibt die vier Phasen (Bild 2) eines **Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP)**.

¹ Kai (jap.) = Veränderung, Zen (jap.) = zur Verbesserung
² Deming, amerikanischer Wirtschaftswissenschaftler

TQM = Total Quality Management

TQM ist die Führungsmethode einer Organisation, z.B. eines Unternehmens, bei der Qualität in den Mittelpunkt gestellt wird, die auf der Mitwirkung aller ihrer Mitglieder beruht und die auf langfristigen Erfolg durch Zufriedenstellung der Abnehmer (Kunden) und auf den Nutzen für die Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt.

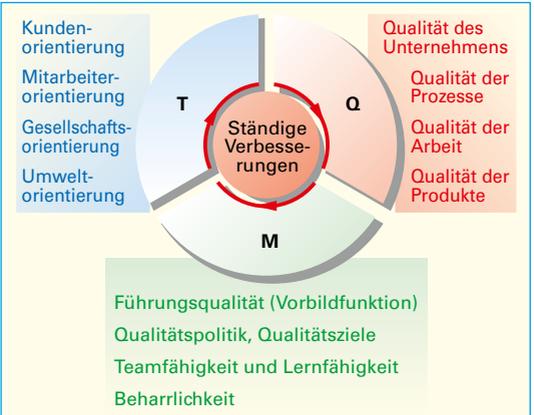


Bild 1: Total Quality Management

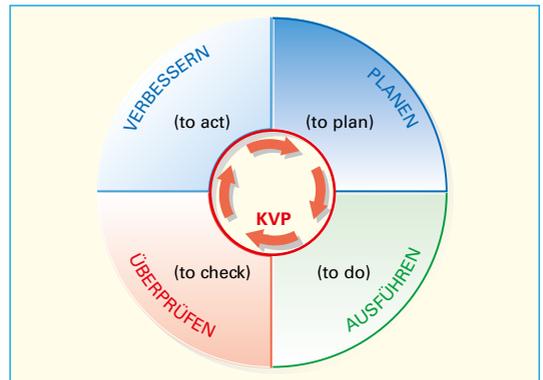


Bild 2: Phasen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses

- **Planen (to plan).** Ein Verbesserungsplan wird entwickelt, Änderungen werden definiert und Überprüfungskriterien festgelegt.
- **Ausführen (to do).** Der Verbesserungsplan wird ausgeführt.
- **Überprüfen (to check).** Der Nutzen des Verbesserungsplanes wird überprüft. Falls er bessere Ergebnisse bringt, wird er zum neuen Standard erhoben, bei auftretenden Fehlern werden die Ursachen gesucht.
- **Verbessern (to act).** Die gewonnenen Erfahrungen fließen in den Gesamtprozess zur Qualitätssteigerung mit ein.