



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
Düsselberger 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	Tettnang
Tkotz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Klaus Tkotz

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@europla-lehrmittel.de davon in Kenntnis zu setzen, damit wir beim Nachdruck dieses Buches den entsprechenden Link entfernen können.

33. Auflage 2022, korrigierter Nachdruck 2023

Druck 5 4 3 2

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.europla-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

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

Umschlagidee: Klaus Tkotz

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

Wegweiser zur Fachkunde Elektrotechnik

Allgemeines

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

Kapitelnummer
und Symbole

Elektrotechnik

Inhaltsverzeichnis (Kurzform)

1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	15
2 Grundbegriffe der Elektrotechnik	21
3 Grundschaltungen 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	661
• Schaltzeichen	662
• Elektrotechnische u. allg. Symbole, Prüfzeichen	668
• Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung)	670
• Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien)	671
• Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte)	672
• Leitungen (Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren)	673
• Drehstrommotoren (Betriebsdaten)	674
• Dioden, Transistoren, Thyristor, Triac (Kennlinien)	675
• Wichtige Abkürzungen	678
• Fachbegriffe Englisch – Deutsch	680

Praxistipps (Auswahl)

• Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	180
• Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	181
• Messen mit dem Oszilloskop	184
• Auslegung, Dimensionierung einer Photovoltaikanlage	287
• Farbkennzeichnung von Leitern	315
• Verlegen von Leitungen	318
• Beispiel einer Leitungsberechnung	332
• Prüfung elektrischer Anlagen	382
• Multimediaverkabelung, vernetztes Haus	438, 452
• Anschluss eines Elektromotors, Auswahl	501, 503
• Auswahl eines PC-Mainboard	539
• Installation eines lokalen Computernetzwerkes	550
• Existenzgründung	658

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 Photovoltaik.

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



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

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

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	

1	 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz 15	4	 Elektrisches Feld 71
1.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz 15	4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes 71
1.2	Produktsicherheitsgesetz 15	4.2	Grundbegriffe 72
1.3	Gefahrstoffverordnung 16	4.2.1	Elektrische Feldstärke 72
1.4	Sicherheitszeichen 17	4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisierung 72
1.5	Erste Hilfe 18	4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis 73
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung 19	4.3	Kondensator im Gleichstromkreis 74
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Arbeitsschutz 20	4.3.1	Verhalten eines Kondensators 74
2	 Grundbegriffe der Elektrotechnik 21	4.3.2	Kapazität eines Kondensators 74
2.1	Umgang mit physikalischen Größen 21	4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren 76
2.2	Arten von Stromkreisen 23	4.3.4	Energie des geladenen Kondensators 77
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge) 26	4.4	Schaltungen von Kondensatoren 78
2.4	Elektrische Spannung 28	4.4.1	Parallelschaltung 78
2.4.1	Spannungserzeugung 28	4.4.2	Reihenschaltung 78
2.4.2	Spannung am Verbraucher 28	4.5	Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren 79
2.4.3	Potenziale in elektrischen Schaltungen 28	4.5.1	Kenngrößen 79
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung 29	4.5.2	Bauarten 79
2.4.5	Messen elektrischer Spannung 30		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrisches Feld 81
2.5	Elektrischer Strom 31	5	 Magnetisches Feld 82
2.5.1	Elektrischer Strom in Metallen 32	5.1	Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen 82
2.5.2	Messen elektrischer Stromstärke 32	5.2	Elektromagnetismus 84
2.5.3	Wirkungen des elektrischen Stromes 33	5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld 84
2.5.4	Stromarten 34	5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld 85
2.5.5	Stromdichte 35	5.3	Magnetische Größen 86
2.6	Elektrischer Widerstand und Leitwert 36	5.3.1	Magnetischer Fluss Φ 86
2.7	Ohmsches Gesetz 37	5.3.2	Elektrische Durchflutung Θ 86
2.8	Leiterwiderstand 38	5.3.3	Magnetische Feldstärke H 86
2.9	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes 39	5.3.4	Magnetische Flussdichte B 87
2.10	Bauarten von Widerständen 40	5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule 87
2.11	Elektrische Energie und Arbeit 42	5.5	Strom und Magnetfeld 90
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie 42	5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld 90
2.11.2	Elektrische Arbeit 43	5.5.2	Stromdurchflossene parallele Leiter 92
2.12	Elektrische Leistung 44	5.5.3	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld 92
2.13	Wirkungsgrad 46	5.6	Spannungsgerzeugung durch Induktion 93
2.14	Elektrowärme 47	5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung) 93
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundbegriffe der Elektrotechnik 48	5.6.2	Lenzsche Regel 94
3	 Grundschaltungen der Elektrotechnik .. 49	5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe) 95
3.1	Reihenschaltung 49	5.6.4	Selbstinduktion 97
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung 49	5.6.5	Wirbelströme 98
3.1.2	Vorwiderstände 51		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Magnetisches Feld 99
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen 52	6	 Schaltungstechnik 100
3.2	Parallelschaltung 53	6.1	Schaltungsunterlagen 100
3.3	Gemischte Schaltungen 55		Praxistipp: Installation einer Wechselspannung mit Steckdose 102
3.3.1	Spannungsteiler 55	6.2	Installationsschaltungen 103
3.3.2	Brückenschaltung 57	6.2.1	Lampenschaltungen 103
3.3.2.1	Abgeglichene Brückenschaltung 57	6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten 105
3.3.2.2	Nicht abgeglichene Brückenschaltung 58	6.2.3	Stromstoßschaltung 106
3.3.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung 59	6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder 106
3.4	Spannungsquelle 60	6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung 107
3.4.1	Belastungsfälle einer Spannungsquelle 60	6.2.6	Hausrufanlagen 107
3.4.2	Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle 61	6.2.7	Hausprechanlagen 108
3.4.3	Anpassung 61	6.3	Elektromagnetische Schalter 110
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen 63	6.3.1	Relais 111
3.5	Galvanische Elemente 64	6.3.2	Schütze 113
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie 64	6.3.3	Schützschaltungen 114
3.5.2	Brennstoffzellen 64	6.4	Klemmenplan bei elektrischen Steuerungen 120
3.5.3	Grundbegriffe zu Primär- und Sekundärbatterien 65	6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen 121
3.5.4	Batterien (Primärbatterien) 66		Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen 122
3.5.5	Akkumulatoren (Sekundärbatterien) 67		Praxistipp: Anforderungen an Steuerstromkreise 124
3.5.5.1	Arten von Akkumulatoren 67		Praxistipp: Stromlaufplan und Aufbau einer Stern-Dreieck-Schaltung 125
3.5.5.2	Laden von Akkumulatoren 69		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schaltungstechnik 126
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundschaltungen 70		

7	 Wechselstromtechnik	127
7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	127
7.1.1	Periode und Scheitelwert	127
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	127
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	128
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	129
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	129
7.2.2	Kreisfrequenz	130
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	130
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	131
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	132
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	133
7.2.7	Phasenverschiebung	134
7.2.8	Wirkwiderstand	134
7.2.9	Scheinwiderstand	134
7.3	Spule im Wechselstromkreis	135
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	135
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	136
7.3.3	Spannungsdreieck	137
7.3.4	Widerstandsdrückeck	138
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule	138
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	139
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck	139
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis	140
7.4.1	Wirkleistung	140
7.4.2	Blindleistung	140
7.4.3	Scheinleistung	141
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung	142
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindfaktor	143
7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	143
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	144
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	144
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	145
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	146
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	147
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand	148
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	148
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	149
7.7	Schwingkreise	150
7.7.1	Resonanz	151
7.7.2	Reihenschwingkreis	151
7.7.3	Parallelschwingkreis	152
7.8	Siebschaltungen	154
7.8.1	RL-Tiefpass	154
7.8.2	RL-Hochpass	154
7.8.3	RC-Tiefpass	155
7.8.4	RC-Hochpass	155
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	156
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	156
7.9.2	Vertkettung	156
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y)	158
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ)	160
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen	161
7.9.6	Leistungen in Drehstromsystemen	162
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstromsystemen	163
7.10	Kompensation	164
7.10.1	Kompensationsarten	165
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	166
7.10.3	Tonfrequenzsperrkreise	166
7.10.4	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen	167
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik	168
8	 Messtechnik	169
8.1	Elektrische Messgeräte	169
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	169
8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	170
8.1.3	Analoge Messgeräte	170
8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten	171
8.1.3.2	Elektrische Messwerke	172
8.1.4	Digitale Messgeräte	173
8.1.5	PC-Messtechnik	175
8.1.6	Elektrizitätszähler	176
8.1.6.1	Induktionszähler	176
8.1.6.2	Elektronische Elektrizitätszähler	177
8.2	Praktisches Messen	178
8.2.1	Messen von Leistungen	178
8.2.2	Messen von Widerständen	178
8.2.3	Messen mit Strommesszangen	179
8.2.4	Messkategorien	179
	Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	180
	Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	181
8.3	Oszilloskop	182
8.3.1	Analog-Oszilloskop	182
8.3.2	Digital-Oszilloskop	183
	Praxistipp: Messen mit einem Digital-Oszilloskop	184
	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	185
8.4	Messen nichtelektrischer Größen mit Sensoren	186
8.4.1	Aktive und passive Sensoren	186
8.4.2	Anwendungen von Sensoren	187
8.4.2.1	Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	187
8.4.2.2	Sensoren zur Messung von Dehnung, Kraft, Druck und Drehmoment	189
8.4.2.3	Sensoren zur Messung von Temperaturen	190
8.4.3	Näherungsschalter	191
8.4.3.1	Optische Näherungsschalter	191
8.4.3.2	Induktive Näherungsschalter	191
8.4.3.3	Kapazitive Näherungsschalter	192
8.4.3.4	Ausführung von Näherungsschaltern	192
8.4.4	RFID-Technologie	193
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Messtechnik	194
9	 Elektronik	195
9.1	Halbleiterwerkstoffe	195
9.2	Halbleiterwiderstände	197
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	197
9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	198
9.2.3	Kalteleiter (PTC-Widerstände)	199
9.3	Magnetfeldabhängige Sensorelemente	201
9.4	Halbleiterdioden	202
9.4.1	Wirkungsweise	202
9.4.2	Leistungsdioden	202
9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	203
9.4.4	Halbleiter kennzeichnung	204
9.4.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen	205
9.5	Transistoren	206
9.5.1	Bipolare Transistoren	206
9.5.1.1	Transistoren in der Praxis	208
9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	209
9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	210
9.5.1.4	Transistor als Schalter	211
9.5.1.5	Kippschaltungen	213
9.5.1.6	Verstärkerschaltungen	215
9.5.2	Feldeffekttransistoren (FET)	217
9.6	Optoelektronik	220
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	Wärkraftwerke	278
10.1.1.2	Umweltschutz in Wärkraftwerken	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 Energiemanagements-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	Schutzzpotenzialausgleich über die Hauptdungsschiene	301
10.1.5.5	Hauptstromversorgungssysteme	302
	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediateiler	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
	Isolierte Leitungen	312
	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern	315
	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	316
	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen	316
	Datenleitungen	317
	Praxistipp: Verlegen von Leitungen	319
10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	320
	Schutzschalter	323
	Thermischer Auslöser	323
	Elektromagnetischer Auslöser	323
	Leitungsschutzschalter	324
	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	324
	Brandschutzschalter (AFDD)	325
	Leistungsschalter	326
	Motorschutzeinrichtungen	326
10.4	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	329
	Spannungsfall an Leitungen	330
	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	331
	Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung	332
	Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen	333
10.5	Räume und Anlagen besonderer Art	335
	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	335
	Sauna-Anlagen	337
	Baustellen	337
	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	338
	Feuergefährdete Betriebsstätten	339
	Explosionsgefährdete Bereiche	341
	Medizinisch genutzte Bereiche	342
	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge	343
	Ladestationen	343
	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	Spannungen 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 Basischutz	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	Schutzworkehrungen 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 Schutzzopotenzialausgleichsleiter	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 Aufladung ..	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 Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung	411
12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrreinigung	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: Multimediarakabelung im Wohnbereich ..	438
12.4	All-IP-Technik	439
12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	439
12.4.2	Anschlusstechnik	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	Gebäudeleitechnik	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

Inhaltsverzeichnis

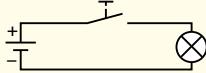
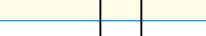
12.6	Gefahrenmeldeanlagen	455	13.2.5.3	Schrittmotor	511
12.6.1	Allgemeine Festlegungen	455	13.2.6	Synchrongenerator	514
12.6.2	Brandmeldeanlagen	456	13.2.7	Stromwendermotoren	516
12.6.3	Einbruchmeldeanlagen	458	13.2.7.1	Aufbau von Gleichstrommotoren	516
12.6.4	Überfallmeldeanlagen	460	13.2.7.2	Wirkungsweise	517
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	461	13.2.7.3	Ankerquerfeld und Ankerrückwirkung	518
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern	462	13.2.7.4	Anschlussbezeichnungen	519
12.7	Blitzschutz	463	13.2.7.5	Arten von Gleichstrommotoren	520
12.7.1	Entstehung der Gewitterzelle	463	13.2.7.6	Anlassen von Gleichstrommotoren	522
12.7.2	Wirkungen des Blitzstromes	463	13.2.7.7	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	523
12.7.3	Blitzschutzesysteme	463	13.2.7.8	Universalmotor	524
12.7.3.1	Äußerer Blitzschutz	464	13.2.8	Servomotoren	525
12.7.3.2	Innerer Blitzschutz	465	13.2.8.1	Gleichstromservomotor	526
12.7.3.3	Trennungsabstand	466	13.2.8.2	Drehstromservomotor	526
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Gebäudetechnik	468	13.2.9	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	529
				Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Maschinen	530
13	 Elektrische Maschinen	469	14	 Informationstechnik	531
13.1	Transformatoren	470	14.1	Bereiche der Informationstechnik	531
13.1.1	Einphasentransformatoren	470	14.2	Computer, Programme und Peripherie	532
13.1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	470	14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	532
13.1.1.2	Leerlaufspannung	470	14.2.2	Hardware, Software und Firmware	533
13.1.1.3	Übersetzungen	471	14.2.3	Computersystem	533
13.1.1.4	Betriebsverhalten im Leerlauf	472	14.3	Mikrocomputer	534
13.1.1.5	Betriebsverhalten bei Belastung	472	14.4	Personal Computer (PC)	535
13.1.1.6	Betriebsverhalten bei Kurzschluss	473	14.4.1	Komponenten eines PC	535
13.1.1.7	Kurzschlussstrom und Einschaltstrom	474	14.4.2	Mikroprozessor (CPU)	536
13.1.1.8	Wirkungsgrad von Transformatoren	475	14.4.3	Halbleiterspeicher	537
13.1.2	Kleintransformatoren	476	14.4.4	Buskommunikation	538
13.1.2.1	Aufbau	476	14.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	538
13.1.2.2	Arten von Kleintransformatoren	477	14.5	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	539
13.1.2.3	Prüfspannungen bei Kleintransformatoren	478		Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	540
13.1.3	Sondertransformatoren	479	14.5.1	Geräte zur Eingabe	540
13.1.3.1	Spartransformatoren	479	14.5.2	Geräte zur Ausgabe	540
13.1.3.2	Streufeldtransformatoren	480	14.5.2.1	Drucker	540
13.1.4	Messwandler	480	14.5.2.2	Farbmonitore	541
13.1.4.1	Spannungswandler	480	14.5.3	Peripherie Geräte zur Datenspeicherung	542
13.1.4.2	Stromwandler	481	14.6	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	543
13.1.5	Drehstromtransformatoren	482	14.6.1	Software	544
13.1.5.1	Aufbau und Prinzip	482	14.6.2	Systemprogramme	544
13.1.5.2	Schaltungen	483	14.7	Anwendungsprogramme	545
13.1.5.3	Unsymmetrische Belastung	485	14.7	Vernetzung von Computern	546
13.1.5.4	Gebräuchliche Schaltgruppen	486	14.7.1	Netzwerktopologien	546
13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren	487	14.7.2	Netzwerkdienste	546
13.2	Rotierende elektrische Maschinen	488	14.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	547
13.2.1	Grundlagen	488	14.7.4	Netzwerkprotokoll	548
13.2.1.1	Leistung und Drehmoment	488	14.7.5	Globales Netzwerk Internet	549
13.2.1.2	Aufbau umlaufender Maschinen	489	14.8	Praxistipp: Installation eines lokalen Computernetzwerkes	550
13.2.1.3	Leistungsschild	489		Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	553
13.2.1.4	Drehsinn	489	14.9	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	554
13.2.1.5	Betriebsarten elektrischer Maschinen	490		Schädliche Programme (Malware)	554
13.2.1.6	Kühlung elektrischer Maschinen	491		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik	555
13.2.1.7	Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen	492	15	 Automatisierungstechnik	556
13.2.1.8	Elektrische Isolierung	492	15.1	Industrie 4.0	556
13.2.2	Drehstromsynchrommotoren	493	15.2	Steuerungstechnik	557
13.2.2.1	Entstehung des Drehfeldes	493	15.2.1	Steuern	557
13.2.2.2	Kurzschlussläufermotor	494	15.2.1.1	Fachbegriffe der Steuerungstechnik	557
13.2.2.3	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren	497	15.2.1.2	Steuerungsarten	558
13.2.2.4	Schleifringläufermotor	499	15.3	Kleinsteuergeräte	560
13.2.2.5	Polumschaltbare Motoren	500	15.4	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	562
	Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors	501	15.4.1	Aufbau	562
	Formelübersicht zum Drehstrom-		15.4.2	Programmiersprachen	563
	Asynchronmotor	502	15.4.3	Arbeitsweise einer SPS	563
	Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors	503	15.4.4	Bausteinstruktur in STEP 7	565
13.2.2.6	Bremsbetrieb von Drehstromsynchrommotoren	505			
13.2.2.7	Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschatzung)	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			

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 (PLC1-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	Instanzdatenbaustein 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 Schrittmerkern	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	Prozesseitsystem	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	Verbbindungen (Fügen)	618
16.2.1.1	Lösbare Verbbindungen in der Elektrotechnik	618
16.2.1.2	Unlösbare Verbbindungen 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	
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 von Dienstleistungen	652
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	653
17.5.4	Rechnungsstellung	654
17.6	Qualitätsmanagement	655
17.6.1	Ziel des Qualitätsmanagements	655
17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	655
17.6.3	TQM-Methode	656
17.6.4	Qualitätswerzeuge	657
	Praxistipp: Existenzgründung	
	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	
	Hinterne Innenumschlagseite:	
	Arbeitssicherheit und Unfallverhütung	

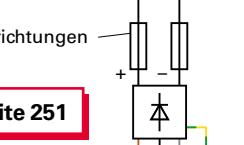
2.2 Arten von Stromkreisen

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	



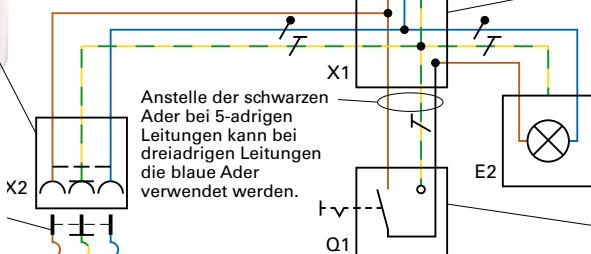
Drehstrommotor

- Motoren: Seite 488
• Schaltzeichen: Seite 662

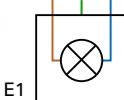


Schutzkontakteckdose

Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter	L*	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	



Schutzkontakteckstecker

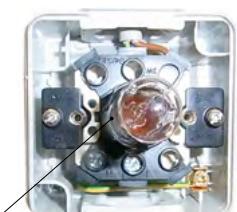


E1

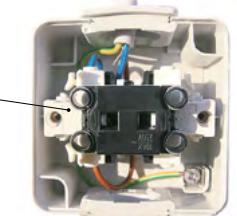
- Installationsschaltungen: Seite 103
• Farbkennzeichnung von Leitern: Seite 312
• Leitungsverlegung: Seite 318



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.

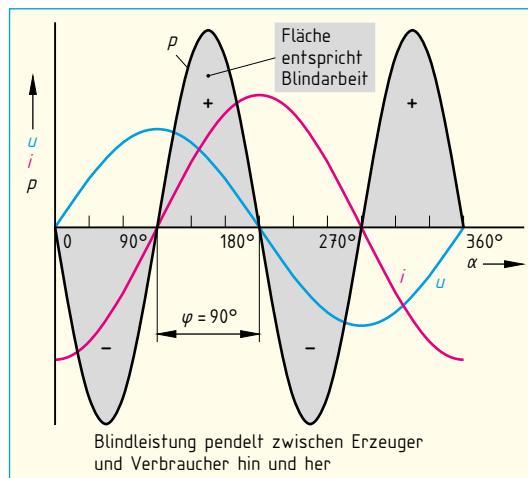


Bild 1: Induktive Blindleistung

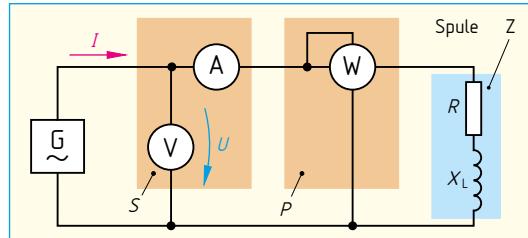


Bild 2: Ermittlung der Wirkleistung und Scheinleistung an einer Spule

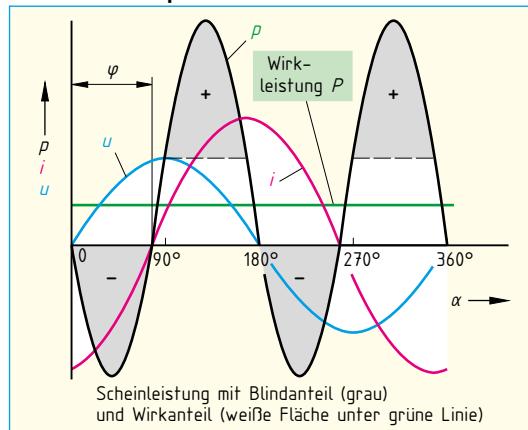


Bild 3: Wirkleistung P (Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 80^\circ$)

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

7.4.3 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.



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 Netzzspannung führen (**Bild 1, Seite 311**). Diese Verzerrung entsteht aus einer Überlagerung verschiedener sinusförmiger Spannungen unterschiedlicher Frequenz. Im 50-Hz-Netz sind das die Grundschwingung von 50 Hz und Oberschwingungen mit einem ganzzahligen Vielfachen der Grundschwingung. 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 Netzzspannung,
- 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:

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

Übersicht: Verbraucherarten (Beispiele)

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

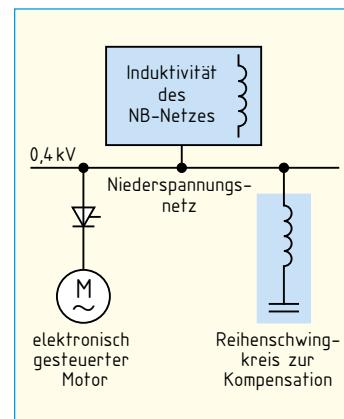


Bild 1: Kompensation einer Stromrichterschaltung (Prinzip)

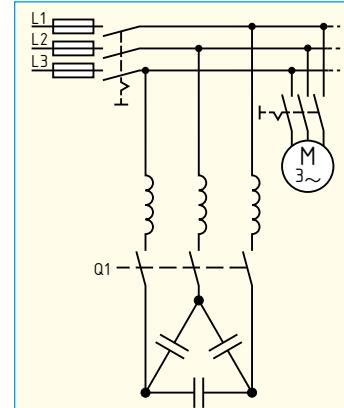


Bild 2: Verdrosselte Kondensatoren

Verdrosselungsfaktor

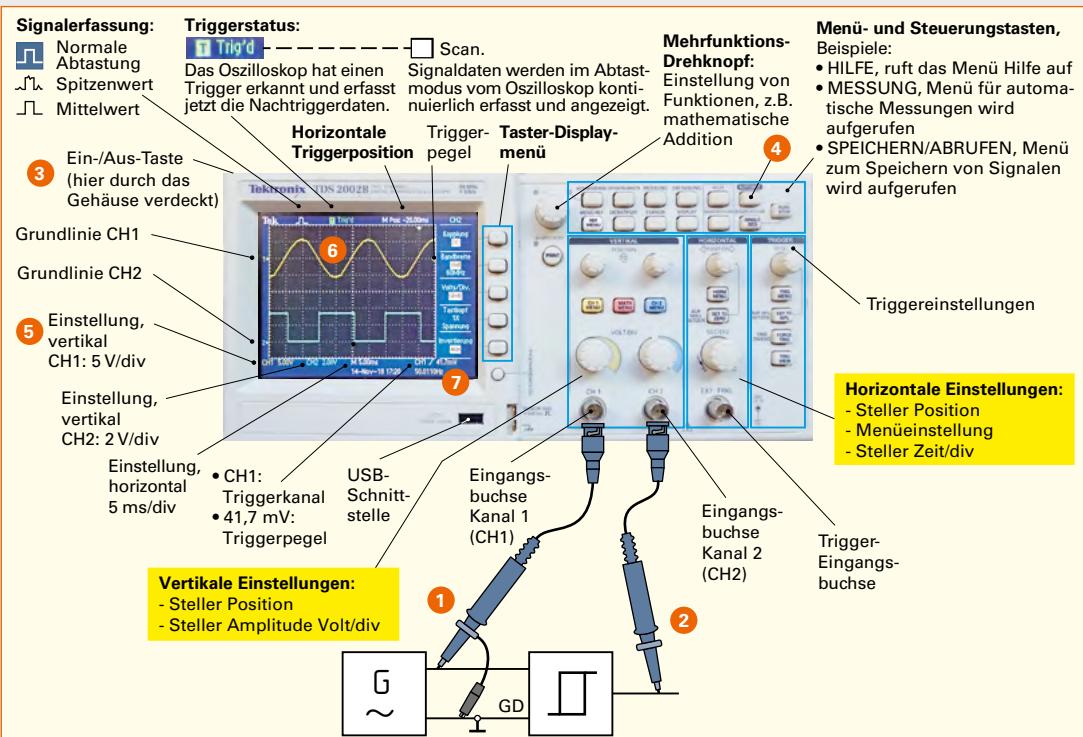
$$p = \frac{X_L}{X_C}; \quad f_r = f_n \cdot \sqrt{\frac{1}{p}}$$

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



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

- 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 (Taststeiler), z.B. 10 : 1, beträgt der Eingangswiderstand etwa $10 \text{ M}\Omega$. 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. Taststeiler haben meist einen Schalter zum Umschalten des Teilverhältnisses zwischen 1 : 1 und 10 : 1.
- Tastkopf 2 an die Eingangsbuchse Kanal 2 (CH2) und an das Ausgangssignal anschließen.
- Das Oszilloskop mit der „Ein-Aus-Taste“ einschalten.
- 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 so ein, dass eine brauchbare Anzeige des Eingangssignals auf dem Bildschirm erscheint.

b) Bestimmen der Spannung U

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

c) Ermitteln der Frequenz f

- 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).

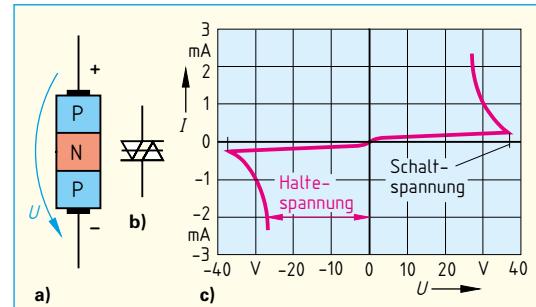


Bild 1: a) Aufbau, b) Schaltzeichen und c) Kennlinie einer Dreischichtdiode (Diac)

i Arten von Diacs

Diacs sind Mehrschicht-Halbleiter und werden auch als Zweiwirkungsdioden 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

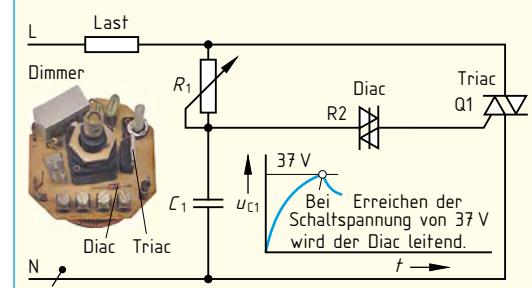


Bild 2: Ansteuern eines Triacs mit einem Diac (Prinzip)

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 **Kaplanturbinen¹** (Bild 1), in Mittel- und in Hochdruckanlagen **Francisturbinen²**. Bei Fallhöhen über 400 m baut man Freistrahl- oder **Peltonturbinen³** ein.

Wasserkraftwerke haben einen Wirkungsgrad bis 85%.

Laufwasserkraftwerke werden an Flussläufen oder Kanälen errichtet. Das durch die Wehranlage aufgestaute Wasser wird dem Kraftwerk direkt zugeführt. Bei geringer Fallhöhe werden meist Kaplanturbinen verwendet. Kaplanturbinen 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.

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

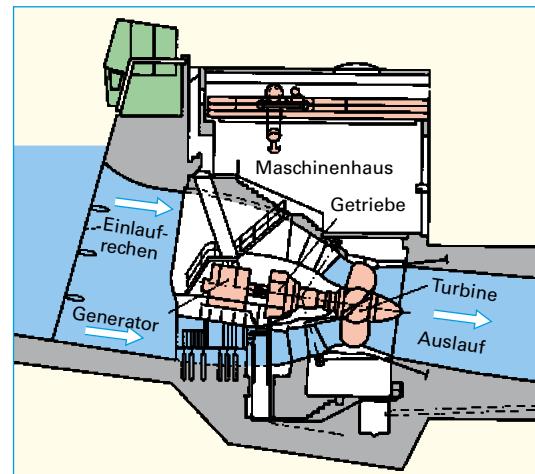


Bild 1: Kaplan-Rohrturbine

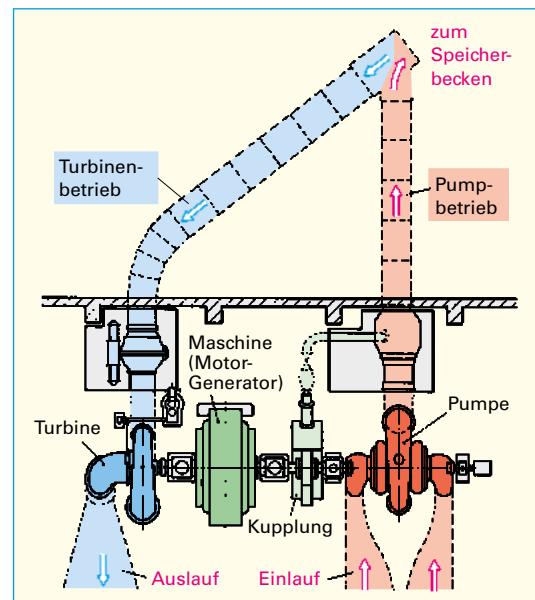


Bild 2: Maschinensatz eines Pumpspeicherkraftwerkes

i In modernen Maschinensätzen bilden Turbine und Pumpe eine Baueinheit.

² James Francis, amerikanischer Ingenieur, 1815 bis 1892



Körperwiderstand, Auswirkungen eines Stromschlags

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 Stromeintritts- 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 nasser 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 $R_{ü1}$ zu 1000 Ω angenommen wird, beginnt die gefährliche Berührungsspannung U_B daher bei:

$$\begin{aligned} U_B &= R_K \cdot I_B \\ &= 1000 \Omega \cdot 0,05 \text{ A} \\ &= 50 \text{ V} \end{aligned}$$

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 Stromschlags

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 langer Einwirkdauer. Dadurch kommt es zu schweren **Vergiftungsercheinungen**. 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**).



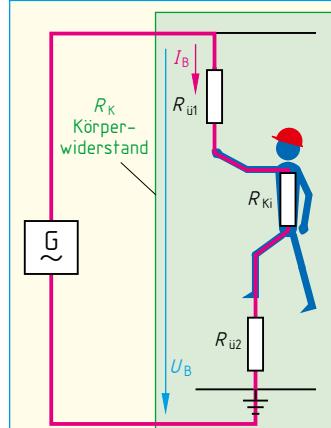
Wegen der Unfallgefahr ist das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen verboten!

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

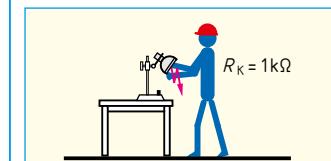
Bild: Körperwiderstand

Beispiel:

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

a) Berechnen Sie die Stromstärke I_B , die durch den Körper fließt.

b) Welche Körperreaktionen sind für den Verunglückten bei einer Einwirkdauer von $t = 0,1 \text{ s}$ (siehe **Bild, Seite 348**) möglich?



Lösung:

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

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



Satellitenempfang

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-Receivern 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.

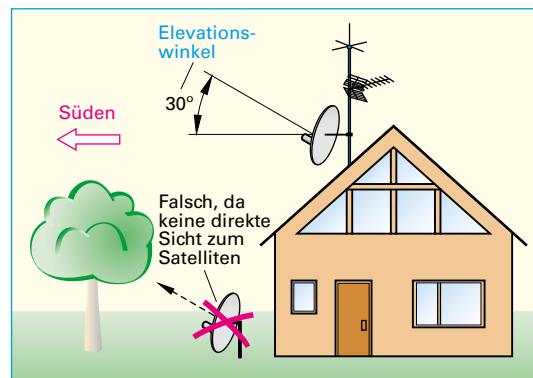


Bild 1: Montage der Parabolantenne

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

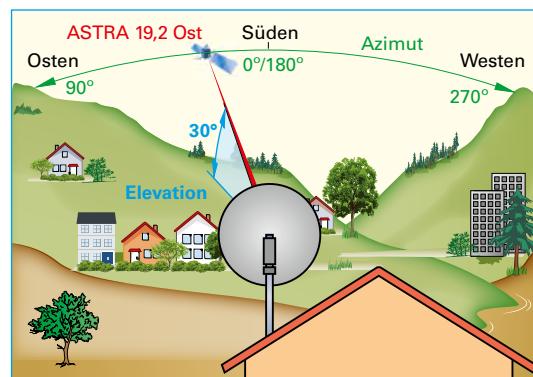


Bild 2: Einstellung von Azimut- und Elevationswinkel

Übersicht: Universal-LNB mit einem Ausgang für Einzelanlagen



- Eingangs frequenz 10,70 GHz bis 12,75 GHz
- Für digitale Satellitensignale
- Polarisationsebenen 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 (11,5 V bis 19 V) 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.

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.



Bild 1: Achshöhe eines Motors mit Fußbefestigung

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.

Auswahl eines Elektromotors:
Seiten 503 und 504

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).

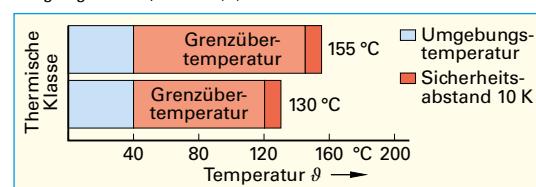


Bild 2: Grenzübertemperatur (Auswahl)

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)**.



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.

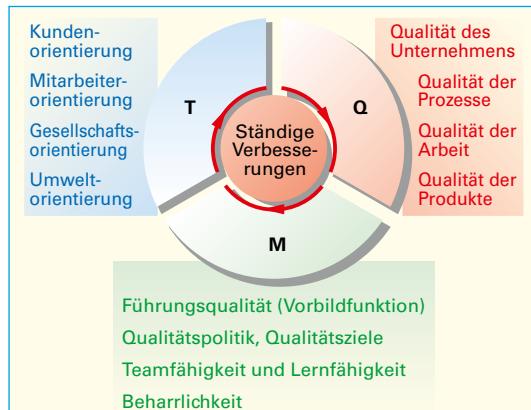


Bild 1: Total Quality Management

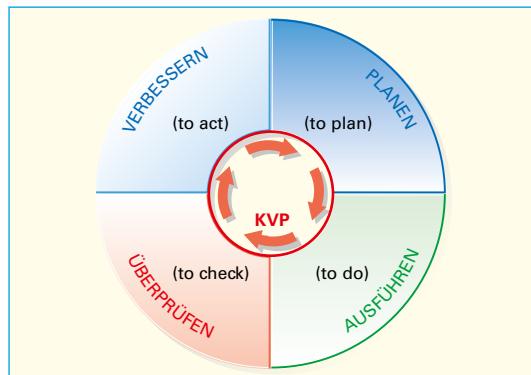


Bild 2: Phasen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses

- **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.

¹ Kai (jap.) = Veränderung, Zen (jap.) = zur Verbesserung

² Deming, amerikanischer Wirtschaftswissenschaftler