



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

32. 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
Manderla, Jürgen	Berlin
Reichmann, Olaf	Altlandsberg
Schwarz, Jürgen	Tettngang
Tkotz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Klaus Tkotz

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Autoren und Firmen (Firmenverzeichnis Seite 675)

- 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.

32. Auflage 2020, korrigierter Nachdruck 2021

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-8085-3791-6

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

© 2020 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: Steckdose: © emmi – Fotolia.com; Weltkugel: © erdquadrat – Fotolia.com; Figur: Klaus Tkotz;
Logomodul LOGO!: Siemens AG

Umschlagidee: Klaus Tkotz

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 676

● 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	345
12 Gebäudetechnische Anlagen	383
13 Elektrische Maschinen	462
14 Informationstechnik	524
15 Automatisierungstechnik	548
16 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung	604

● Beruf und Betrieb 625

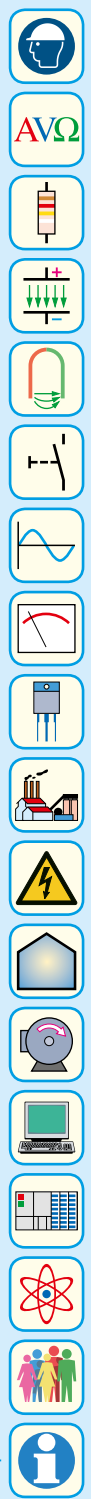
● Infoseiten (Auswahl)

- 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
- Herstellen einer WLAN-Verbindung
- Existenzgründung

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



Liebe Leserin, lieber Leser,

unsere **Fachkunde Elektrotechnik, 32. Auflage** ist da! In dieser Auflage sind die neuesten DIN-VDE-Vorschriften eingearbeitet und neue Inhalte eingefügt. Neue Inhalte sind z. B.:

- Energiemanagement, • RFID-Technologie, • Industrie 4.0, • SPS-Programmierung mit TIA-Portal sowie Videodateien und Programmausdrucke über QR-Code abrufbar und • Analogwertverarbeitung mit SPS.

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. Ergebnisse der Rechenaufgaben: Seite 652.
- 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. Ihr Fachwissen können Sie durch ergänzende Fachliteratur ergänzen und vertiefen.

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
- ▶ Praxis Elektrotechnik
- ▶ Tabellenbuch Elektrotechnik
- ▶ Technische Kommunikation Elektrotechnik

Sie haben Fragen? Das Autorenteam hat die Antworten! Weiterhin würden wir uns über eine ehrliche Bewertung und nette Worte freuen. Schreiben Sie uns unter: lektorat@europa-lehrmittel.de. Das Autorenteam und der Verlag Europa-Lehrmittel wünschen Ihnen mit diesem Buch interessante Anreize und eine wertvolle Hilfe für Ihre Ausbildung und berufliche Tätigkeit. Frühjahr 2020

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	Primärelemente 65
3.5.3	Sekundärelemente (Akkumulatoren) 67
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundschaltungen 70

4	 Elektrisches Feld 71
4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes 71
4.2	Grundbegriffe 72
4.2.1	Elektrische Feldstärke 72
4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation 72
4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis 73
4.3	Kondensator im Gleichstromkreis 74
4.3.1	Verhalten eines Kondensators 74
4.3.2	Kapazität eines Kondensators 74
4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren 76
4.3.4	Energie des geladenen Kondensators 77
4.4	Schaltungen von Kondensatoren 78
4.4.1	Parallelschaltung 78
4.4.2	Reihenschaltung 78
4.5	Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren 79
4.5.1	Kenngrößen 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 Spule im Magnetfeld 92
5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter 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	Schützsicherungen 114
6.4	Klemmenplan 120
6.5	Elektrische Ausrüstung von Maschinen 121
6.5.1	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen 122
	Praxistipp: Anforderungen an Steuer- stromkreise 124
	Praxistipp: Stromlaufplan und Aufbau einer Stern-Dreieck-Schaltung 125
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schaltungstechnik 126

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	Widerstandsdreieck 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	Verkettung 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	Anzeigarten 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	Kaltleiter (PTC-Widerstände) 199
9.2.4	Feldplatten 201
9.3	Hallgeneratoren 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	Halbleiterkennzeichnung 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 Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik 231

9.8.2 Grundverknüpfungen 231

9.8.2.1 UND-Verknüpfung 231

9.8.2.2 ODER-Verknüpfung 232

9.8.2.3 NICHT-Verknüpfung 232

9.8.3 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation 233

9.8.3.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation 233

9.8.3.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation 233

9.8.3.3 Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen 234

9.8.3.4 Anwendung der Grundverknüpfungen 234

9.8.4 Schaltkreisfamilien 235

9.8.4.1 TTL-Schaltkreisfamilie 235

9.8.4.2 CMOS-Schaltkreisfamilie 235

9.8.5 Schaltalgebra 236

9.8.6 Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung 237

9.8.7 Kippglieder 238

9.8.7.1 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder 238

9.8.7.2 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied 239

9.8.7.3 Schaltungen mit Kippgliedern 240

9.8.8 Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer) 241

9.8.9 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 **285**

10.1.2 Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid) 287

10.1.2.1 Smart Grid in Gebäuden 288

10.1.2.2 Energiespeichersysteme 288

Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus **289**

10.1.3 Übertragungs- und Verteilnetze 290

10.1.3.1 Höchstspannungsnetze 290

10.1.3.2 Spannungsebenen 291

10.1.3.3 Umspannanlagen 291

10.1.3.4 Hochspannungsschalter 292

10.1.4 Netzformen 294

10.1.5 Niederspannungsanlagen 295

10.1.5.1 Netzaufbau 295

10.1.5.2 Hausanschluss 296

10.1.5.3 Erdungsanlagen 298

10.1.5.4 Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene 299

10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme 300

Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler **302**

Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden **305**

10.1.6 Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System 306

10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen **309**

10.2.1 Isolierte Leitungen 309

Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern **312**

10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen 313

10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen 313

10.2.4 Datenleitungen 314

Praxistipp: Verlegen von Leitungen **315**

10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher **317**

10.4 Schutzschalter **320**

10.4.1 Thermischer Auslöser 320

10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser 320

10.4.3 Leitungsschutzschalter 321

10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter 321

10.4.5 Brandschutzschalter (AFDD) 322

10.4.6 Leistungsschalter 323

10.4.7 Motorschutzeinrichtungen 323

10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen **326**

10.5.1 Spannungsfall an Leitungen 327

10.5.2 Anordnung von Überstrom-Schutzrichtungen 328

Praxistipp: Beispiel einer Leitungsberechnung **329**

Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen **330**

10.6 Räume und Anlagen besonderer Art **332**

10.6.1 Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche 332

10.6.2 Sauna-Anlagen 334

10.6.3 Baustellen 334

10.6.4 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten 335

10.6.5 Feuergefährdete Betriebsstätten 336

10.6.6 Explosionsgefährdete Bereiche 338

10.6.7 Medizinisch genutzte Bereiche 339

10.6.8 Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge 340

10.6.8.1 Ladestationen 340

10.6.8.2 Ladebetriebsarten und Ladesteckeinrichtungen 341

10.6.8.3 Installationsvorschriften 341
 10.6.9 Übersicht der Räume und Anlagen besonderer Art..... 342
10.7 Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen .. 343
 10.7.1 Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen .. 343
 10.7.2 Löschmittel 343
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Elektrische Anlagen 344

11  **Schutzmaßnahmen 345**

11.1 Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom 345
 11.1.1 Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper 345
 11.1.2 Direktes und indirektes Berühren 347
 11.1.3 Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE) 347
11.2 Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen 348
 11.2.1 Schutzklassen 348
 11.2.2 IP-Schutzarten 349
 11.2.3 Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen 350
 11.2.4 Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik 351
 11.2.5 Fehlerarten in elektrischen Anlagen 352
 11.2.6 Spannungen im Fehlerfall 352
11.3 Netzsysteme 353
11.4 Schutz gegen elektrischen Schlag 354
11.5 Automatische Abschaltung der Stromversorgung 355
 11.5.1 Anforderungen an den Basisschutz 355
 11.5.2 Anforderungen an den Fehlerschutz 356
 11.5.3 Schutz im TN-System 357
 11.5.4 Schutz im TT-System 358
 11.5.5 Schutz im IT-System 359
11.6 Doppelte oder verstärkte Isolierung 360
11.7 Schutztrennung 360
11.8 Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV 361
11.9 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen 362
 11.9.1 Aufbau und Funktion 362
 11.9.2 Anwendungen von RCDs 363
 11.9.3 Kennwerte von RCDs 364
 11.9.4 Auswahl und Einsatz von RCDs 364
 11.9.5 RCD als Brandschutz 366
11.10 Differenzstrom-Überwachungseinrichtung .. 366
11.11 Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden 367
11.12 Prüfen der Schutzmaßnahmen 368
 11.12.1 Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600 369
 11.12.2 Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter 371
 11.12.3 Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen 371
 11.12.4 Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung 372
 11.12.5 Isolationswiderstandsmessung von isolierenden Fußböden und Wänden 372
 11.12.6 Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System 373
 11.12.6.1 Prüfen im TN-System 373
 11.12.6.2 Prüfen im TT-System 374
 11.12.6.3 Messen des Erdungswiderstandes 374
 11.12.6.4 Prüfen im IT-System 375
 11.12.6.5 Prüfen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) 375
 11.12.6.6 Prüfen der Drehfeldrichtung 375

11.12.7 Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105 376
 11.12.8 E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage ... 377
Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen 378
11.13 Schutz gegen elektrostatische Aufladung ... 381
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
 Schutzmaßnahmen 382

12  **Gebäudetechnische Anlagen 383**

12.1 Beleuchtungsanlagen 383
 12.1.1 Farbspektrum und Farbwiedergabe 384
 12.1.2 Lichttechnische Größen 385
 12.1.3 Kriterien für eine gute Beleuchtung 387
 12.1.4 Energieeffizienzanforderungen 388
 12.1.5 Lampenübersicht 389
 12.1.6 Halogenlampen 390
 12.1.7 Leuchtstofflampen 392
 12.1.8 Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen 393
 12.1.9 Induktionslampen 394
 12.1.10 LED-Lampen 394
Praxistipp: Ersatz einer Halogen-Beleuchtung durch LED-Beleuchtung 395
Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl 396
 12.1.11 Lichtberechnungssoftware 397
 12.1.12 Lichtstärkeverteilung von Leuchten 397
 12.1.13 Lichtmanagementsysteme 398
12.2 Elektrogeräte 399
 12.2.1 Allgemeines über Elektrogeräte 399
 12.2.2 Elektrische Warmwasserbereiter 400
 12.2.3 Elektrische Raumheizung 402
 12.2.4 Elektrische Geräte zur Nahrungsvorrats-haltung und -zubereitung 406
 12.2.5 Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirreinigung 410
 12.2.5.1 Waschmaschine 410
 12.2.5.2 Wäschetrockner 411
 12.2.5.3 Geschirrspülmaschine 412
 12.2.6 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte 413
 12.2.7 Prüfen von Elektrogeräten nach Instandsetzung und Änderung 415
 12.2.8 Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten 417
12.3 Antennen- und Verteilanlagen 418
 12.3.1 Wirkungsweise der Antennen 418
 12.3.2 Empfangsantennen 419
 12.3.3 Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel 421
 12.3.4 Aufbau von Antennenanlagen 422
 12.3.5 Satelliten-Fernsehempfangsanlagen 423
Praxistipp: Baugruppen zum digitalen Sat-Empfang 426
 DVB-T2 HD-Fernsehempfangsanlagen 427
 Breitband-Kommunikationsanlagen 427
 12.3.8 Berechnung einer Empfangsantennenanlage .. 428
 12.3.9 Errichten von Empfangsantennenanlagen 429
Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich 431
All-IP-Technik 432
 12.4.1 Grundsätzliches zu All-IP 432
 12.4.2 Anschluss technik 433
 12.4.3 VoIP-Technik 434
Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers 435
 ISDN am All-IP-Anschluss 436
12.5 Gebäudeautomation 437
 12.5.1 Gebäudeleittechnik 437
 12.5.2 Gebäudesystemtechnik 438
Praxistipp: KNX-Projekt programmieren 442
Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX 444
Praxistipp: Vernetzungsmöglichkeiten im Smart Home 445
 12.5.3 Gebäudeautomation mit Visualisierung 447

12.6 Gefahrenmeldeanlagen 448
 12.6.1 Allgemeine Festlegungen 448
 12.6.2 Brandmeldeanlagen 449
 12.6.3 Einbruchmeldeanlagen 451
 12.6.4 Überfallmeldeanlagen 453
Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage 454
Praxistipp: Installation von Rauchmeldern 455
12.7 Blitzschutz 456
 12.7.1 Entstehung der Gewitterzelle 456
 12.7.2 Wirkungen des Blitzstromes 456
 12.7.3 Blitzschutzsysteme 456
 12.7.3.1 Äußerer Blitzschutz 457
 12.7.3.2 Innerer Blitzschutz 458
 12.7.3.3 Trennungsabstand 459
Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
Gebäudetechnik 461

13 Elektrische Maschinen 462

13.1 Transformatoren 463
 13.1.1 Einphasentransformatoren 463
 13.1.1.1 Aufbau und Wirkungsweise 463
 13.1.1.2 Leerlaufspannung 463
 13.1.1.3 Übersetzungen 464
 13.1.1.4 Betriebsverhalten im Leerlauf 465
 13.1.1.5 Betriebsverhalten bei Belastung 465
 13.1.1.6 Betriebsverhalten bei Kurzschluss 466
 13.1.1.7 Kurzschlussstrom und Einschaltstrom 467
 13.1.1.8 Wirkungsgrad von Transformatoren 468
 13.1.2 Kleintransformatoren 469
 13.1.2.1 Aufbau 469
 13.1.2.2 Arten von Kleintransformatoren 470
 13.1.2.3 Prüfspannungen bei Kleintransformatoren 471
 13.1.3 Sondertransformatoren 472
 13.1.3.1 Spartransformatoren 472
 13.1.3.2 Streufeldtransformatoren 473
 13.1.4 Messwandler 473
 13.1.4.1 Spannungswandler 473
 13.1.4.2 Stromwandler 474
 13.1.5 Drehstromtransformatoren 475
 13.1.5.1 Aufbau und Prinzip 475
 13.1.5.2 Schaltungen 476
 13.1.5.3 Unsymmetrische Belastung 478
 13.1.5.4 Gebräuchliche Schaltgruppen 479
 13.1.6 Parallelschalten von Transformatoren 480
13.2 Rotierende elektrische Maschinen 481
 13.2.1 Grundlagen 481
 13.2.1.1 Leistung und Drehmoment 481
 13.2.1.2 Aufbau umlaufender Maschinen 482
 13.2.1.3 Leistungsschild 482
 13.2.1.4 Drehsinn 482
 13.2.1.5 Betriebsarten elektrischer Maschinen 483
 13.2.1.6 Kühlung elektrischer Maschinen 484
 13.2.1.7 Bauformen und Baugrößen von drehenden elektrischen Maschinen 485
 13.2.1.8 Elektrische Isolierung 485
 13.2.2 Drehstromasynchronmotoren 486
 13.2.2.1 Entstehung des Drehfeldes 486
 13.2.2.2 Kurzschlussläufermotor 487
 13.2.2.3 Anlassen von Kurzschlussläufermotoren 490
 13.2.2.4 Schleifringläufermotor 492
 13.2.2.5 Polumschaltbare Motoren 493
Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors 494
Formelübersicht zum Drehstrom-Asynchronmotor 495
Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors 496
 13.2.2.6 Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmotoren 498
 13.2.2.7 Drehstrommotor an Wechselspannung (Steinmetzschtaltung) 499
 13.2.2.8 Wechselstrom-Asynchronmotor 500
 13.2.3 Drehstromlinearmotoren 501
 13.2.4 Synchronmotor 502
 13.2.5 Sondermotoren 503
 13.2.5.1 Spaltpolmotor 503
 13.2.5.2 Reluktanzmotor 504

13.2.5.3 Schrittmotor 504
 13.2.6 Synchrongenerator 507
 13.2.7 Stromwendermotoren 509
 13.2.7.1 Aufbau von Gleichstrommotoren 509
 13.2.7.2 Wirkungsweise 510
 13.2.7.3 Ankerquersfeld und Ankerrückwirkung 511
 13.2.7.4 Anschlussbezeichnungen 512
 13.2.7.5 Arten von Gleichstrommotoren 513
 13.2.7.6 Anlassen von Gleichstrommotoren 515
 13.2.7.7 Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren 516
 13.2.7.8 Universalmotor 517
 13.2.8 Servomotoren 518
 13.2.8.1 Gleichstromservomotor 519
 13.2.8.2 Drehstromservomotor 519
 13.2.9 Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen 522
Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
Elektrische Maschinen 523

14 Informationstechnik 524

14.1 Bereiche der Informationstechnik 524
14.2 Computer, Programme und Peripherie 525
 14.2.1 Bestandteile und Funktionsweise eines Computers 525
 14.2.2 Hardware, Software und Firmware 526
 14.2.3 Computersystem 526
14.3 Mikrocomputer 527
14.4 Personal Computer (PC) 528
 14.4.1 Komponenten eines PC 528
 14.4.2 Mikroprozessor (CPU) 529
 14.4.3 Halbleiterspeicher 530
 14.4.4 Buskommunikation 531
 14.4.5 Eingabe- und Ausgabe-Einheit 531
Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard 532
14.5 Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung 533
 14.5.1 Geräte zur Eingabe 533
 14.5.2 Geräte zur Ausgabe 533
 14.5.2.1 Drucker 533
 14.5.2.2 Farbmonitore 534
 14.5.3 Periphere Geräte zur Datenspeicherung 535
Praxistipp: Servicearbeiten am PC 536
14.6 Software 537
 14.6.1 Systemprogramme 537
 14.6.2 Anwendungsprogramme 538
 14.6.3 Softwareentwicklung 539
14.7 Vernetzung von Computern 540
 14.7.1 Dienste in Computernetzwerken 540
 14.7.2 Netzwerktopologien 540
 14.7.3 Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie 541
 14.7.4 Netzwerkprotokoll 542
 14.7.5 Globales Netzwerk Internet 543
Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk 544
Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk 545
14.8 Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte 546
14.9 Schädliche Programme (Malware) 546
Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:
Informationstechnik 547

15 Automatisierungstechnik 548

15.1 Industrie 4.0 548
15.2 Steuerungstechnik 549
 15.2.1 Steuern 549
 15.2.1.1 Fachbegriffe der Steuerungstechnik 549
 15.2.1.2 Steuerungsarten 550
15.3 Kleinststeuergeräte 552
15.4 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 554
 15.4.1 Aufbau 554
 15.4.2 Programmiersprachen 555
 15.4.3 Arbeitsweise einer SPS 555
 15.4.4 Baueinstruktur in STEP 7 557

15.4.5	Programmierung (Bitverknüpfungen)	558
15.4.5.1	Grundverknüpfungen	558
15.4.5.2	Öffner und Schließer	559
15.4.5.3	Speicherfunktionen	561
15.4.6	Bibliotheksfähige Bausteine	563
15.4.7	Symbolische Adressierung (PLC-Variablen)	564
15.4.8	Zeit- und Zählfunktionen	565
15.4.8.1	Simatic-Zeitfunktionen	565
15.4.8.2	Simatic-Zählfunktionen	566
15.4.8.3	IEC-Zeitfunktionen	566
15.4.8.4	IEC-Zählfunktionen	567
15.4.8.5	Instanzenbaustein für IEC-Zeit- und Zählfunktionen	568
15.4.9	Vergleicher	570
15.4.10	Ablaufsteuerungen	571
15.4.10.1	Arten von Ablaufsteuerungen	571
15.4.10.2	Betriebsarten	571
15.4.10.3	Ablaufkette (Struktur)	572
15.4.10.4	Programmierung einer Ablaufkette mit Schrittmern	573
15.4.10.5	Programmierung einer Ablaufkette als bibliotheksfähigen Baustein	574
15.4.10.6	Ablaufkette mit Alternativverzweigung (ODER-Verzweigung)	575
15.4.10.7	Ablaufkette mit Parallelverzweigung (UND-Verzweigung)	576
15.4.11	Analogwertverarbeitung	577
15.4.11.1	Analoge Signalverarbeitung	577
15.4.11.2	Darstellung analoger Werte in der SPS	577
15.4.11.3	Messbereiche von Analogbaugruppen	578
15.4.11.4	Normierung und Skalierung von Analogwerten	578
15.4.12	Feldbusse	580
15.4.12.1	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	581
15.4.12.2	Profibus DP	582
15.4.12.3	Profinet IO	583
15.4.13	Prozessvisualisierung	584
15.5	Maschinensicherheit	586
15.5.1	Sicherheitskategorien (Performance Level)	586
15.5.2	Sicherheitsbezogene Teile	586
15.5.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	587
15.6	Regelungstechnik	588
15.6.1	Aufgaben und Begriffe	588
15.6.2	Regelstrecken	589
15.6.2.1	Statisches Verhalten von Regelstrecken	589
15.6.2.2	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	590
15.6.3	Regler	593
15.6.3.1	Unstetige Regler	593
15.6.3.2	Stetige Regler	595
15.6.4	Regelkreis	599
15.6.4.1	Schwingungsverhalten	599
15.6.4.2	Reglerauswahl	599
15.6.4.3	Reglereinstellung	600
15.6.5	Universalregler	601
15.6.7	Prozessleitsystem	601
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	602
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Automatisierungstechnik	603

16



Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung 604

16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	604
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	605
16.1.1.1	Leiterwerkstoffe	605
16.1.1.2	Kontaktwerkstoffe	606
16.1.2	Isolierstoffe	607
16.1.2.1	Elektrische Eigenschaften von Isolierstoffen	607
16.1.2.2	Anorganische und organische Isolierstoffe	608
16.1.2.3	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	609
16.2	Fertigungsverfahren	610
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	610
16.2.1.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	610
16.2.1.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	610
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	613
16.2.3	SMD-Technik	615

16.3	Umweltschutz	616
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	616
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	617
16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	618
16.4	Energieeinsparung	620
16.4.1	Rationeller Umgang mit Energie	620
16.4.2	Stand-by-Betrieb	622
16.4.3	Tipps zum Energiesparen	623
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:	
	Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	624

17



Beruf und Betrieb **625**

17.1	Berufliche Handlungskompetenz	625
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	626
17.1.1	Teamarbeit	628
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	629
17.1.3	Kommunikation	630
17.1.4	Kreativitätstechniken	631
17.1.5	Informationsbeschaffung	632
17.2	Präsentation	633
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	633
	Visualisierung	634
17.2.2	Vortragen einer Präsentation	635
17.3	Projektmanagement	636
17.3.1	Aufgaben von Projekten	636
17.3.2	Projektphasen	637
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	638
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	638
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	639
17.4.3	Kundenservice	641
17.5	Kalkulation und Angebot	642
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	643
17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	644
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	645
17.5.4	Rechnungsstellung	646
17.6	Qualitätsmanagement	647
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	647
17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	647
17.6.3	TQM-Methode	648
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	649
	Praxistipp: Existenzgründung	650
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Beruf und Betrieb	651
	Ergebnisse der Rechenaufgaben	652



Infoteil **653**

Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik (Auswahl) ..	653
Schaltzeichen	654
Wichtige elektrotechnische Symbole	660
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	661
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren ..	662
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen ..	663
Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	664
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	665
Betriebsdaten von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer	666
Dioden	667
NPN-Transistor	668
Thyristor, Triac	669
Wichtige Abkürzungen von AC bis ISDN	670
Wichtige Abkürzungen von KNX bis ZVEI	671
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	672
Firmenverzeichnis	675
Sachworte Deutsch – Englisch	676
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:

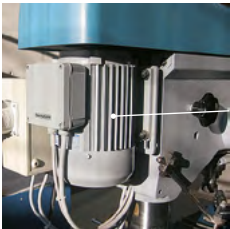
- Elektrische Gleichstromkreise,
- Einphasen-Wechselstromkreise (vereinfacht Wechselstromkreise genannt),
- Dreiphasen-Wechselstromkreise (auch Drehstromkreise genannt).

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 155)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter 1	L1	
Außenleiter 2	L2	
Außenleiter 3	L3	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	
Neutralleiter mit Schutzfunktion	PEN	



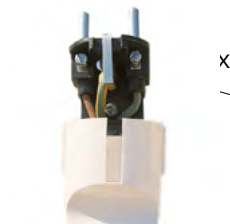
Drehstrommotor

- Motoren: Seite 481
- Schaltzeichen: Seite 654

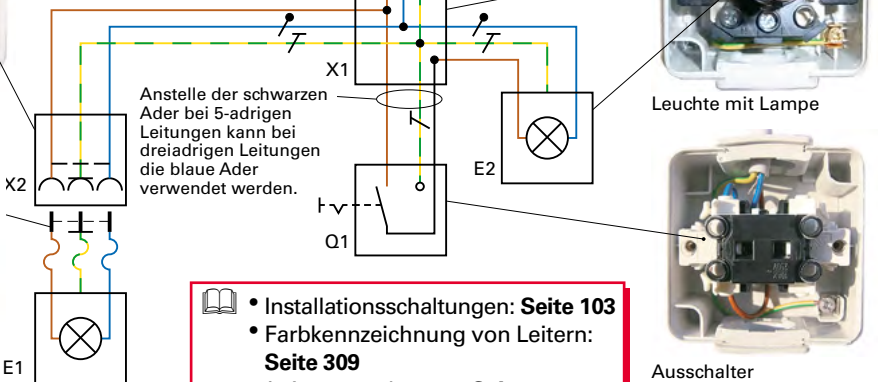
Einphasen-Wechselstromkreis (Seite 127)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter	L*	L
Neutralleiter	N	N
Schutzleiter	PE	PE



Schutzkontaktsteckdose



Schutzkontaktstecker



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

- Installationsschaltungen: Seite 103
- Farbkennzeichnung von Leitern: Seite 309
- Leitungsverlegung: Seite 315

* 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 eine Sinuskurve. 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**).

Zwischen 90° und 180° sowie zwischen 270° bis 360° wird elektrische Energie in magnetische Energie umgewandelt und das Magnetfeld der Spule aufgebaut (**Bild 1**). Ab 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.

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.

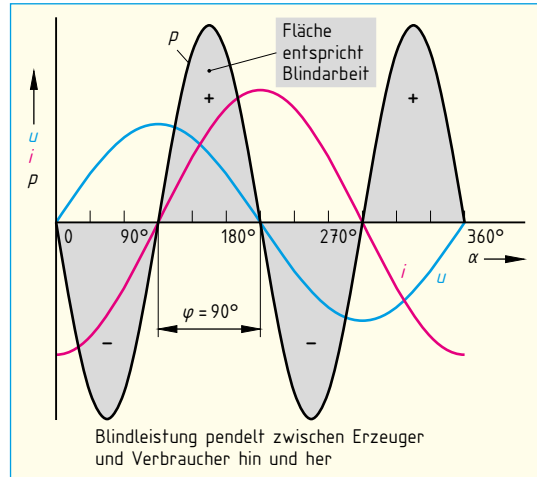


Bild 1: Induktive Blindleistung

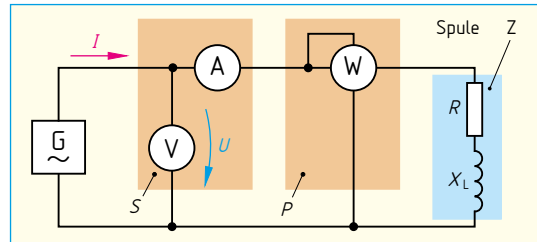


Bild 2: Ermittlung der Wirkleistung und Scheinleistung an einer Spule

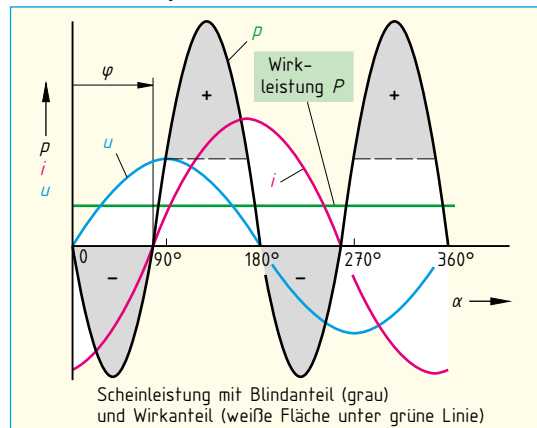


Bild 3: Wirkleistung P (Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 90^\circ$)



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



7.10.4 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 308**). 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 im Netz Störungen 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:

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

Übersicht:

Verbraucherarten (Beispiele)

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

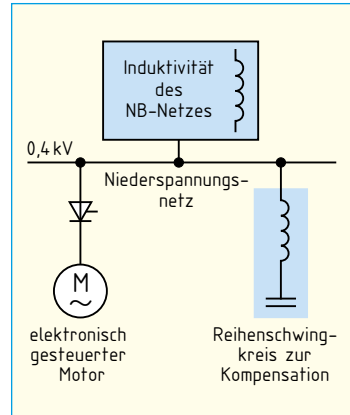


Bild 1: Kompensation einer Stromrichterschaltung (Prinzip)

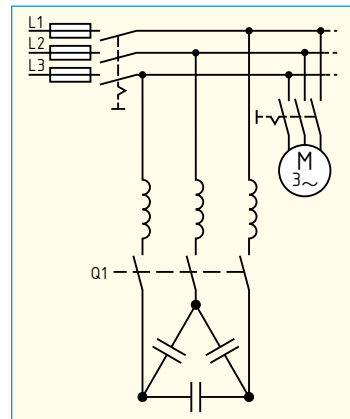


Bild 2: Verdrosselte Kondensatoren

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.

Mehrfunktions-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

Triggereinstellungen

Taster-Display-menü

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 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

- 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.
- 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 selbst 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 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 Ableseung)

**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.

Der Triac (**Tabelle, Seite 247**) wird 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.

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).

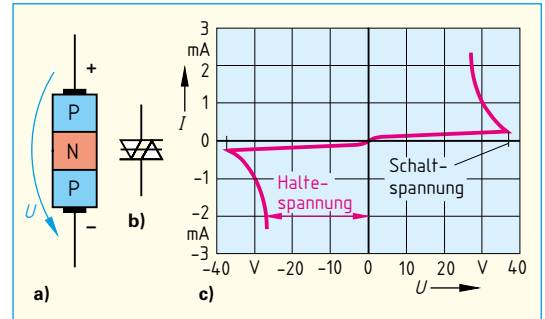


Bild 1: a) Aufbau, b) Schaltzeichen und c) Kennlinie einer Dreischichtdiode (Diac)

i Arten von Diacs

Diacs sind Mehrschicht-Halbleiter und werden auch als 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

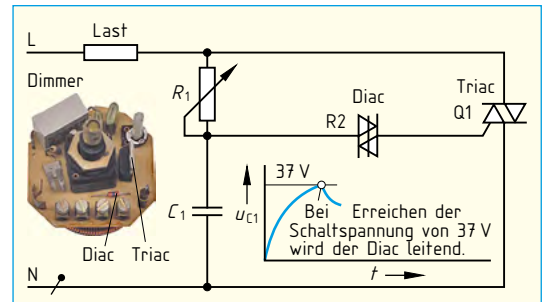


Bild 2: Ansteuern eines Triacs mit einem Diac (Prinzip)

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%.

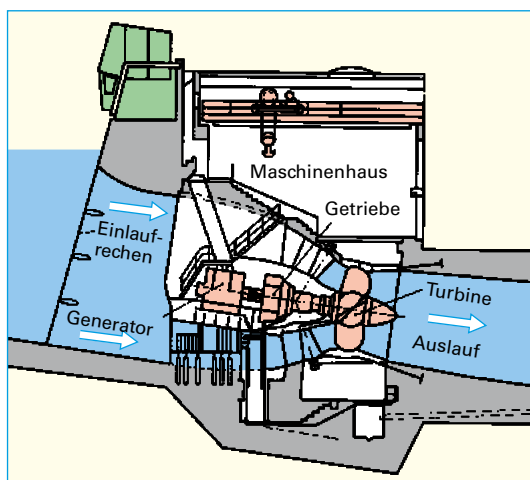


Bild 1: Kaplan-Rohrturbine

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.

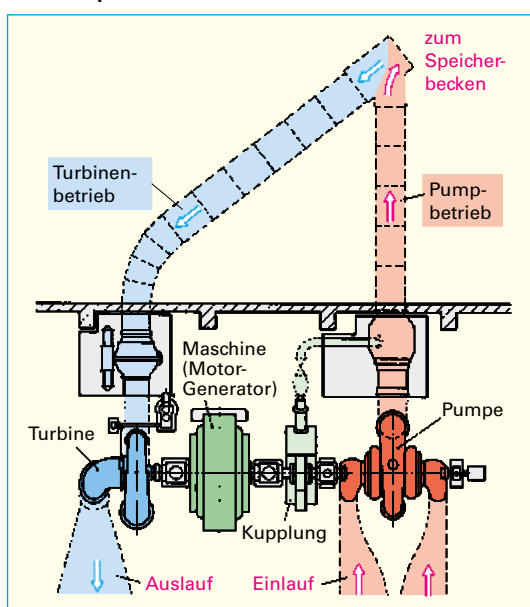


Bild 2: Maschinensatz eines Pumpspeicherkraftwerkes

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



11.2.2 IP-Schutzarten

Haushaltgeräte, z. B. Haartrockner oder Heizlüfter, haben Öffnungen für Lufteintritt und Luftaustritt. Um Unfallgefahren zu vermeiden, darf es nicht zur Berührung spannungsführender Teile kommen.

Je nach Verwendungszweck und Aufstellungsort der Betriebsmittel ist ein Berührungs- und Fremdkörperschutz und ein Schutz gegen das Eindringen von Wasser erforderlich.



Bild 1: Motor mit Schutzart IP 54

Das Schutzzeichen besteht aus den Buchstaben IP¹ und zwei nachfolgenden Kennziffern, z. B. IP 54. Nach IP und den Ziffern können zusätzliche oder ergänzende Buchstaben stehen, z. B. IP 23 CS (**Tabelle**). Gehäuse und Klemmenkasten, z. B. von Drehstrom-Normmotoren (**Bild 1**), entsprechen meist der Schutzart IP 54 (**Tabelle**). Der Motor ist gegen Staubablagerungen (staubgeschützt) und gegen Spritzwasser aus allen Richtungen geschützt. Schutz gegen Eindringen von Wasser (**Bild 2**) erreicht man durch entsprechende Bauausführung.

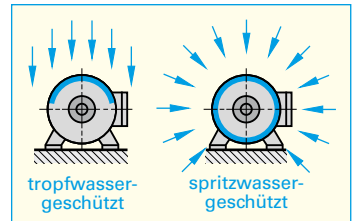


Bild 2: Schutzarten gegen das Eindringen von Wasser

Elektrische Betriebsmittel müssen in feuchten und nassen Räumen sowie in geschützten Anlagen im Freien mindestens tropfwassergeschützt sein (IP X1), ungeschützte Anlagen im Freien müssen mindestens der Schutzart IP X3 entsprechen. Bei der Schutzart IP 68 wird zusätzlich der zulässige Druck bei Tauchbetrieb angegeben, z. B. 3 bar. Neben der Kennzeichnung der Schutzarten durch Buchstaben und Kennziffern wird die Schutzart für Installationsgeräte und elektrische Verbrauchsgeräte durch **Bildzeichen (Symbole)** gekennzeichnet, z. B. bei Leuchten, Wärmegeräten und Elektrowerkzeugen (**Tabelle**).

Tabelle: Schutzarten elektrischer Betriebsmittel nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1)

Erste Kennziffer	Schutzgrad: Berührungs- und Fremdkörperschutz	Bildzeichen	Zweite Kennziffer	Schutzgrad: Wasserschutz	Bildzeichen
0	Kein besonderer Schutz.	–	0	Kein besonderer Schutz.	–
1	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser ≥ 50 mm.	–	1	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser.	tropfwassergeschützt IP X1
2	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser ≥ 12,5 mm.	–	2	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser, Betriebsmittel bis 15° geneigt.	–
3	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser ≥ 2,5 mm.	–	3	Schutz gegen Sprühwasser (Regen) bis zu einem Winkel von 60° zur Senkrechten.	sprühwassergeschützt (regengeschützt) IP X3
4	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser ≥ 1 mm.	–	4	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen.	spritzwassergeschützt IP X4
5	Schutz gegen Staubablagerung (staubgeschützt). Vollständiger Berührungsschutz.	staubgeschützt IP 5X	5	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus allen Richtungen.	strahlwassergeschützt IP X5
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht). Vollständiger Berührungsschutz.	staubdicht IP 6X	6	Schutz gegen starken Wasserstrahl oder schwere See aus allen Richtungen.	–
Wird neben den Buchstaben IP nur eine Kennziffer für den Schutzgrad benötigt, so ist anstelle der fehlenden Kennziffer ein X zu setzen, z. B. IP X4 oder IP 3X.			7	Schutz gegen Wasser bei Eintauchen des Betriebsmittels unter Druck-, Zeitbedingungen.	wasserdicht IP X7
3. Stelle, z. B. IP 23C A Schutz gegen Zugang mit dem Handrücken B Schutz gegen Zugang mit dem Finger C Geschützt gegen Zugang mit Werkzeugen D Geschützt gegen Zugang mit Draht			8	Schutz gegen Wasser bei dauerndem Untertauchen des Betriebsmittels.	druckwasserdicht IP X8 ...bar
4. Stelle, z. B. IP 23CS H Betriebsmittel für Hochspannung M Geprüft auf Wassereintritt bei laufender Maschine S Geprüft auf Wassereintritt bei stehender Maschine W Geeignet bei festgelegten Witterungsbedingungen			9	Geschützt gegen Hochdruck und hohe Strahlwassertemperaturen	–

¹ IP, Abk. für: International Protection (engl.) = Internationaler Schutz



Situationsbeschreibung:

In der Praxis werden immer häufiger Wohn-, Freizeit- und ähnliche Bereiche mit einer anwendungsneutralen Kommunikationsverkabelung (siehe auch **Seite 445**) ausgestattet.

Bei der Kommunikationsverkabelung (**Bild 1**) werden Anschlüsse für Kommunikationsdienste, z.B. Telefonie, Rundfunk, Internet, Fernsehen, Computer und gebäudetechnische Anwendungen, z.B. Temperaturerfassung, flexibel und individuell in den Räumen eines Wohnhauses angeboten.

Durch die Kommunikationsverkabelung ergeben sich für Bauherren und Planer Vorteile.

- Hohe Flexibilität für individuelle Anschlüsse.
- Bei Änderungen keine neue Leitungsinstallation.

Man unterscheidet bei der anwendungsneutralen Kommunikationsverkabelung drei Anwendungsgruppen:

- Computer und Telefon,
- Audio, Radio, Fernsehen und
- Gebäudetechnik.

Aufbau der anwendungsneutralen Kommunikationsverkabelung

Zum Aufbau sind notwendig:

- Ein zentraler Wohnungsverteiler (**Bilder 1 und 2**),
- eine Verkabelung zu den Anschlussdosen und
- Anschlussdosen in jedem Wohnraum.

Zentraler Wohnungsverteiler: Vom Wohnungsverteiler, z.B. Zählerschrank mit Multimediaverteilerfeld (**Bild 2**), verläuft eine sternförmige Verkabelung zu jeder Anschlussdose. Am Wohnungsverteiler lassen sich alle Änderungen und Arbeiten, z.B. Einrichten eines Telefonanschlusses, durchführen.

Verkabelung: Zur elektrischen Datenübertragung verwendet man z.B. Multimediakabel (**Bild 3**) mindestens der Kategorie Cat 5 (**Seite 314**).

Anschlussdose: Es wird eine Anschlussdose für alle Kommunikationsdienste pro Raum und pro 3,75 m Wandlänge in Industrieanlagen benötigt. Als PC-Netzwerkanschlussbuchse und für ISDN-Kommunikationsgeräte verwendet man den Typ RJ45 (**Seite 436**), analoge Kommunikationsgeräte werden über Cat 5-Datendosen oder TAE-Anschlussbuchsen (**Seite 433**) angeschlossen.

Hinweise zur Installation

- Verlegung des Datenkabels in Leerrohre, z.B. M25, in Unterflursystemen oder in Kabelkanälen.
- Bei der Kabelverlegung sind die vom Hersteller angegebenen Biegeradien nicht zu unterschreiten.
- Die Länge des Multimediakabels beträgt maximal 90 m vom Verteiler bis zur Anschlussdose.

i Multimediaverkabelung

- Ist genormt nach DIN EN 50173.
- Nennt man auch strukturierte Heimverkabelung. (Nach Norm auch mit „Anwendungsneutraler Kommunikationskabelanlage“ bezeichnet.)

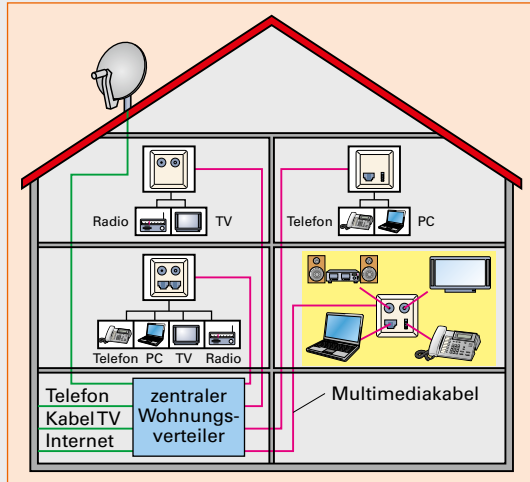


Bild 1: Anwendungsneutrale Kommunikationsverkabelung eines Einfamilienhauses



www.homeway.de
www.hager.de



Bild 2: Zählerschrank mit Multimediaverteilerfeld



Bild 3: Multimediakabel

**Beispiel:**

Der Antriebsmotor eines Förderbandes soll mittels Softstarter angelassen werden. Bei Anlauf beträgt das Widerstandsmoment des Förderbandes $M_{AW} = 34,5 \text{ Nm}$.

Der Käfigläufermotor ist in Dreieckschaltung an 400 V angeschlossen: $P_N = 5,5 \text{ kW}$, $M_A = 99,7 \text{ Nm}$, $I_A = 86,1 \text{ A}$.

- a) Auf welchen Wert ist die Startspannung des Softstarters mindestens einzustellen?
b) Prüfen Sie, ob der Anlaufstrom des Motors die Anlaufbedingung nach TAB einhält.

Lösung:

- a) Berechnung Startspannung mit $M_{A \text{ Start}} = M_{AW}$

$$U_{\text{Start}} = U_N \cdot \sqrt{\frac{M_{A \text{ Start}}}{M_A}} = 400 \text{ V} \cdot \sqrt{\frac{34,5 \text{ Nm}}{99,7 \text{ Nm}}} = 235 \text{ V}$$

- b) Berechnung des Anlaufstromes bei Startspannung

$$I_{A \text{ Start}} = I_A \cdot \frac{U_{\text{Start}}}{U_N} = 86,1 \text{ A} \cdot \frac{235 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 50,6 \text{ A}$$

$I_{A \text{ Start}} < 60 \text{ A} \rightarrow$ Anlaufbedingung nach TAB erfüllt

13.2.2.4 Schleifringläufermotor

Aufbau. Der Ständer des Schleifringläufermotors ist genau wie der des Kurzschlussläufermotors aufgebaut. Die Welle trägt das Läuferblechpaket mit der in Nuten untergebrachten Drehstromwicklung und die **Schleifringe** (Bild 1).

Die in Stern geschaltete, dreisträngige Läuferwicklung ist an drei Schleifringe angeschlossen. Über Kohlebürsten ist sie mit den **Klemmen K, L und M** des Klemmenbrettes verbunden. An diese Klemmen können Wirkwiderstände zum Anlassen in den Läuferkreis geschaltet werden. Eine Anlassschaltung mit Schützen zeigt Bild 2.

Betriebsverhalten. Durch Zuschalten der Widerstände in den Läuferkreis wird der Läuferstrom verringert, gleichzeitig jedoch sein Wirkanteil überproportional erhöht. Folge ist ein stark erhöhtes Drehmoment trotz Anlaufstrombegrenzung. Durch gezielte Auswahl der Anlasswiderstände kann der Motor mit seinem Kippmoment anlaufen (Bild 3). Nach dem Hochlaufen werden die Anlasswiderstände abgeschaltet, indem die Schleifringe durch Stifte kurzgeschlossen werden. Mit kurzgeschlossener Läuferwicklung wirken Schleifringmotoren wie Kurzschlussläufermotoren. Bei Motoren über 20 kW werden die Bürsten gleichzeitig abgehoben, um den Verschleiß zu verringern.

Das beim Schleifringläufermotor verwendete **Läuferanlassverfahren** gestattet den Schweranlauf mit dem Kippmoment des Motors.

Anwendung. Schleifringläufermotoren haben Bemessungsleistungen von etwa 5 kW bis 10 MW (Beispiel Bild 4). Sie werden als Antrieb bei Volllast- und Schweranlauf verwendet, z.B. Wasserwerkspumpen und Hebezeuge.

Wegen Brandgefahr dürfen Schleifringläufermotoren z.B. in landwirtschaftlichen Betriebsstätten nicht verwendet werden.

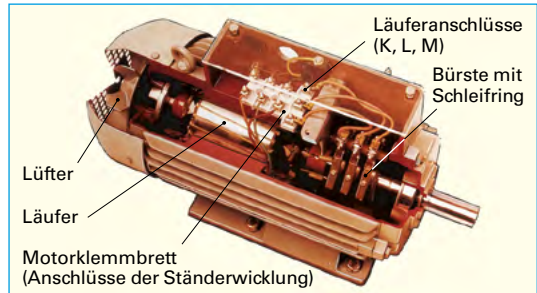


Bild 1: Schleifringläufermotor

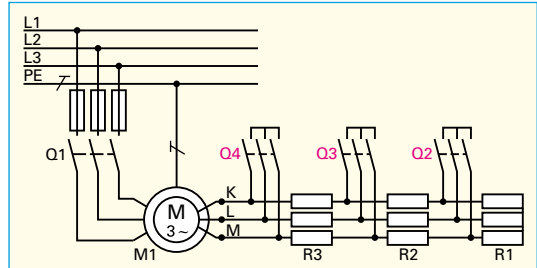


Bild 2: Schleifringläufermotor mit 3-stufigem Anlasser

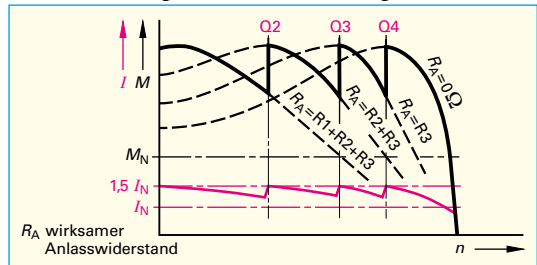


Bild 3: Drehmoment und Anlaufstrom zu Bild 2

Hersteller	
Typ DA 80	
D - Motor	Nr. 7660
Δ 400	V 178 A
100 kW S3	$\cos \varphi$ 0,89
1460/min	50 Hz
Läufer γ	245 V*
Th.CI.155 (F)	IP 44 1,1 t
* Läuferstillstandspannung	
DIN VDE 0530 EN 60034	

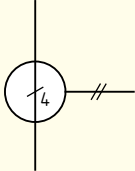
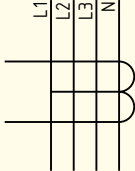

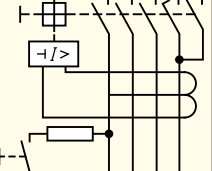
Bild 4: Leistungsschild






Schaltzeichen (3)

nach DIN EN 60617



















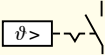
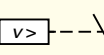
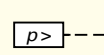
Stromwandler, Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)

 einpolig	 allpolig	Summenstromwandler mit vier durchgefädelten Primärwicklungen (Summation current transformer with four threaded primary windings)	 einpolig	 allpolig	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) (Residual current protective device)
---	---	--	---	---	--

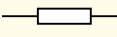
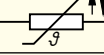
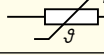
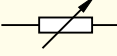
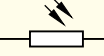
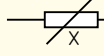
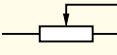
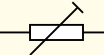
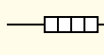
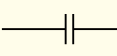
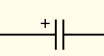
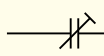



Kontaktarten

	Schließer (Make contact)		Öffner (Break contact)		Wechsler (Umschaltkontakt) (Change-over break before make contact)
---	--------------------------	---	------------------------	---	--

Schalterantriebe

Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
	Handbetätigung, allgemein (Manual actuator)		Betätigung durch Drücken (Operated by pushing)		Betätigung durch Ziehen (Operated by pulling)
	Betätigung durch Rollen (Operated by roller)		Betätigung durch Schlüssel (Operated by key)		Betätigung durch Drehen (Rotary actuator)
	Schütz- oder Relaispule, Antrieb elektromechanisch (Contactor or relais coil)		Antrieb, ansprechverzögert (Delayed pull-on relay)		Antrieb, rückfallverzögert (Delayed pull-off relay)
	Remanenzrelais (Remanent relay)		Kontakt eines Überlastrelais (Contact of a thermal relay)		Thermisches Relais (Operating device of thermal relay)
	Thermokontakt (Self-operating thermal switch)		Endschalter, Öffner (Position switch, break contact)		Endschalter, Schließer (Position switch, make contact)
	Schaltschloss (Tip-free mechanism)		Näherungsschalter allgemein (Proximity switch, make contact)		Durch Annähern von Magneten (Proximity switch, operated on the approach of magnet)
	Schutztemperaturbegrenzer (Protective temperature limiter)		Strömungswächter (Flow monitor)		Druckwächter (Manostat)

Passive Bauelemente

	Widerstand, allgemein (Resistor)		NTC-Widerstand (NTC-resistor)		PTC-Widerstand (PTC-resistor)
	Widerstand, veränderbar (Adjustable resistor)		LDR-Widerstand (Light dependent resistor)		Feldplatte (Magnetoresistor)
	Potenziometer (Potentiometer)		Einstellbarer Widerstand (Resistor with preset adjustment)		Heizwiderstand (Heating element)
	Kondensator, ungepolt (Capacitor)		Elektrolyt-Kondensator (Polarized capacitor)		Einstellbarer Kondensator (Capacitor with preset adjustment)
	Induktivität (Inductor)		Induktivität mit Magnetkern (Inductor with magnetic core)		Transformator (Transformer with two windings)

* englischer Fachbegriff in Klammern