



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Fachkunde Elektrotechnik

35. 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
Gmeiner, Christian	Oppenau
Käppel, Thomas	Münchberg
Klee, Werner	Mehlingen
Neumann, Ronald	Oberkail
Reichmann, Olaf	Altlandsberg
Schwarz, Jürgen	Tett nang
Tkocz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Klaus Tkocz

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Autoren und Firmen (Bildquellen- und Firmenverzeichnis Seite 700)

- 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.

35. Auflage 2026
Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-3316-7

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an produktsicherheit@europa-lehrmittel.de.

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

© 2026 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Weltkugel: © erdquadrat – Adobe Systems Software, Ireland Ltd., Adobe Stock, Dublin, Irland;

Icons: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald und
Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlagidee: Klaus Tkocz

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn



KOSTENLOSE ERGÄNZUNGEN DIGITAL+

- **Abbildungen:** Zur Unterrichtsvorbereitung und zur Erstellung eigener Arbeitsmaterialien.
- **Lernbilder:** Abbildungen mit ein- und ausblendbaren Beschriftungen zum eigenständigen oder gemeinsamen Lernen.
- **Infoseiten:** Z. B. Datenblätter, Schaltzeichen, Symbole für eine praxisnahe Unterstützung.
- **Wiederholungsseiten:** Festigen und vertiefen Sie Ihr Wissen.
- **Demo-Versionen** der Arbeitsblätter **Fachkunde Elektrotechnik** und **Arbeitsbuch Elektrotechnik Lernfelder 1–4**.
Diese können von der jeweiligen Buchseite direkt durch den Scan eines QR-Codes oder durch Eingabe eines verkürzten Links in der EUROPATHEK aufgerufen werden.

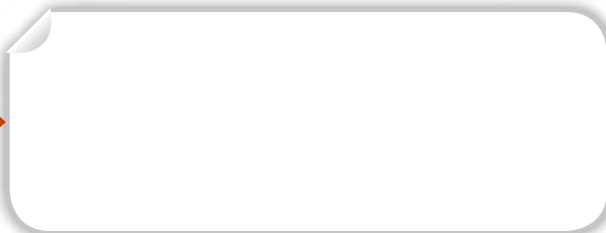


Die ergänzenden digitalen Materialien finden Sie in unserem virtuellen Medienregal EUROPATHEK kostenlos unter

www.europathek.de

- Öffnen Sie www.europathek.de auf Ihrem Gerät (PC/MAC, Smartphone oder Tablet).
- Melden Sie sich mit Ihrem Nutzerkonto (bestehend aus E-Mail-Adresse und Passwort) an.
- Sofern Sie noch nicht über ein eigenes Nutzerkonto verfügen, können Sie sich kostenlos registrieren.

Durch die Eingabe des folgenden Codes schalten Sie das Medien-Paket in Ihrer EUROPATHEK frei (siehe nächste Seite).



Dieser Freischaltcode ermöglicht den Zugriff auf das MedienPaket für eine Dauer von 48 Monaten.

So erhalten Sie Ihr Bilder-Paket

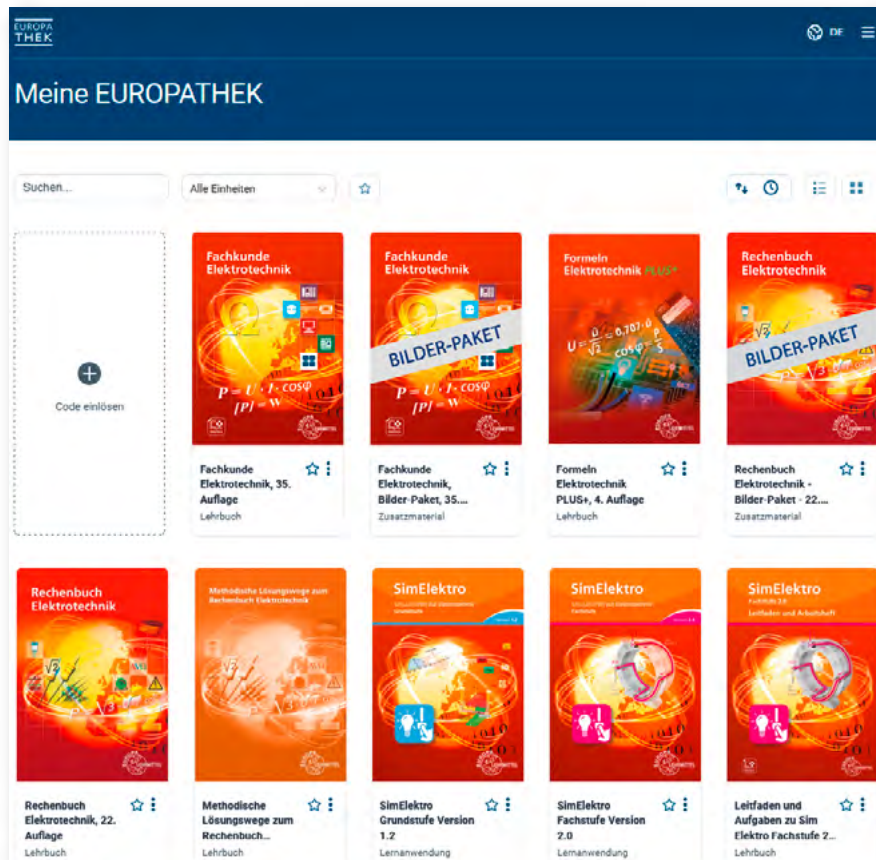


1. Registrieren/Anmelden auf www.europathek.de

Formular zur Registrierung/Anmeldung auf www.europathek.de. Es enthält Felder für E-Mail Adresse und Passwort, ein Kontrollkästchen für 'Angemeldet bleiben' und einen Link 'Passwort zurücksetzen'. Ein 'Anmelden' Button befindet sich am unteren Rand.

2. Code einlösen
Beispiel eines Freischaltcodes: VEL-XXXX-XXXX-XXXX
3. Fachkunde Elektrotechnik – Bilder-Paket starten

Eine Auswahl aktueller Elektrotechnik-Titel in der EUROPATHEK:



Weitere Infos zur EUROPATHEK sowie hilfreiche Videos zur Verwendung des virtuellen Medienregals erhalten Sie unter: www.europa-lehrmittel.de/digital

Allgemeines

Vorwort	4
Inhaltsverzeichnis (ausführlich)	5–10
Lernfeldhinweise und Projektbearbeitung	11–14
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch	ab Seite 702

Elektrotechnik

Inhalte in 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	125
8 Messtechnik	169
9 Elektronik	199
10 Elektrische Anlagen	273
11 Schutzmaßnahmen	358
12 Gebäudetechnische Anlagen	397
13 Elektrische Maschinen	477
14 Informationstechnik	539
15 Automatisierungstechnik	568
16 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung	637
17 Beruf und Betrieb	653

Infoseiten (Auswahl)

• DIN-Normen in der Elektrotechnik	680
• Schaltzeichen	681
• Elektrotechnische u. allg. Symbole, Prüfzeichen	687
• Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung)	689
• Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien)	690
• Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte)	691
• Leitungen (Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren)	692
• Drehstrommotoren (Betriebsdaten)	693
• Dioden, Transistoren, Thyristor, Triac (Kennlinien)	694
• Fachbegriffe Englisch – Deutsch	697

Praxistipps (Auswahl)

• Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	179
• Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	181
• Messen mit dem Oszilloskop	184, 185
• Analyse einer Photovoltaikanlage	287
• Elektrischer Anschluss einer Wärmepumpe	294
• Farbkennzeichnung von Leitern	319
• Verlegen von Leitungen	323
• Leitungsberechnung (Beispiele)	338
• Prüfung elektrischer Anlagen	392
• Multimediaverkabelung, vernetztes Haus	447, 460
• Anschließen eines Elektromotors, Auswahl	509, 511
• Auswahl eines PC-Mainboard	547
• Installation eines lokalen Computernetzwerkes	559
• Existenzgründung	677

Kapitelnummer und Symbole

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

Liebe Leserin, lieber Leser,

Willkommen zur 35. Auflage der Fachkunde Elektrotechnik. Wir haben ein neues Erscheinungsbild! In dieser aktualisierten Auflage stellen wir Ihnen unsere überarbeiteten und neuen fachlichen Inhalte vor. Aktualität, prüfungsrelevante Inhalte, Praxistipps, neueste technische Vorschriften in verständlicher Sprache sind uns sehr wichtig.

Dieses Buch:

- Ist fachsystematisch aufgebaut und fördert Ihr eigenständiges Lernen.
- Enthält Erklärungen und einheitliche Darstellungen zu allen wichtigen Gesetzen der Elektrotechnik.
- Unterstützt Ihre berufliche Tätigkeit durch Praxistippseiten.
- Vertieft und festigt Ihre Fachkompetenz durch Wiederholungsseiten mit Rechenaufgaben (Ergebnisse **Seite 679**).
- Fördert mithilfe eines Infoteils am Buchende Ihre kompetenzorientierte und praxisnahe Ausbildung.
- Bietet Ihnen im virtuellen Medienregal EUROPATHEK alle Abbildungen, Tabellen und Infoseiten aus dem Buch zur eigenen Verwendung sowie weitere Informationen.
- Ergänzt die Seiten „Wiederholen-Anwenden-Vertiefen“ durch ein Lösungsbuch.

In der Neuauflage der Fachkunde Elektrotechnik wurden neue innovative Inhalte, Weiterentwicklungen der Elektrotechnik, Normänderungen bzw. Vorschriften eingebracht.

Wenn Sie mithelfen wollen diese Fachkunde Elektrotechnik noch weiter zu verbessern, freuen wir uns von Ihnen zu hören.

Schreiben Sie uns unter
lektorat@europalehrmittel.de.

Ergänzende Fachliteratur

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

Buch-Icons



Informationen im Medienregal EUROPATHEK. Über www.europathek.de und eines Freischaltcodes (Vorsatzseite im Buch) können z.B. die Bilder des Buches für eigene Arbeitsmaterialien verwendet werden.



Hinweis auf weitere Buchseiten.



Hinweis auf weitere Aufgaben in der EUROPATHEK.



Hinweis auf Internetseiten.



Weitere Informationen und Videos per OR-Code abrufbar.



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



Die Autoren und der Verlag wünschen Ihnen mit unserer Fachkunde Elektrotechnik viel Erfolg und hoffen, dass dieses Buch Ihnen eine wertvolle Hilfe bei Ihrer beruflichen Tätigkeit und Ausbildung ist.

Mit freundlichen Grüßen, Ihre Autoren

Sommer 2026

Kapitel 1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

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

Kapitel 2 Grundbegriffe der Elektrotechnik

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 Leiterwiderstandes	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

Kapitel 3 Grundschaltungen der Elektrotechnik

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
3.3.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	59
3.4	Spannungsquelle	60
3.4.1	Belastungsfälle einer Spannungsquelle ..	60

3.4.2	Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle ..	61
3.4.3	Anpassung	61
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	63
3.5	Galvanische Elemente	64
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie	64
3.5.2	Brennstoffzellen	64
3.5.3	Grundbegriffe zu Primär- und Sekundärbatterien	65
3.5.4	Batterien (Primärbatterien)	66
3.5.5	Akkumulatoren (Sekundärbatterien)	67
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Grundschaltungen	70

Kapitel 4 Elektrisches Feld

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 von Kondensatoren	78
4.4.2	Reihenschaltung von Kondensatoren	78
4.5	Kenngößen und Bauarten von Kondensatoren	79
4.5.1	Kenngößen	79
4.5.2	Bauarten	79
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Elektrisches Feld	81

Kapitel 5 Magnetisches Feld

5.1	Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen	82
5.2	Elektromagnetismus	84
5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld	84
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld	85
5.3	Magnetische Größen	86
5.3.1	Magnetischer Fluss Φ	86
5.3.2	Elektrische Durchflutung Θ	86
5.3.3	Magnetische Feldstärke H	86
5.3.4	Magnetische Flussdichte B	87
5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	87
5.5	Strom und Magnetfeld	90
5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	90
5.5.2	Stromdurchflossene parallele Leiter	92
5.5.3	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld ..	92
5.6	Spannungserzeugung durch Induktion ..	93
5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	93
5.6.2	Lenzsche Regel	94
5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe) ..	95
5.6.4	Selbstinduktion	97
5.6.5	Wirbelströme	98
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Magnetisches Feld	99

Kapitel 6 Schaltungstechnik

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
	Praxistipp: Aufbau einer Video- Haussprechanlage in Bustechnik	110
6.3	Elektromagnetische Schalter	111
6.3.1	Relais	112
6.3.2	Schütze	114
6.3.3	Schützschaltungen	115
6.4	Klemmenplan bei elektrischen Steuerungen	121
	Praxistipp: Anforderungen an Steuer- stromkreise	122
	Praxistipp: Stromlaufplan und Aufbau einer Stern-Dreieck-Schaltung	123
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Schaltungstechnik	124

Kapitel 7 Wechselstromtechnik

7.1	Kenngößen der Wechselstromtechnik ..	125
7.1.1	Periode und Scheitelwert	125
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	125
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	126
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	127
7.2.1	Zeiger- und Liniendiagramm	127
7.2.2	Gradmaß, Bogenmaß und Kreisfrequenz	128
7.2.3	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	129
7.2.4	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen ..	130
7.2.5	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	131
7.2.6	Phasenverschiebung	132
7.2.7	Wirkwiderstand	132
7.2.8	Scheinwiderstand	132
7.2.9	Addition phasenverschobener Wechselgrößen	133
7.3	Spule im Wechselstromkreis	134
7.3.1	Induktiver Blindwiderstand	134
7.3.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	135
7.3.3	Spannungsdreieck	136
7.3.4	Widerstandsdreieck	137
7.3.5	Verlustwinkel, Verlustfaktor und Gütefaktor einer Spule	137
7.3.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	138
7.3.7	Stromdreieck und Leitwertdreieck	138
7.4	Leistungen im Wechselstromkreis	139
7.4.1	Wirkleistung	139
7.4.2	Blindleistung	139
7.4.3	Scheinleistung	140
7.4.4	Zusammenhang zwischen der Wirk-, Blind- und Scheinleistung	141
7.4.5	Leistungsfaktor, Wirkfaktor und Blindleistungsfaktor	142

7.4.6	Verlustleistung bei realen Spulen	142
7.5	Kondensator im Wechselstromkreis	143
7.5.1	Kapazitiver Blindwiderstand	143
7.5.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	144
7.5.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	145
7.5.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	146
7.6	Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand	147
7.6.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	147
7.6.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	148
7.7	Schwingkreise	149
7.7.1	Resonanz im Schwingkreis	150
7.7.2	Reihenschwingkreis	150
7.7.3	Parallelschwingkreis	151
7.8	Siebschaltungen	153
7.8.1	RL-Tiefpass	153
7.8.2	RL-Hochpass	153
7.8.3	RC-Tiefpass	154
7.8.4	RC-Hochpass	154
7.9	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) ..	155
7.9.1	Entstehung der Dreiphasenwechsel- spannung	155
7.9.2	Verkettung	155
7.9.3	Sternschaltung (Zeichen: Y)	157
7.9.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ)	159
7.9.5	Leiterfehler in Drehstromsystemen	160
	Praxistipp: Sternpunktverschiebung in Drehstromnetzen	161
7.9.6	Leistungen in Drehstromsystemen	162
7.9.7	Leistungsmessung in Drehstrom- systemen	163
7.10	Kompensation	164
7.10.1	Kompensationsarten	165
7.10.2	Bemessung von Kompensationskondensatoren	166
7.10.3	Kompensation bei nichtsinusförmigen Strömen	167
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Wechselstromtechnik	168

Kapitel 8 Messtechnik

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
8.1.4	Digitale Messgeräte	172
8.1.5	PC-Messtechnik	174
8.1.6	Elektrizitätszähler	175
8.2	Praktisches Messen	177
8.2.1	Messen von Leistungen	177
8.2.2	Messen von Widerständen	177
8.2.3	Messen mit Strommesszangen	178
8.2.4	Messkategorien	178
	Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	179
	Praxistipp: Effektivwertmessung nicht sinusförmiger Größen	181

8.3	Oszilloskop	182
8.3.1	Analog-Oszilloskop	182
8.3.2	Digital-Oszilloskop (DSO)	182
	Praxistipp: Messen mit einem Digital-Oszilloskop	184
	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	185
8.4	Messen mit Sensoren	186
8.4.1	Aktive und passive Sensoren	186
8.4.2	Anwendungen von Sensoren	187
8.4.3	RFID-Technologie	197
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Messtechnik	198
 Kapitel 9 Elektronik		
9.1	Halbleiterwerkstoffe	199
9.2	Halbleiterwiderstände	201
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	201
9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	202
9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	203
9.3	Halbleiterdioden	205
9.3.1	Wirkungsweise	205
9.3.2	Leistungsdioden	205
9.3.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	206
9.3.4	Halbleiterkennzeichnung	207
9.3.5	Kühlung von Halbleiterbauelementen	208
9.4	Transistoren	209
9.4.1	Bipolare Transistoren	209
9.4.2	Feldeffekttransistoren (FET)	218
9.5	Optoelektronik	219
9.5.1	Optoelektronische Sender	219
9.5.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren)	221
9.5.3	Flüssigkristallanzeigen (LCD)	223
9.5.4	Optokoppler	223
9.6	Operationsverstärker	224
9.6.1	Grundlagen	224
9.6.2	Analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern	226
9.6.3	Digitale Schaltungen mit Operationsverstärkern	228
9.7	Digitaltechnik	230
9.7.1	Duales Zahlensystem	230
9.7.2	Signalarten der Digitaltechnik	230
9.7.3	Grundverknüpfungen	230
9.7.4	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	232
9.7.5	Schaltkreisfamilien	234
9.7.6	Schaltalgebra	235
9.7.7	Antivalenz-Verknüpfung und Äquivalenz-Verknüpfung	236
9.7.8	Kippglieder	237
9.7.9	Analog-Digital-Umsetzer (AD-Umsetzer)	240
9.7.10	Digital-Analog-Umsetzer (DA-Umsetzer)	242
9.8	Leistungselektronik	243
9.8.1	Bauelemente der Leistungselektronik	243
9.8.2	Begriffe der Leistungselektronik	247
9.8.3	Gleichrichterschaltungen	248
9.8.4	Netzgeführte Stromrichter als Gleichrichter oder Wechselrichter	256
9.8.5	Wechselstrom-Umrichter	257
9.8.6	Gleichstrom-Umrichter	259
9.8.7	Selbstgeführte Wechselrichter	261
9.8.8	Stromrichter-Antriebe	262

Praxistipp: Frequenzumrichter, Installation und Inbetriebnahme	269
9.8.9 Netzgeräte	270
Wiederholen · Anwenden ·	
Vertiefen: Elektronik	272

Kapitel 10 Elektrische Anlagen

10.1	Energieerzeugung und Energieübertragung	273
10.1.1	Kraftwerke	273
	Praxistipp: Analyse einer Photovoltaikanlage	285
10.1.2	Energiemanagement in intelligenten Netzen (Smart Grid)	289
	Praxistipp: Elektrischer Anschluss einer Wärmepumpenanlage	294
	Praxistipp: Aufbau eines Energiemanagement-Systems im Wohnhaus	295
10.1.3	Übertragungs- und Verteilnetze	296
10.1.4	Netzformen	300
10.1.5	Niederspannungsanlagen	301
	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler	309
	Praxistipp: Ausstattung elektr. Anlagen in Wohngebäuden	312
10.1.6	Elektromagnetische Verträglichkeit und TN-System	313
10.2	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen	316
10.2.1	Isolierte Leitungen	316
	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern (Prinzip)	319
10.2.2	Kabel für Niederspannungs- und Mittelspannungsanlagen	320
10.2.3	Freileitungen für Mittel- und Hochspannungsanlagen	320
10.2.4	Datenleitungen	321
10.2.5	Twisted-Pair-Leitung	321
10.2.6	Lichtwellenleiter (LWL)	321
	Praxistipp: Verlegen von Leitungen	323
10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	325
10.4	Schutzschalter	328
10.4.1	Thermischer Auslöser	328
10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser	328
10.4.3	Leitungsschutzschalter	329
10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	330
10.4.5	Brandschutzschalter (AFDD)	331
10.4.6	Leistungsschalter	332
10.4.7	Motorschutzeinrichtungen	332
10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	335
10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	336
10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	337
	Praxistipp: Beispiel einer einfachen Leitungsberechnung	338
	Praxistipp: Beispiel einer erschwerten Leitungsberechnung	339
	Praxistipp: Leiterquerschnittsermittlung bei Oberschwingungsströmen	340
10.6	Räume und Anlagen besonderer Art	342
10.6.1	Elektroinstallation an Orten mit Badewanne oder Dusche	342
10.6.2	Sauna-Anlagen	344

10.6.3	Baustellen	344
10.6.4	Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten	345
10.6.5	Feuergefährdete Betriebsstätten	346
10.6.6	Explosionsgefährdete Bereiche	348
10.6.7	Medizinisch genutzte Bereiche	349
10.6.8	Stromversorgungen für Elektro-Fahrzeuge	350
10.6.9	Übersicht der Räume und Anlagen besonderer Art	354
10.7	Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen	355
10.7.1	Verhalten beim Brand in elektrischen Anlagen	355
10.7.2	Löschmittel	355
10.7.3	Brandabschottung für Kabel und Leitungen	356
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Elektrische Anlagen	357

Kapitel 11 Schutzmaßnahmen

11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	358
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	358
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	360
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	360
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	361
11.2.1	Schutzklassen	361
11.2.2	IP-Schutzarten	362
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	363
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	364
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	365
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	365
11.3	Netzsysteme	366
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	368
11.5	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	369
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz	369
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz	370
11.5.3	Schutz im TN-System	371
11.5.4	Schutz im TT-System	372
11.5.5	Schutz im IT-System	373
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	374
11.7	Schutztrennung	374
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	375
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	376
11.9.1	Aufbau und Funktion	376
11.9.2	Anwendungen von RCDs	377
11.9.3	Kennwerte von RCDs	378
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	378
11.9.5	RCD als Brandschutz	380
11.10	Differenzstrom- Überwachungseinrichtung	380

11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	381
11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	382
11.12.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100-600	383
11.12.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpo- tenzialausgleichsleiter	385
11.12.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	385
11.12.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	386
11.12.5	Isolationswiderstandsmessung isolierender Fußböden und Wände	386
11.12.6	Prüfen der Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-, TT- und IT-System	387
11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	390
11.12.8	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	391
	Praxistipp: Prüfung elektrischer Anlagen	392
11.13	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	395
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Schutzmaßnahmen	396

Kapitel 12 Gebäudetechnische Anlagen

12.1	Beleuchtungsanlagen	397
12.1.1	Physikalische Grundlagen	398
12.1.2	Lichttechnische Kriterien der Beleuchtung	400
12.1.3	Licht und Umwelt	402
12.1.4	Licht und Wirtschaftlichkeit	403
12.1.5	Baugruppen der Beleuchtungstechnik	404
	Praxistipp: LED-Retrofit-Lösungen	407
	Praxistipp: Ersatz einer Halogen- Beleuchtung durch LED-Beleuchtung	408
12.1.6	Planung von Beleuchtungsanlagen	410
	Praxistipp: Beispiel zur Ermittlung der Lampenzahl	412
12.2	Elektrogeräte	416
12.2.1	Allgemeines über Elektrogeräte	416
12.2.2	Elektrische Warmwasserbereiter	417
12.2.3	Elektrische Raumheizung	419
12.2.4	Elektrische Geräte zur Nahrungsvorratshaltung und -zubereitung	422
12.2.5	Elektrische Geräte zur Wäschepflege und Geschirrrreinigung	426
12.2.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer Geräte	429
12.2.7	Prüfen von Elektrogeräten nach der Reparatur	431
12.2.8	Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten	433
	Praxistipp: Prüfung von Elektro- geräten nach einer Reparatur (VDE 0701)	434
	Praxistipp: Steckvorrichtungen Energie	435
12.3	Empfangs- und Verteilanlagen für Radio und Fernsehen	436

12.3.1	Wirkungsweise von Antennen	436
12.3.2	Kenngrößen von Empfangsantennen	437
12.3.3	Terrestrische Empfangsanlagen	438
12.3.4	Satelliten-Empfangsanlagen	439
12.3.5	Antennen- und Breitband-Kommunikations (BK)-Verteilanlagen	441
12.3.6	Sicherheit von Antennen-Empfangsanlagen	442
12.3.7	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß und Pegel	443
12.3.8	Berechnung einer Antennenempfangsanlage	444
12.3.9	Messungen in Antennen- und BK-Empfangsanlagen	445
12.3.10	Internetbasierte Empfangssysteme	446
	Praxistipp: Multimediaverkabelung im Wohnbereich	447
12.4	All-IP-Technik	448
12.4.1	Grundsätzliches zu All-IP	448
12.4.2	Anschlusstechnik	449
	Praxistipp: Auswahl und Anschluss eines DSL-Routers	451
12.5	Gebäudeautomation	452
12.5.1	Gebäudeleittechnik	452
12.5.2	Gebäudesystemtechnik	453
	Praxistipp: KNX-Projekt programmieren	457
	Praxistipp: Umrüsten einer Jalousiesteuerung auf KNX	459
	Praxistipp: Vernetzungsmöglichkeiten im Smart Home	460
12.5.3	Gebäudeautomation mit Visualisierung	462
12.6	Gefahrenmeldeanlagen	463
12.6.1	Allgemeine Festlegungen	463
12.6.2	Brandmeldeanlagen	464
12.6.3	Einbruchmeldeanlagen	466
12.6.4	Überfallmeldeanlagen	468
	Praxistipp: Beispiel einer Einbruchmeldeanlage	469
	Praxistipp: Installation von Rauchmeldern in einer Werkhalle	470
12.7	Blitzschutz	471
12.7.1	Gründe für Blitzschutzsysteme	471
12.7.2	Blitzschutzsysteme	471
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Gebäudetechnik	476

Kapitel 13 Elektrische Maschinen

13.1	Transformatoren	478
13.1.1	Einphasentransformatoren	478
13.1.2	Kleintransformatoren	484
13.1.3	Sondertransformatoren	487
13.1.4	Messwandler	488
13.1.5	Drehstromtransformatoren	490
13.1.6	Parallelschalten von Transformatoren	495
13.2	Rotierende elektrische Maschinen	496
13.2.1	Grundlagen	496
13.2.2	Drehstromasynchronmotoren	501
	Praxistipp: Anschließen eines Drehstrommotors	509
	Praxistipp: Auswahl eines Elektromotors	511
13.2.3	Drehstromlinearmotoren	516
13.2.4	Synchronmotor	517
13.2.5	Sondermotoren	518

13.2.6	Synchrongenerator	522
13.2.7	Stromwendermotoren	524
13.2.8	Servomotoren	532
13.2.9	Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen	537
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Elektrische Maschinen	538

Kapitel 14 Informationstechnik

14.1	Bereiche der Informationstechnik	539
14.2	Computer, Programme und Peripherie	540
14.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	540
14.2.2	Hardware, Software und Firmware	541
14.2.3	Computersystem	541
14.3	Mikrocomputer	542
14.4	Personal Computer (PC)	543
14.4.1	Komponenten eines PC	543
14.4.2	Mikroprozessor (CPU)	544
14.4.3	Halbleiterspeicher	545
14.4.4	Buskommunikation	546
14.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	546
	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	547
14.5	Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	548
14.5.1	Geräte zur Eingabe	548
14.5.2	Geräte zur Ausgabe	548
14.5.3	Periphere Geräte zur Datenspeicherung	550
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	551
14.6	Software	552
14.6.1	Systemprogramme	552
14.6.2	Anwendungsprogramme	553
14.7	Vernetzung von Computern	554
14.7.1	Netzwerktopologien	554
14.7.2	Netzwerkdienste	554
14.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	555
14.7.4	Netzwerkprotokoll	557
14.7.5	Drahtlose Netzwerke	558
14.7.6	Globales Netzwerk Internet	558
	Praxistipp: Installation eines lokalen Computernetzwerkes	559
	Prüfung der Netzwerkverkabelung	562
	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	563
14.8	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	564
14.9	Schädliche Programme (Malware)	564
14.10	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme	565
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Informationstechnik	567

Kapitel 15 Automatisierungstechnik

15.1	Industrie 4.0	568
15.2	Steuerungstechnik	569
15.2.1	Steuern	569
15.3	Pneumatik	572
15.3.1	Druckluftherzeugung und Aufbereitung	572
15.3.2	Druckluftzylinder	572
15.3.3	Wegeventile und Stromventile	573

15.4	Kleinststeuergeräte	574
	Praxistipp: Steuerung für Trockenofen entwickeln	575
15.4.1	LOGO!-Zeitfunktionen	577
15.4.2	LOGO!-Zähler	578
15.4.3	LOGO!-Meldetext	578
15.5	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	579
15.5.1	Aufbau	579
15.5.2	Programmiersprachen	580
15.5.3	Arbeitsweise einer SPS	580
15.5.4	Bausteinstruktur in STEP 7	582
15.5.5	Programmierung (Bitverknüpfungen)	583
15.5.6	Bibliotheksfähige Bausteine	588
15.5.7	Symbolische Adressierung (PLC-Variablen)	589
15.5.8	Zeit- und Zählfunktionen	590
15.5.9	Vergleiche	595
15.5.10	Ablaufsteuerungen	596
15.5.11	Analogwertverarbeitung	602
15.5.12	Feldbusse	605
15.5.13	Prozessvisualisierung	609
15.6	Maschinensicherheit	611
15.6.1	Sicherheitsbezogene Steuerungsteile	611
15.6.2	Schritte zur sicheren Maschine	611
15.6.3	Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)	617
15.6.4	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	618
15.6.5	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	619
15.7	Regelungstechnik	621
15.7.1	Aufgaben und Begriffe	621
15.7.2	Regelstrecken	622
15.7.3	Regler	626
15.7.4	Regelkreis	632
15.7.5	Universalregler	634
15.7.6	Prozessleitsystem	634
	Praxistipp: Entwurf einer Regelung	635
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Automatisierungstechnik.	636

Kapitel 16 Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung

16.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	637
16.1.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	638
16.2	Fertigungsverfahren	640
16.2.1	Verbindungen (Fügen)	640
16.2.2	Gedruckte Schaltungen	642
16.2.3	SMD-Technik	643
16.3	Umweltschutz	644
16.3.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	644
16.3.2	Umweltschutz im Betrieb	645
16.3.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	646
16.4	Instandhaltung	648
16.5	Energieeinsparung	649
16.5.1	Rationeller Umgang mit Energie	649
16.5.2	Stand-by-Betrieb	651
16.5.3	Tipps zum Energiesparen	651
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	652

Kapitel 17 Beruf und Betrieb

17.1	Berufliche Handlungskompetenz	653
	Praxistipp: Benehmen und Stil im Beruf – Business-Etikette	654
17.1.1	Teamarbeit	655
17.1.2	Arbeitsmethoden und Zeitplanung	656
17.1.3	Kommunikation	657
17.1.4	Kreativitätstechniken	658
17.1.5	Informationsbeschaffung	659
17.2	Präsentation	660
17.2.1	Aufgaben einer Präsentation und Vorbereitung	660
17.2.2	Visualisierung	661
17.2.3	Vortragen einer Präsentation	662
17.3	Projektmanagement	663
17.3.1	Aufgaben von Projekten	663
17.3.2	Projektphasen	664
17.4	Kundenauftrag und Kundenservice	665
17.4.1	Kundenerwartungen und Umgang mit dem Kunden	665
17.4.2	Phasen eines Kundenauftrags	666
17.4.3	Kundenservice	668
17.5	Kalkulation und Angebot	669
17.5.1	Kalkulation im Industriebetrieb	670
17.5.2	Kalkulation von Dienstleistungen	671
17.5.3	Kalkulation im Handwerksbetrieb	672
17.5.4	Rechnungsstellung	673
17.6	Qualitätsmanagement	674
17.6.1	Ziele des Qualitätsmanagements	674
17.6.2	Normenreihe DIN EN ISO 9000 ff.	674
17.6.3	TQM-Methode	675
17.6.4	Qualitätswerkzeuge	676
	Praxistipp: Existenzgründung	677
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Beruf und Betrieb	678
	Wiederholen · Anwenden ·	
	Vertiefen: Ergebnisse der Rechenaufgaben	679

Infoteil

Arten von DIN-Normen in der Elektrotechnik (Auswahl)	680
Schaltzeichen	681
Wichtige elektrotechnische Symbole	687
Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	688
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	689
Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzrichtungen	690
Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	691
Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	692
Betriebsdaten von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer	693
Dioden	694
NPN-Transistor	695
Thyristor, Triac	696
Fachbegriffe Englisch – Deutsch	697
Firmen- und Bildquellenverzeichnis	700
Sachwortverzeichnis	702

Vorbemerkungen zu den Lernfeldern

Das duale System unterscheidet die Lernorte Betrieb und Berufsschule. Die Ausbildung im Betrieb wird durch die Ausbildungsordnung des Bundes geregelt. Für die Berufsschulen gelten die Lehrpläne des jeweiligen Bundeslandes. Diese Lehrpläne bauen auf dem Rahmenlehrplan der Kultusministerkonferenz (KMK)¹ auf. Rahmenlehrpläne für den berufsbezogenen Unterricht werden für die gesamte Ausbildungszeit erstellt. Sie geben eine inhaltliche und zeitliche Struktur vor, machen jedoch keine Angaben zu möglichen Unterrichtsfächern, Unterrichtsformen und Stundentafeln. Diese organisatorischen Maßnahmen werden durch das jeweilige Bundesland getroffen.

Die Lernfelder orientieren sich an beruflichen Handlungsfeldern. Sie sind methodisch-didaktisch so umzusetzen, dass sie zu einer umfassenden beruflichen Handlungskompetenz führen.

Rahmenlehrpläne beinhalten:

- Vorbemerkungen,
- Bildungsauftrag der Berufsschule,
- didaktische Grundsätze,
- berufsbezogene Anmerkungen und
- Lernfelder.

Lernfelder beinhalten:

- Zielformulierung,
- Lerninhalte und
- zeitliche Richtwerte.

Lernfelder erfordern:

- Projektarbeit (**Seite 13**) und
- selbstgesteuertes Lernen.

Lernfelder für das erste Ausbildungsjahr im Berufsfeld Elektrotechnik

Die folgende Seitenauswahl zu den Lernfeldern aus dem Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker und Elektronikerin dient als Anregung. Lernfeldinhalte können evtl. je nach Bundesland variieren.

Lernfeld 1: Elektrotechnische Systeme analysieren, Funktionen prüfen und Fehler beheben	Seite
• Betriebliche Strukturen, Arbeitsorganisation, Teamarbeit	653, 655
• Informationsbeschaffung	659
• Schaltpläne, Schaltzeichen	25, 100, 681
• Elektrotechnische Grundgrößen, Grundschaltungen	21, 28, 31, 42, 49
• Gefahren des elektrischen Stromes	358
• Arbeitsschutz, Unfallschutz, Sicherheitsregeln	15, 363
• Messverfahren, Oszilloskop	169, 182
• Elektronische Bauelemente	199, 689, 694

Lernfeld 2: Elektrische Systeme planen und installieren

• Auftragsplanung	665
• Installationsschaltungen	103
• Hausrufanlagen, Haussprechanlagen	107
• Auswahl von Kabeln, Leitungen und Überstrom-Schutzeinrichtungen	316, 335, 690
• Leitungsdimensionierung	335, 338, 340
• Sicherheitsbestimmungen und -regeln, Sicherheitszeichen	15, hintere Innenumschlagseite
• Umweltschutz, Energieeinsparung	644, 649
• Angebotserstellung, Kostenberechnung, Rechnungserstellung	669, 673

Lernfeld 3: Steuerungen und Regelungen analysieren und realisieren

• Fachbegriffe, EVA-Prinzip, Steuerungsarten, Funktionsplan, Kontaktplan	569, 574, 580
• Sensoren	186
• Digitaltechnik, logische Grundverknüpfungen	230
• Speicherfunktion, Kippschaltungen	238
• Relais und Schütze	110
• Englische Fachbegriffe	697, Sachwortverzeichnis

Lernfeld 4: Informationstechnische Systeme bereitstellen

• Pflichtenheft, Lastenheft	663
• Hardware	541
• Betriebssysteme	552
• Softwarekomponenten, Anwendungen, Internet	552, 553, 558
• Netzwerke	554
• Präsentationstechniken	660, 662
• Datensicherung, Datenschutz	564

¹ Rahmenlehrpläne können über www.kmk.org oder www.bibb.de eingesehen werden

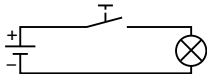
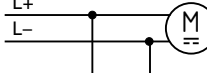
Lernfeld	Berufe ¹						Lernfelder	Buchseiten (Beispiele)
	GS	MA	GI	BT	EG	AT		
5	x	x	x	x		x	- Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten - Elektroenergieversorgung und Sicherheit von gebäude-technischen Systemen und Geräten gewährleisten - Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren	- Sicherheit am Arbeitsplatz 15 - Gefahren des elektrischen Stromes 358 - Schutzmaßnahmen 358 - Netzsysteme 366
6	x	x	x	x		x	- Anlagen analysieren und deren Sicherheit prüfen - Geräte und Baugruppen in Anlagen analysieren und prüfen - Gebäudetechnische Anlagen inspizieren und prüfen - Elektrische Maschinen herstellen und prüfen - Gebäudetechnische Systeme analysieren und Änderungen vornehmen - Elektrotechnische Systeme analysieren und prüfen	- Gebäudetechnik 397 - Prüfen der Schutzmaßnahmen 382 - Wiederholungsprüfung, E-Check 390 - Elektrische Maschinen 477 - Messtechnik 169, 179 - Elektronik 199 - Gedruckte Schaltungen 642
7	x	x	x	x		x	- Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren - Gebäudetechnische Anlagen kundengerecht realisieren - Betriebsverhalten elektrischer Maschinen analysieren - Komponenten und Funktionen in gebäudetechnische Systeme integrieren - Steuerungen und Regelungen für Systeme programmieren und realisieren	- Sensoren, Aktoren 186 - Steuerungstechnik 569 - Kleinsteuerungen 574 - Speicherprogrammierbare Steuerungen 579 - Gebäudeautomation 452 - KNX-Projekt 457 - Betriebsarten elektrischer Maschinen 498
8	x	x	x	x		x	- Antriebssysteme auswählen und integrieren - Gebäudetechnische Systeme nach betriebswirtschaftlichen Aspekten erweitern - Elektrische Maschinen und mechanische Komponenten integrieren¹ - Energiewandlersysteme auswählen und integrieren - Schnittstellen von Komponenten analysieren und gewerkeübergreifende Funktionen realisieren	- Auswahl eines Elektromotors 511 - Anlassverfahren elektrischer Maschinen 505 - Aufbau elektrischer Maschinen 497 - Elektrische Maschinen 477 - Prüfen von Elektrogeräten 431 - Wiederholungsprüfungen 390, 433
9	x	x	x	x		x	- Steuerungs- und Kommunikationssysteme integrieren - Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren - Gebäudetechnische Anlagen ausführen und in Betrieb nehmen - Systeme integrieren und Fremdleistungen vergeben - Elektrische Maschinen instand setzen - Software von gebäudetechnischen Systemen einrichten, erweitern und anpassen	- Leitungen und Kabel 316 - Gebäudetechnik 397 - Telekommunikationsanlagen 448 - Hausruf-Anlagen 107 - Gebäudeleittechnik 452 - Antennenanlagen 436 - Gefahrenmeldeanlagen 463 - Wartung und Prüfung elektr. Maschinen 537
10	x	x	x	x		x	- Automatisierungssysteme in Betrieb nehmen und übergeben - Elektrische Geräte und Anlagen der Haustechnik planen, in Betrieb nehmen und übergeben - Energietechnische Anlagen errichten und instand halten - Gebäude- und Infrastruktursysteme nach Kundenwunsch betreiben - Steuerungen und Regelungen für elektrische Maschinen auswählen und anpassen - Daten und Dienste gebäudetechnischer Systeme sicher bereitstellen	- Elektrische Anlagentechnik 273 - Netzsysteme 366 - Leistungselektronik 243 - Transformatoren 477 - Automatisierungstechnik 568 - Elektrogeräte 416 - Licht- und Beleuchtungstechnik 397 - Fotovoltaikanlagen 285 - Regelungstechnik 621 - Blitzschutz 471
11	x	x	x	x		x	- Automatisierungssysteme instand halten und optimieren - Energietechnische Systeme errichten, in Betrieb nehmen und instand setzen - Automatisierte Anlagen in Betrieb nehmen und instand halten - Gebäude- und Infrastruktursysteme instand halten und Reparaturaufträge vergeben - Elektrische Maschinen in technische Systeme integrieren - Gebäudetechnische Systeme gewerkeübergreifend projektieren	- Elektrische Anlagentechnik 273 - Netzsysteme 366 - Netzformen 294 - Transformatoren 477 - Automatisierungstechnik 568 - Kundenauftrag 665 - Gebäudetechnik 397 - Elektrische Maschinen 477
12	x	x	x	x		x	- Automatisierungssysteme planen - Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren - Elektrotechnische Anlagen planen und realisieren - Nutzungsänderungen an Gebäude- und Infrastruktursystemen planen - Antriebssysteme instand halten - Gebäudetechnische Systeme warten und instand setzen	- Elektrische Anlagentechnik 273 - Leitungsberechnung 338 - KNX 453 - Energieeinsparung 649 - Automatisierungstechnik 568 - Feldbusse 605 - Maschinensicherheit 611, 618 - Wartung und Prüfung elektr. Maschinen 537
13	x	x	x	x		x	- Automatisierungssysteme realisieren - Energie- und gebäudetechnische Systeme anpassen und dokumentieren - Elektrotechnische Anlagen instand halten und ändern - Gebäude- und Infrastruktursysteme optimieren - Antriebssysteme anpassen und optimieren - Gebäudetechnische Systeme anpassen und optimieren	- Schutzmaßnahmen 358 - Elektrische Anlagentechnik 273 - Auswahl eines Elektromotors 511 - Automatisierungstechnik 568 - Ablaufsteuerungen 596 - Fertigungsverfahren 640 - Räume und Anlagen besonderer Art 354

¹ Elektroniker für AT: Automatisierungstechnik, EG: Energie- und Gebäudetechnik (Handwerk), BT: Betriebstechnik, GI: Gebäude- und Infrastruktursysteme, MA: Maschinen- und Antriebstechnik, GS: Gebäudesystemintegration (Handwerk)

2.2 Arten von Stromkreisen

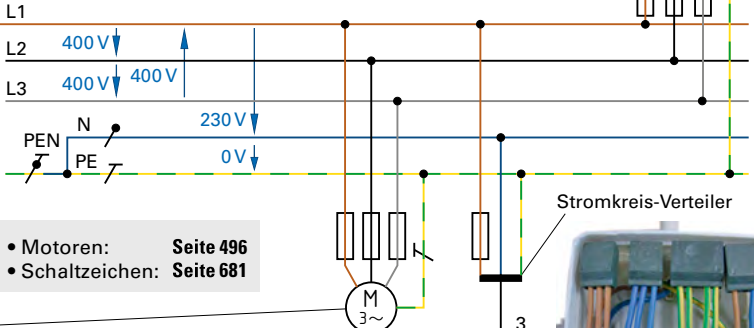
In der Elektrotechnik muss die elektrische Energie sicher und wirtschaftlich bis zum Verbraucher geliefert werden. Dazu benötigt man verschiedene Stromkreise. Man unterscheidet in der Praxis:

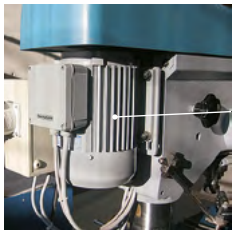
- Elektrische Gleichstromkreise,
- Einphasen-Wechselstromkreise (vereinfacht Wechselstromkreise genannt),
- Dreiphasen-Wechselstromkreise (auch Drehstromkreise genannt).

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

Überstrom-Schutzeinrichtungen (Sicherungen)

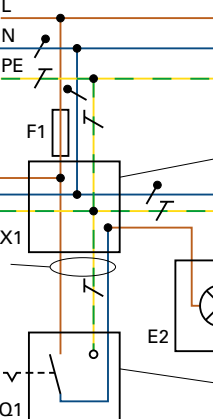
 Gleichrichtung: Seite 248

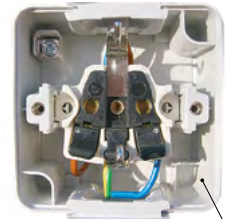
Dreiphasen-Wechselstromkreis (Seite 155)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter 1	L1	
Außenleiter 2	L2	
Außenleiter 3	L3	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	
Neutralleiter mit Schutzfunktion	PEN	



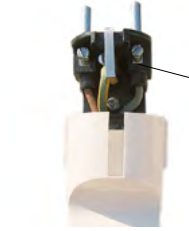
Drehstrommotor

- Motoren: Seite 496
- Schaltzeichen: Seite 681

Einphasen-Wechselstromkreis (Seite 125)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter	L ¹	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	



Schutzkontaktsteckdose

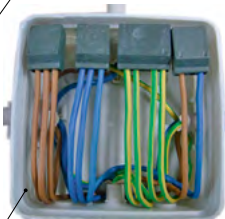


Schutzkontaktstecker

Anstelle der blauen Ader bei 3-adrigen Leitungen kann bei 5-adrigen Leitungen die schwarze Ader verwendet werden.

- Installationsschaltungen: Seite 103
- Farbkennzeichnung von Leitern: Seite 316
- Leitungsverlegung: Seite 323

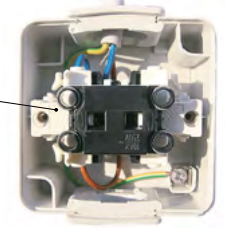
Stromkreis-Verteiler



Abzweigdose



Leuchte mit Lampe



Ausschalter

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



3.3 Gemischte Schaltungen

In der Praxis kommen häufig Schaltungen vor, die aus der Kombination von Reihenschaltungen und Parallelschaltungen bestehen (**Bild 1**). Solche Schaltungen bezeichnet man als gemischte Schaltungen oder Gruppenschaltungen.

Gemischte Schaltungen nennt man auch Gruppenschaltungen.

Gruppenschaltungen bestehen aus mindestens drei Bauelementen. Werden mehrere gemischte Schaltungen miteinander verknüpft, so spricht man von einem Netzwerk.

Zur Ermittlung des Ersatzwiderstandes gemischter Schaltungen geht man wie folgt vor:

- Die Schaltung löst man von innen nach außen auf.
- Zusammenfassen von Reihen- oder Parallelschaltungen zu einem Ersatzwiderstand (**1. Schritt in Bild 1**) nach den Gesetzen der Reihen- oder Parallelschaltung.
- Die neu entstandenen Schaltungen, die als Reihen- oder Parallelschaltungen vorliegen, sind wieder zu einem Ersatzwiderstand zusammenzufassen (**2. Schritt in Bild 1**).
- Schritte wiederholen, bis nur noch ein Ersatzwiderstand vorliegt (**3. Schritt in Bild 1**).

3.3.1 Spannungsteiler

Elektrogeräte und elektronische Geräte benötigen oft eine Spannung, die von null bis zur Höchstspannung einstellbar ist. So kann man z.B. die Helligkeit einer Lampe, den Arbeitspunkt eines Verstärkers oder die Drehzahl eines Gleichstrommotors durch Ändern der angelegten Spannung verstellen. Bei Verbrauchern mit großen Leistungen wird die Verbraucherspannung meist mit einer elektronischen Schaltung, z.B. Phasenanschnittsteuerung (**Seite 257**) nahezu verlustlos eingestellt. Bei Schaltungen mit kleiner Leistung, z.B. bei Verstärker-Eingängen, lässt sich die veränderbare Spannung auch durch eine Reihenschaltung von Festwiderständen (**Bild 2**) oder mit Stellwiderständen (Potenziometer) (**Bild 3**) herstellen. Diese Schaltungen beruhen auf dem Prinzip der Spannungsteilung.

Der Spannungsteiler besteht aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen R_1 und R_2 (**Bild 2**). An den beiden äußeren Anschlüssen der Reihenschaltung liegt die Spannung U . Am Widerstand R_2 wird die Teilspannung bzw. Ausgangsspannung U_2 abgegriffen. Wenn kein Verbraucher angeschlossen ist, bezeichnet man die Spannung als Leerlaufspannung U_{20} .

Wird der Widerstand R mit einem verstellbaren Abgriff versehen, z.B. einem Schleifer, so kann man die Ausgangsspannung U_{20} von null Volt bis zur Betriebsspannung U stetig verändern (**Bild 3**). Je nach Wert der Widerstände R_1 und R_2 bzw. der Stellung des Schleifers beim Potenziometer (**Bild 3**) kann die Spannung U_{20} die Werte $U_{20} = U$ (Schleifer ganz oben) oder $U_{20} = 0$ V (Schleifer ganz unten) annehmen.

Mit einem stufenlos verstellbaren Widerstand (Potenziometer) kann man die Ausgangsspannung U_{20} von null Volt bis zur Betriebsspannung U einstellen.

Im Gegensatz zu Schaltungen mit einem Vorwiderstand, kann man beim Spannungsteiler die Spannungsänderung auch im Leerlauf, d.h. ohne angeschlossenen Verbraucher, einstellen.

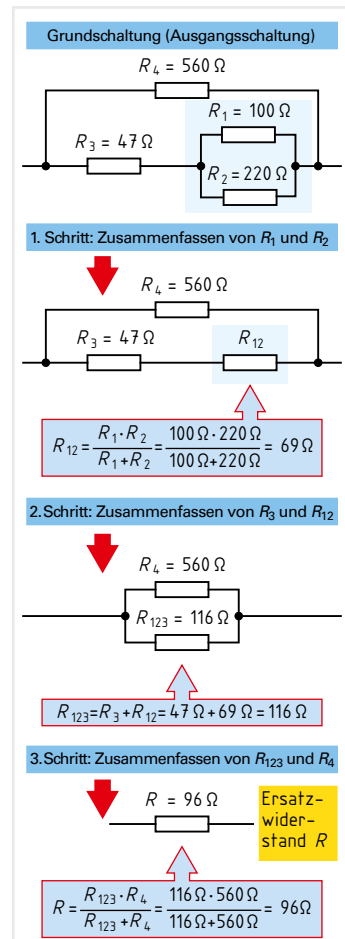


Bild 1: Gemischte Schaltung

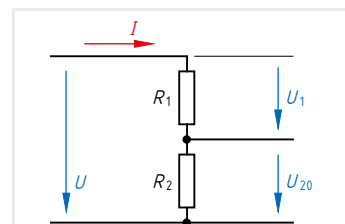


Bild 2: Spannungsteiler mit Festwiderständen

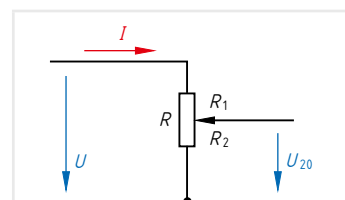


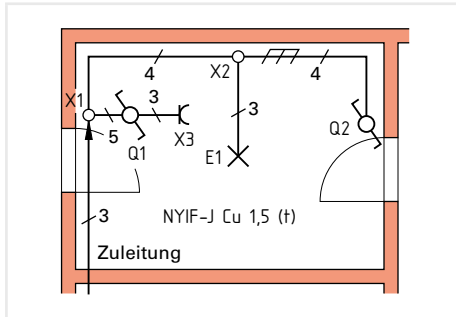
Bild 3: Spannungsteiler mit Potenziometer



SITUATIONSCHREIBUNG

In einem Wohnraum soll die Leuchte E1 von zwei Stellen aus ein- oder ausgeschaltet werden. Dafür soll eine Wechselschaltung eingesetzt werden. Zusätzlich soll eine Steckdose installiert werden.

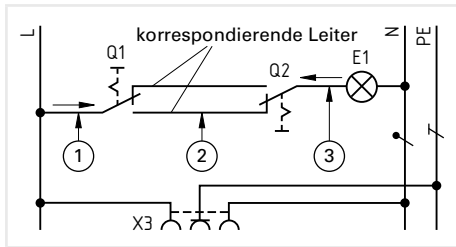
1. Installationsschaltplan einer Wechselschaltung mit Steckdose



Dem Installationsplan ist zu entnehmen	Leitungsverlegung
1. Leitungsmaterial (hier: NYIF-J, Seite 317)	Symbole: unter Putz im Putz auf Putz
2. Leiterquerschnitt (hier: 1,5 mm ²)	
3. Zahl der benötigten Adern des Leitungsabschnittes (hier: z. B. 4 Adern zwischen X1 und X2)	
4. Schaltungsart (hier: Wechselschaltung)	
5. Leitungsverlegung (hier: Leitungsverlegung im Putz)	
6. Verlegeart (hier: Verlegeart C, Seite 691)	



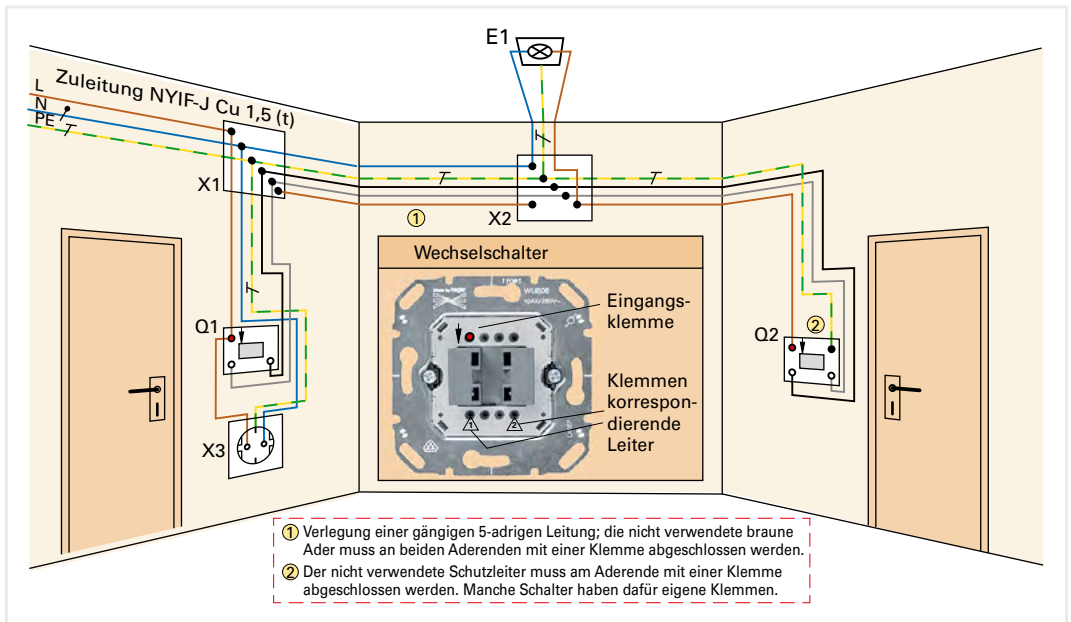
Nach DIN VDE 0100-410 ist bei Anlagen mit der Schutzmaßnahme Schutz durch Abschaltung der Stromversorgung in jedem Leitungsabschnitt ein Schutzleiter PE erforderlich.

2. Stromlaufplan der Wechselschaltung mit Steckdose in aufgelöster Darstellung¹

Anschluss der Wechselschaltung:

- ① Außenleiter L an die Eingangs-klemme von Q1
- ② Die korrespondierenden Leiter verbinden die noch freien Ausgangsklemmen von Q1 mit Q2
- ③ Schalt-draht an die Eingangs-klemme von Q2

3. Installation



¹ Stromlaufplan der Wechselschaltung in zusammenhängender Darstellung siehe Tabelle 1, **Seite 104**.

7.9 Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)

7.9.1 Entstehung der Dreiphasenwechselspannung

VERSUCH 1

Dreiphasenwechselspannung durch Induktion erzeugen. Schließen Sie an jede der gleichen, räumlich um 120° versetzten Spulen (**Bild 1**) einen Gleichspannungsmesser mit Nullpunkt in Skalenmitte an. Drehen Sie den im Zentrum der Spulen liegenden Stabmagneten mit konstanter Drehzahl um seine Achse.

- Die Zeiger der drei Spannungsmesser schlagen bei jeder vollen Umdrehung des Polrades nacheinander je einmal nach links und nach rechts aus.

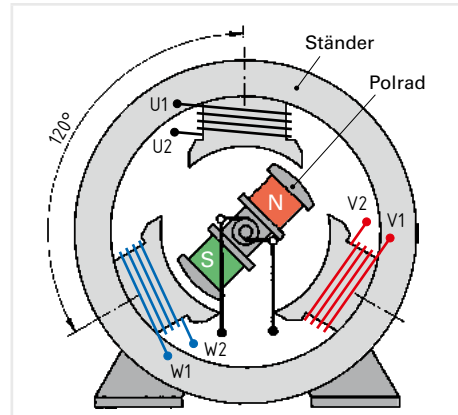


Bild 1: Erzeugung von drei um je 120° phasenverschobenen Wechselspannungen



Sternschaltung, Symbol: Y

Dreieckschaltung, Symbol: Δ

Dreht sich das Polrad, wird in jeder Spule eine Wechselspannung mit gleicher Amplitude und Frequenz induziert. Die Spannungen sind wegen der räumlichen Anordnung der Spulen auch zeitlich um $1/3$ Periode gegeneinander verschoben. Ihr Phasenverschiebungswinkel zueinander beträgt jeweils 120° (**Bild 2b**). Die drei Spulen eines solchen Generators bilden die **Stränge**. In jedem Strang wird eine Spannung induziert, die man **Strangspannung** nennt.

Die Anfänge der Stränge bezeichnet man mit U1, V1, W1, die Strangenden mit U2, V2, W2. Durch **Verkettung** (Verbindung) der drei Spulen miteinander kann man die Anzahl der zur Energieübertragung notwendigen Leiter auf drei Leiter (L1, L2, L3) verringern.

Drei um 120° phasenverschobene und verkettete Wechselspannungen nennt man Dreiphasenwechselspannung.

7.9.2 Verkettung

Verbindet man bei einem Erzeuger oder Verbraucher die drei Strangenden U2, V2 und W2, so entsteht die **Sternschaltung**, Zeichen: Y (**Bild 2a und 2c**). Den Verbindungspunkt von U2, V2 und W2 nennt man **Sternpunkt** (**Bild 2a und 2c**). Am Sternpunkt wird meist der **Neutralleiter N** angeschlossen.

Verbindet man das Ende eines Stranges mit dem Anfang des nächsten, z. B. U2 mit V1, V2 mit W1 und W2 mit U1, entsteht die **Dreieckschaltung**, Zeichen: Δ (**Bild 2d**). Die drei Leiter L1, L2 und L3, die bei beiden Schaltungen vom Erzeuger zu den Stranganfängen U1, V1 und W1 führen, nennt man **Außenleiter**.

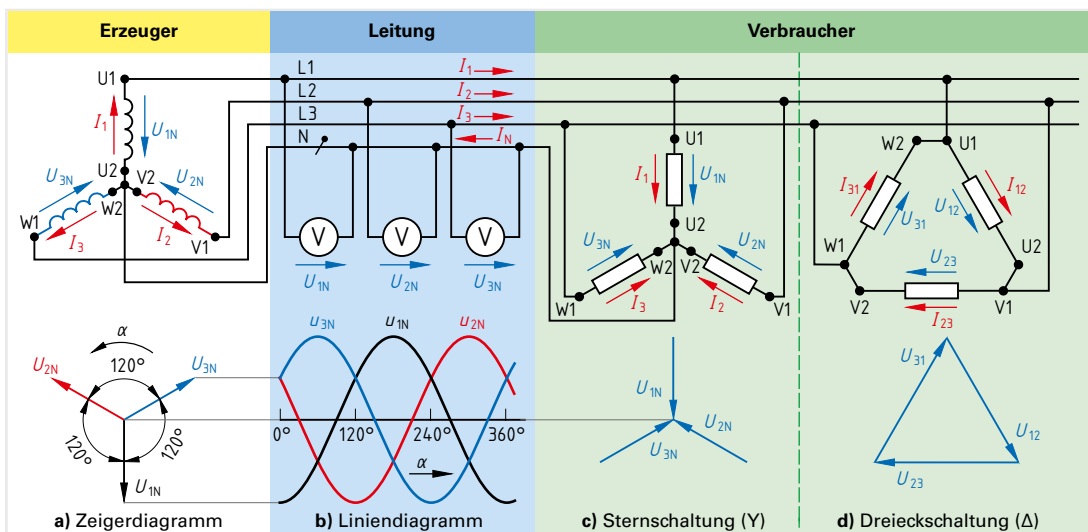
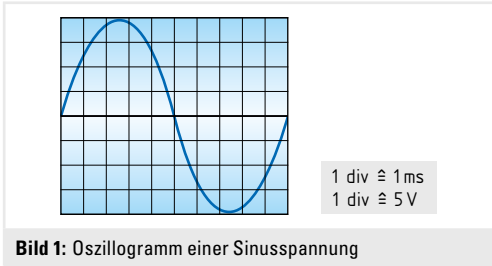
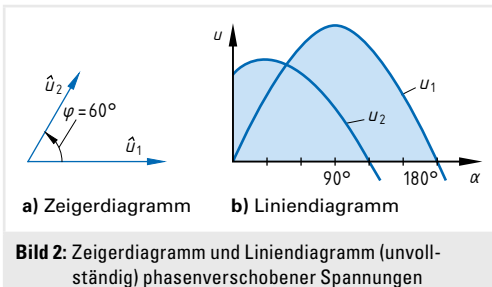


Bild 2: Drehstromsystem mit Liniendiagramm und Zeigerdiagramm

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



3. Mit einem Frequenzgenerator wird die Frequenz einer Sinusspannung von 50 Hz auf 200 Hz erhöht. Beschreiben Sie die Auswirkung dieser Änderung auf **a)** die Periodendauer, **b)** die Kreisfrequenz und **c)** den Scheitelwert.
4. Berechnen Sie für die Sinusspannung mit dem Effektivwert 230 V, 50 Hz die Augenblickswerte **a)** beim Gradmaß $\alpha_G = 45^\circ$ und **b)** beim Bogenmaß $\alpha_B = 0,8$. **c)** Ermitteln Sie für die zwei angegebenen Winkel die beiden Zeitpunkte t_1 und t_2 in ms beginnend ab dem Nulldurchgang. Beachte: Taschenrechnereinstellung, siehe **Seite 128**.
5. Zwei Sinusspannungen mit den Scheitelwerten $\hat{u}_1 = 20 \text{ V}$ und $\hat{u}_2 = 15 \text{ V}$ sind um den Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 60^\circ$ verschoben (**Bild 2**). Erklären Sie die Begriffe **a)** Phasenverschiebung und **b)** Voreilung bzw. Nacheilung einer Spannung. **c)** Übertragen und vervollständigen Sie auf einem Zeichenpapier das Zeigerdiagramm und das Liniendiagramm bis 360° mit den Maßstäben: $5 \text{ V} \triangleq 10 \text{ mm}$, $30^\circ \triangleq 10 \text{ mm}$. Ermitteln Sie zeichnerisch **d)** die Gesamtspannung u im Liniendiagramm durch Addition von u_1 und u_2 in Abständen von 30° und **e)** im Zeigerdiagramm durch geometrische Addition die Spannung $\hat{u}$. **f)** Berechnen Sie den Effektivwert der Gesamtspannung.



6. Was versteht man unter dem Begriff „ideales Verhalten“ bei induktiven und kapazitiven Bauelementen?

7. Berechnen Sie für die RL-Reihenschaltung (**Bild 3**) **a)** den induktiven Blindwiderstand X_L , **b)** den Scheinwiderstand Z , **c)** den Strom I und **d)** den Wirkfaktor $\cos \varphi$.

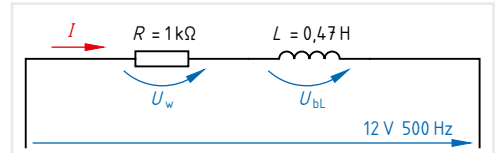


Bild 3: Reihenschaltung aus R und X_L

8. Eine Ersatzschaltung (**Bild 4**) liegt an 230 V, 50 Hz und besteht aus einem Widerstand mit $R = 120 \Omega$, einer Spule mit der Induktivität $L = 680 \text{ mH}$ und einem Kondensator mit der Kapazität $C = 8,2 \mu\text{F}$.

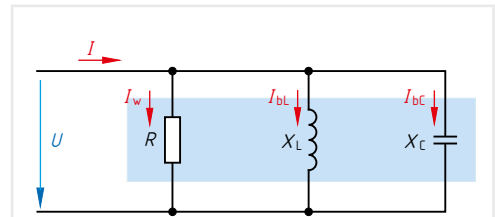


Bild 4: Parallelschaltung aus R , X_L und X_C

Ermitteln Sie **a)** die Blindwiderstände X_L und X_C , **b)** die Leitwerte G , B_L , B_C , Y und den Scheinwiderstand Z , **c)** die Ströme I_w , I_{BL} , I_{BC} und I , **d)** den Wirkfaktor $\cos \varphi$, den Phasenverschiebungswinkel φ und **e)** die Leistungen P , Q_C , Q_L und S .

9. Ein Drehstromschweißtrafo nimmt am 400-V-Drehstromnetz einen Strom von $I_1 = 14 \text{ A}$ auf und hat einen Wirkfaktor $\cos \varphi_1 = 0,65$. Der Schweißtrafo soll auf den Wirkfaktor $\cos \varphi_2 = 0,90$ durch Kompensation verbessert werden.

Berechnen Sie **a)** Wirkleistung P , **b)** Scheinleistung S , **c)** Strom I_2 nach der Kompensation und **d)** Kapazität C der in Dreieck geschalteten Kompensationskondensatoren. **e)** Begründen Sie, warum man die Kompensationskondensatoren in Dreieck und nicht in Stern schaltet.

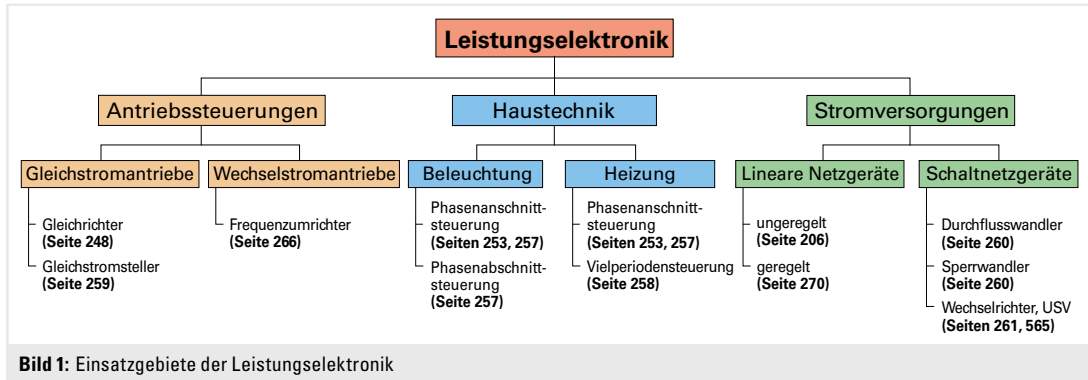
10. Begründen Sie, warum die Netzbetreiber eine Kompensation der induktiven Blindleistung verlangen.

11. Ein symmetrischer Drehstromverbraucher mit Wirkwiderständen wird von Stern auf Dreieck umgeschaltet. Wie verändern sich **a)** Leiterstrom, **b)** Strangstrom, **c)** Strangspannung und **d)** Wirkleistung?

12. Die Heizwiderstände $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ und $R_3 = 40 \Omega$ liegen in Sternschaltung an einem Vierleiter-Drehstromnetz 400 V. Ermitteln Sie **a)** die Strangspannungen, **b)** die Strangströme und **c)** zeichnerisch den Strom im Neutralleiter.

9.8.2 Begriffe der Leistungselektronik

Elektrische Größen, z. B. Spannung und Frequenz, können mithilfe der Leistungselektronik umgeformt werden (**Bild 1 und Tabelle 1**).



Schaltungen der Energietechnik, die den Stromfluss zwischen Stromquelle und Last steuern oder von einer Stromart in eine andere umformen, werden auch als Stromrichter bezeichnet.

TABELLE 1: Stromrichter in der Leistungselektronik

Stromrichterarten	Schaltzeichen	Anwendungsbeispiel
Gleichrichter formen eine Einphasen- oder Dreiphasenwechselspannung in eine Gleichspannung um. Gleichspannungen für elektronische Geräte und Gleichstrommotoren werden meist aus dem Wechselstromnetz erzeugt. Je nach Anwendung werden verschiedene Gleichrichterschaltungen (Seite 248) eingesetzt. Bei Gleichrichtern fließt die elektrische Energie vom Wechselstromsystem zum Gleichstromsystem.	Gleichrichter U_1 f_1 U_2 $f_2 = 0 \text{ Hz}$	AC 230 V 50 Hz Netzgerät DC 200 V 0 Hz
Wechselrichter formen eine Gleichspannung in eine Einphasen- oder Dreiphasenwechselspannung um. Wechselrichter werden benötigt, um z. B. einen PC für Wechselspannung 230 V an einer Batterie mit 12 V zu betreiben (Seite 261). Bei Wechselrichtern fließt die elektrische Energie vom Gleichstromsystem zum Wechselstromsystem.	Wechselrichter U_1 $f_1 = 0 \text{ Hz}$ U_2 f_2	DC 12 V 0 Hz Einphasiger Wechselrichter AC 230 V 50 Hz
Gleichstrom-Umrichter formen eine Gleichspannung in eine Gleichspannung mit anderer Spannungshöhe oder Polarität um. Soll z. B. ein Funkgerät mit einer Betriebsspannung von DC 12 V aus dem 24-V-Akkumulator eines Lkws versorgt werden, ist ein Gleichstrom-Umrichter erforderlich. Wandelt ein Gleichstrom-Umrichter direkt von Gleichstrom nach Gleichstrom um, ohne ein Wechselstromsystem zu benutzen, spricht man auch von einem Gleichstromsteller (Seite 259).	Gleichstrom-Umrichter U_1 $f_1 = 0 \text{ Hz}$ U_2 $f_2 = 0 \text{ Hz}$	DC 24 V 0 Hz Gleichstrom-steller DC 12 V 0 Hz
Wechselstrom-Umrichter formen eine Wechselspannung in eine Wechselspannung mit anderer Spannungshöhe, Frequenz oder Phasenzahl um. Z. B. kann die Helligkeit einer Lampe mit einem Dimmer stufenlos verändert werden. Dimmer sind Wechselstrom-Umrichter mit Phasenanschnittsteuerung oder Phasenabschnittsteuerung (Seite 257). Frequenzumrichter (Seite 266) erzeugen aus einem Wechselstrom- oder Drehstromsystem mit fester Spannung und fester Frequenz ein Drehstromsystem mit variabler Spannung und variabler Frequenz.	Wechselstrom-Umrichter U_1 f_1 U_2 f_2	AC 230 V 50 Hz Dimmer AC 180 V 50 Hz



Aufbau von Photovoltaikanlagen mit Anschluss an das öffentliche Netz

Der grundsätzliche Aufbau einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage mit vorrangigem Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung ins öffentliche Netz ist in **Bild 1** dargestellt. Die in Reihe geschalteten Solarmodule bilden einzelne Stränge (englisch: Strings). Die Gesamtheit der auf dem Dach montierten Module wird als Photovoltaikgenerator bezeichnet. Die einzelnen, parallelen Stränge können entweder im Generatoranschlusskasten (Bild 3, Seite 281) zusammengeführt und mit einer Gleichstromhauptleitung an einen Zentralwechselrichter (Bild 1, Seite 281) oder direkt an Strangwechselrichter (Bild 2, Seite 281) angeschlossen werden. Der Wechselrichter (Bild 1, Seite 282) wandelt den vom Photovoltaikgenerator erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um.

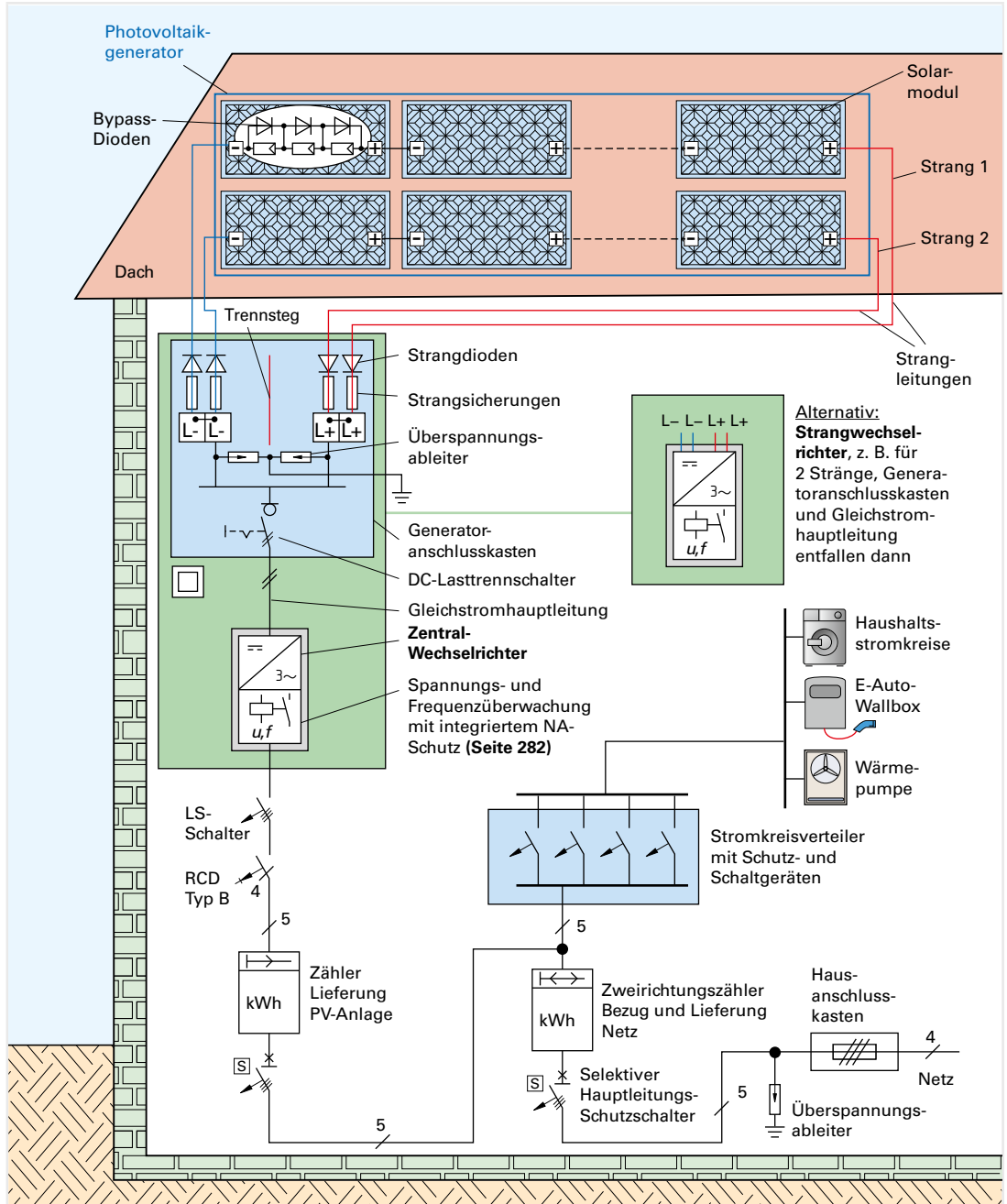


Bild 1: Photovoltaikanlage mit Dach-Solarmodulen für Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung



10.1.2.3 Wärmepumpenanlagen

Wärmepumpenanlagen (**Bild 1 und Übersicht 1**) entziehen der Umwelt, z. B. der Luft, Wärmeenergie und versorgen damit Heizung und Warmwasserbereitung.

Übersicht 1: Bestandteile einer Wärmepumpenanlage (Prinzip)

- **Wärmequellenanlage** zum Entzug von Wärmeenergie aus der Wärmequelle, z. B. Luft oder Erdreich, und der Weiterleitung an die Wärmepumpe.
- **Wärmepumpe (WP)** zum Erhöhen der Temperatur aus der Wärmequelle, z. B. 0°C, auf die Vorlauftemperatur, z. B. 35°C für das Wärmeverteilsystem.
- **Wärmeverteilsystem** zum Verteilen/Abgeben der Wärme für Heizung und Warmwasser sowie Speichern in einem Wärmepuffer.

Wärmepumpenanlagen werden anhand des Übertragungsmediums der Wärmequelle, z. B. Luft, sowie des Wärmeverteilsystems, z. B. Wasser, unterschieden.

- **Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage (Bild 2a)** gewinnt die Wärmeenergie aus der Luft.
- **Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage (Bild 2b)** gewinnt die Wärmeenergie aus einer frostsicheren Flüssigkeit (Sole), die vom Erdreich erwärmt wird.
- **Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage** gewinnt die Wärmeenergie aus dem Grundwasser.

Prinzipielle Funktion einer Wärmepumpe (Bild 3). Eine Wärmepumpe funktioniert wie ein Kühlschrank (**Seite 422**), aber in umgekehrter Weise. Die Wärmequelle, z. B. Luft, wird an einem Wärmetauscher abgekühlt. Die Wärmeaufnahme und den Wärmetransport übernimmt ein Kältemittel, z. B. Propan (R290), das sich in einem geschlossenen Kreislauf bewegt. Der Kältemitteldampf wird aus dem Verdampfer abgesaugt und im Verdichter unter Druck gesetzt. Dadurch steigt die Temperatur des Kältemittels im Verflüssiger und erhitzt das Heizwasser.

Die Wärmepumpe entzieht der Umgebung Wärmeenergie und erhöht deren Temperatur, damit sie für eine Heizungsanlage genutzt werden kann.

Einige WP können im umgekehrten Betrieb auch zum Kühlen eines Gebäudes genutzt werden.

Der **Betrieb einer Wärmepumpe** erfordert elektrische Energie, wobei der Verbrauch geringer ist, je weniger die Temperatur der Wärmequelle, z. B. Luft, angehoben werden muss (**i-Box**). Am wirtschaftlichsten arbeitet die Wärmepumpe mit einem Wärmeverteilsystem niedriger Vorlauftemperatur, z. B. 35°C für eine Fußbodenheizung, und einer guten Wärmedämmung des Gebäudes.

Mit regenerativer Elektroenergie, z. B. aus einer Photovoltaikanlage, betriebene Wärmepumpen verringern die Betriebskosten und den CO₂-Ausstoß.

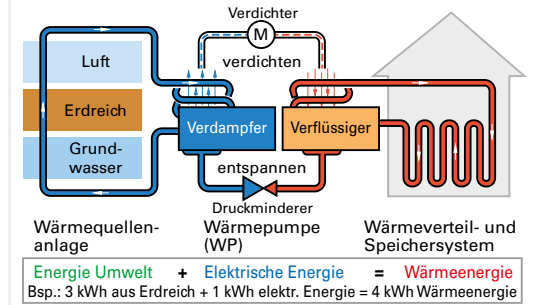
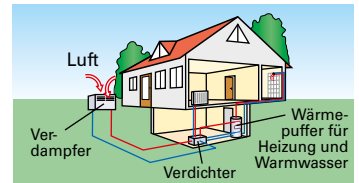


Bild 1: Funktionsprinzip einer Wärmepumpenanlage

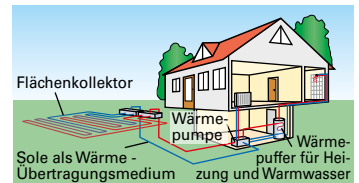
a) Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage

Splitanlage:
Verdampfer außen
und Kompressor
im Innenraum



Alternativ zu einer Splitanlage kann auch eine Monoblockanlage (Verdampfer und Verdichter sind eine Einheit) verwendet werden.

b) Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage



Alternativ zu Flächenkollektoren sind Erdsonden mit einer Tiefe von bis zu 100 m möglich. Dazu ist eine Tiefenbohrung notwendig. Vorteil: Geringer Flächenbedarf und konstante Temperatur (10 °C)

Bild 2: Arten von Wärmepumpenanlagen (Auswahl)

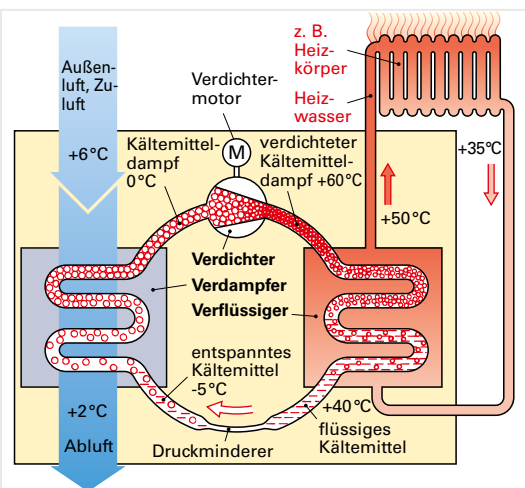


Bild 3: Prinzip einer Luft-Wasser-Wärmepumpe

i Die Absenkung der Vorlauftemperatur kann pro Grad bis zu 2,5% elektrische Energie sparen.

11.2 Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen

Sicherheitsbestimmungen für elektrische Betriebsmittel und für das Errichten elektrischer Anlagen dienen der Verhütung von Unfällen durch elektrischen Strom. Wer elektrische Betriebsmittel, Werkzeuge, Spielzeuge, Haushaltgeräte herstellt oder elektrische Anlagen errichtet, hat beim Errichten, in Verkehr bringen, Instandsetzen und Warten von Anlagen Gesetze, Vorschriften und Bestimmungen zu beachten (Gesetzliche Vorschriften, **Übersicht 1, Seite 382 und Seite 661**).



Es darf kein Schaden an Lebewesen oder Sachwerten durch elektrischen Schlag entstehen. Rechtsgrundlage dafür ist das VDE-Vorschriftenwerk.

Wichtige Gesetze und Vorschriften (Auswahl):

- Nach **VDE¹**-Normen geprüfte Betriebsmittel und Geräte tragen das VDE-Prüfzeichen (**Tabelle 1**).
- Das **Sicherheitszeichen GS** haben Geräte, die dem **Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)**, den Arbeitsschutzbestimmungen und Unfallverhütungsvorschriften entsprechen. Leitungen mit der Angabe „harmonisiert“ (**Tabelle 2**) sind in allen **CENELEC²**-Ländern zugelassen.

Neben den VDE-Bestimmungen gelten für die Errichtung von Installationen die

- Technischen Anschlussbedingungen (TAB)** und die
- Technischen Anschlussregeln (TAR Niederspannung, VDE-AR-N 4100)**. Die Anschlussbedingungen regeln den Anschluss an das Niederspannungsnetz des Netzbetreibers. Diese enthalten insbesondere Regelungen über Anmeldeverfahren, Inbetriebsetzung, Hausanschluss und Messeinrichtungen. Die **technischen Anschlussregeln** sind Richtlinien zum Anschluss und Betrieb von Kundenanlagen am Niederspannungsnetz. Sie sind sowohl für Neuanlagen, als auch bei Erweiterung oder Änderung von bestehenden Anlagen anzuwenden.

11.2.1 Schutzklassen

Elektrische Betriebsmittel müssen im Fehlerfall einen Schutz gegen elektrischen Schlag haben, damit z. B. in Wohnungen, Werkstätten, Büros oder Schulen gefahrlos gearbeitet werden kann.

Zum Schutz gegen elektrischen Schlag werden die Betriebsmittel nach ihrer Konstruktion in die **Schutzklassen I, II und III** eingeteilt (**Tabelle 3**).

¹ VDE, Abk. für: Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.

² CENELEC, Abk. für: Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

³ CEE, Abk. für: Internationale Kommission für Regeln zur Begutachtung elektrotechnischer Erzeugnisse

⁴ CE, Abk.: im Sinn für Europäisches Verwaltungszeichen am Produkt

⁵ IEC, Abk. für: Internationale Elektrotechnische Kommission

TABELLE 1: VDE-Prüfzeichen (nach DIN VDE 0024)

Bildzeichen	Bezeichnung und Beispiele
	VDE-Zeichen für elektrotechnische Erzeugnisse, z. B. Installationsschalter und Elektrogeräte
	VDE-Elektronik-Prüfzeichen für Bauelemente und Baugruppen der Elektronik, z. B. Netzteile und Stromrichter
 schwarz rot	VDE-Kennfaden für isolierte Leitungen und Kabel zur Herstellung nach nationaler Norm
	VDE-Kabelzeichen für Aderleitungen, isolierte Leitungen, Kabel und Installationsrohre
	VDE-Funkschutzzeichen für Elektrogeräte
	VDE-GS-Zeichen nach dem Gerätesicherheitsgesetz für geprüfte Elektrogeräte, z. B. elektrische Werkzeuge

TABELLE 2: CEE-Prüfzeichen (nach DIN VDE 0024)

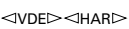
Bildzeichen	Bezeichnung und Anwendungen
	VDE-Harmonisierungskennzeichen für isolierte Leitungen und Kabel
 schwarz rot gelb	VDE-Harmonisierungskennfaden für isolierte Leitungen und Kabel
	CEE ³ -Prüfzeichen für Geräte und Installationsmaterial nach CEE-Bestimmungen
	CE ⁴ -Kennzeichnung für Industrieerzeugnisse, die den einschlägigen Gemeinschaftsvorschriften in Europa entsprechen

TABELLE 3: Kennzeichnung der Schutzklassen (Bildzeichen nach IEC⁵ 60417)

Schutzklasse	Kennzeichen	Verwendung bei Schutzmaßnahme:
I		Mit Schutzleiter (Betriebsmittel ist mit Schutzleitersystem der Anlage verbunden, z. B. Elektromotor)
II		Doppelte oder verstärkte Isolierung, früher: Schutzisolierung (Betriebsmittel mit Basisisolierung und zusätzlicher oder verstärkter Isolierung, z. B. Leuchten)
III		Kleinspannung (Anschluss nur an SELV- und PELV-Stromkreise, siehe Seite 375 , Kleingeräte bis AC 50 V, z. B. für Fassleuchten)

Schaltzeichen (1)

nach DIN EN 60617 und VdS 2135

LEITUNGEN UND LEITUNGSVERLEGUNG					
Schaltzeichen	Benennung ¹	Schaltzeichen	Benennung ¹	Schaltzeichen	Benennung ¹
	Verbindung (Connection)	a) b)	Verbindung mit Aderzahl- angabe, Bsp.: 3 Leiter (Three connections)		Bsp.: 3 Leiter, N und PE (3-phase wiring with neutral and protective conductor)
	Verbindung, bewegbar (Flexible connection)		Neutralleiter (N) (Neutral conductor)	a) b)	a) Leitung nach oben führend (Wiring going upwards) b) Leitung nach unten führend (Wiring going downwards)
	Leiter, geschirmt (Screened conductor)		Schutzleiter (PE) (Protective conductor)		Leitung nach oben und unten (Wiring passing through vertically)
	Leiter, coaxial (Coaxial pair)		PEN-Leiter (Combined protective and neutral conductor)		System-Bezugsleiter (System-referencing- conductor)
	Leitung, auf Putz verlegt (Surface-mounted line)		Leitung, im Putz verlegt (Line installed in plaster)		Leitung, unter Putz verlegt (Flush-mounted line)
DOSEN, STECKDOSEN, LEUCHTEN					
	Steckdose, allgemein (Socket outlet [power], general symbol)		Dose, allgemein (Box, general symbol)		Leuchtenauslass (Lighting outlet)
	Schutzkontaktsteckdose (Socket outlet [power] with protective contact)		Abzweigdose (Subscriber's tap-off)		Leuchte, allgemein (Lamp, general symbol)
	Schutzkontaktsteckdose (dreifach) (Triple socket outlet with protective contact)		Anschlussdose (Connection box)		Sicherheitsleuchte, Rettungszeichenleuchte (Emergency lighting luminaire)
	Drehstromsteckdose, fünfpolig (3+N+PE) (Three-phase AC plug socket)		Verteiler (Distribution centre)		Leuchtstofflampe (Fluorescent lamp)
	Steckdose, abschaltbar (Socket outlet [power] with single-pole switch)		Fernmeldesteckdose (Socket outlet [telecommunications])		Leuchtstofflampen, 2-flammig (Fluorescent lamp with 2 tubes)
	Steckdose mit Trenntra- fo, z. B. für Rasierapparat (Socket outlet with isolat- ing transformer, e.g. ¹ for shaver)		Antennensteckdose (Antenna socket)		Scheinwerfer (Projector)
ELEKTRO-HAUSGERÄTE					
	Elektroherd, allgemein (Electric cooker)		Durchlauferhitzer (Instantaneous water heater)		Tiefkühlgerät (Fridge)
	Mikrowellenkochgerät (Microwave)		Waschmaschine (Washing machine)		Elektrowärmespeicher (Electric storage heater)
	Backofen (Baking oven)		Wäschetrockner (Tumble-dryer)		Klimagerät, allgemein (Air conditioner)
	Infrarot-Strahler (Infrared-heater)		Geschirrspülmaschine (Dishwasher)		Ventilator (Ventilator, fan)
GEFAHRENMELDEANLAGEN					
	Glasbruchmelder (Glass breakage detector)		Infrarot- Bewegungsmelder (Infrared motion detector)		Rauchmelder (Smoke detector)

1 englischer Fachbegriff in Klammern

2 e. g., Abk. für: exempli gratia (lat.) = for example (engl.) = z. B., zum Beispiel