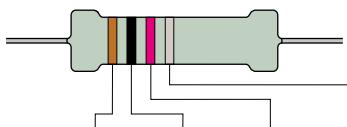


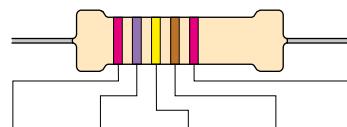
## Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren (nach DIN EN 60062)

### Farbschlüssel für Kohleschichtwiderstände



Kennfarbe	Kurz-zeichen	1. Ziffer	2. Ziffer	Multiplikator	Toleranz in %
		Widerstandswert in $\Omega$			
keine	—	—	—	—	$\pm 20$
Silber	SR	—	—	$10^{-2}$	$\pm 10$
Gold	GD	—	—	$10^{-1}$	$\pm 5$
	BK (sw)	—	0	1	—
	BN (br)	1	1	$10^1$	$\pm 1$
	RD (rt)	2	2	$10^2$	$\pm 2$
	OG (or)	3	3	$10^3$	—
	YE (ge)	4	4	$10^4$	—
	GN (gn)	5	5	$10^5$	$\pm 0,5$
	BU (bl)	6	6	$10^6$	$\pm 0,25$
	VT (vi)	7	7	$10^7$	$\pm 0,1$
	GY (gr)	8	8	$10^8$	—
	WH (ws)	9	9	$10^9$	—

### Farbschlüssel für Metallschichtwiderstände



Kennfarbe	1. Ziffer	2. Ziffer	3. Ziffer	Multiplikator	Toleranz in %
	Widerstandswert in $\Omega$				
keine	—	—	—	—	—
Silber	—	—	—	$10^{-2}$	$\pm 10$
Gold	—	—	—	$10^{-1}$	$\pm 5$
	—	0	0	1	—
	1	1	1	$10^1$	$\pm 1$
	2	2	2	$10^2$	$\pm 2$
	3	3	3	$10^3$	—
	4	4	4	$10^4$	—
	5	5	5	$10^5$	$\pm 0,5$
	6	6	6	$10^6$	$\pm 0,25$
	7	7	7	$10^7$	$\pm 0,1$
	8	8	8	$10^8$	—
	9	9	9	$10^9$	—

### E-Reihen für Widerstände und Kondensatoren

E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8
E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7
E24	1,0   1,1	1,2   1,3	1,5   1,6	1,8   2,0	2,2   2,4	2,7   3,0
E48	1,00 1,05 1,10 1,15	1,21 1,27 1,33 1,40	1,47 1,54 1,62 1,69	1,78 1,87 1,96 2,05	2,15 2,26 2,37 2,49	2,61 2,74 2,87 3,01

### Alphanumerische Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren (Beispiele)

Widerstände	R33	3R3	33R	K33	3K3	33K	M33	3M3	33M
	0,33 $\Omega$	3,3 $\Omega$	33 $\Omega$	0,33 k $\Omega$	3,3 k $\Omega$	33 k $\Omega$	0,33 M $\Omega$	3,3 M $\Omega$	33 M $\Omega$
Kondensatoren	4p7	47p	n47	4n7	47n	$\mu$ 47	4 $\mu$ 7	47 $\mu$	m47
	4,7 pF	47 pF	0,47 nF	4,7 nF	47 nF	0,47 $\mu$ F	4,7 $\mu$ F	47 $\mu$ F	0,47 mF



**EUROPA-FACHBUCHREIHE**  
für elektrotechnische Berufe

# **Praxis Elektrotechnik**

**16. überarbeitete und erweiterte Auflage**

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen sowie von Ingenieuren

Lektorat: Bernd Feustel

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 30812**

*Autoren:*

Braukhoff, Peter	Reken
Feustel, Bernd	Kirchheim unter Teck
Käppel, Thomas	Münchberg
Neumann, Ronald	Oberkail
Tkotz, Klaus	Kronach

*Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Bernd Feustel*

*Bildentwürfe: Die Autoren*

*Fotos: Autoren und Firmen (Bildquellenverzeichnis Seite 357)*

- Windows ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation
- INTEL ist ein eingetragenes Warenzeichen der INTEL Corporation
- Linux ist ein eingetragenes Markenzeichen von Linus Torvalds
- Nachdruck der Box Shots von Microsoft-Produkten mit freundlicher Erlaubnis der Microsoft-Corporation
- Alle Warenzeichen, Schriftarten, Firmennamen und Logos sind Eigentum oder eingetragene Warenzeichen ihrer Eigentümer

*Bildbearbeitung:*

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

16. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-3174-3

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

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt  
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Umschlagfoto: Heinrich Kopp AG, Elektrotechnik – Elektronik, 63796 Kahl  
Druck: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, 44149 Dortmund

## ● Allgemeines

<b>Vorwort</b> .....	4
<b>Vorbemerkungen zu den Lernfeldern</b> .....	5
<b>Inhaltsverzeichnis (ausführlich)</b> .....	7
<b>Sachwortverzeichnis deutsch – englisch</b> .....	358

## ● Inhaltsverzeichnis (Kurzform)

<b>1</b> Unfall- und Arbeitssicherheit .....	11
<b>2</b> Isolierte Leitungen und Kabel .....	23
<b>3</b> Verlegen von Leitungen und Kabeln .....	33
<b>4</b> Verbindungstechnik .....	52
<b>5</b> Überlastschutz und Kurzschlusschutz .....	64
<b>6</b> Bauteile und Schaltungen der Energietechnik .....	82
<b>7</b> Elektrische Anlagen in Wohngebäuden .....	124
<b>8</b> Blitzschutz .....	177
<b>9</b> Sonderinstallationen .....	182
<b>10</b> Messen in elektrischen Anlagen und an Betriebsmitteln .....	202
<b>11</b> Schutzmaßnahmen .....	220
<b>12</b> Schaltungen und Bauteile der Elektronik .....	243
<b>13</b> Computertechnik .....	266
<b>14</b> Elektrogeräte .....	278
<b>15</b> Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten .....	297
<b>16</b> Elektrische Maschinen .....	311
<b>17</b> Primär- und Sekundärelemente .....	347
<b>18</b> Projektbearbeitung .....	351

## ● Praxistipps

• Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen .....	22
• Trennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen .....	48
• Leitungsdimensionierung .....	77
• Stromlaufpläne lesen .....	111
• Planen eines Zählerschranks .....	130
• Ausstattungsumfang in Wohngebäuden .....	142
• Umstellung vom analogen zum digitalen Sat-Empfang .....	161
• Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern .....	170
• Komponenten einer Photovoltaikanlage auswählen .....	200
• Messen von Strom und Spannung .....	218
• Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden .....	239
• Lokales Netzwerk (LAN) installieren .....	277
• Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte .....	310
• Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors .....	321

## Kapitelnummer und Symbole

- |           |   |
|-----------|---|
| <b>1</b>  |    |
| <b>2</b>  |    |
| <b>3</b>  |    |
| <b>4</b>  |    |
| <b>5</b>  |    |
| <b>6</b>  |    |
| <b>7</b>  |    |
| <b>8</b>  |    |
| <b>9</b>  |    |
| <b>10</b> |   |
| <b>11</b> |  |
| <b>12</b> |  |
| <b>13</b> |  |
| <b>14</b> |  |
| <b>15</b> |  |
| <b>16</b> |  |
| <b>17</b> |  |
| <b>18</b> |  |

# Liebe Leserin, lieber Leser,

das Buch **Praxis Elektrotechnik** vermittelt das für die fachpraktische Ausbildung erforderliche Grund- und Fachwissen in den anerkannten energietechnischen Elektroberufen des Handwerks und der Industrie.

Das Buch baut auf die Ausbildungsordnungen und die Ausbildungspläne der Bundesländer auf. Die 15. Auflage wurde gründlich überarbeitet (siehe Mind-Map-Bild). Bewährt haben sich die Praxistipps zur Unterstützung der beruflichen Tätigkeit, z.B. Leitungsdimensionierung oder Planen eines Zählerschrankes (Übersicht Praxistipps, Seite 3).

Besonderer Wert wurde auf die Einarbeitung der gültigen DIN- und IEC-Normen sowie der DIN VDE-Bestimmungen gelegt. Das Buch ist damit aktuell und berücksichtigt neue technische Entwicklungen. Schaltzeichen und Schaltpläne entsprechen DIN EN 60617.

Das Buch ist in überschaubare Einheiten gegliedert. Über 800 mehrfarbige Bilder, Tabellen, Übersichten und Diagramme helfen den komplexen Stoff der elektrischen Anlagentechnik zu verstehen und ermöglichen einen methodischen, lernfeldorientierten Unterricht.

Das Mind-Map-Bild zeigt wichtige Informationen im Überblick.

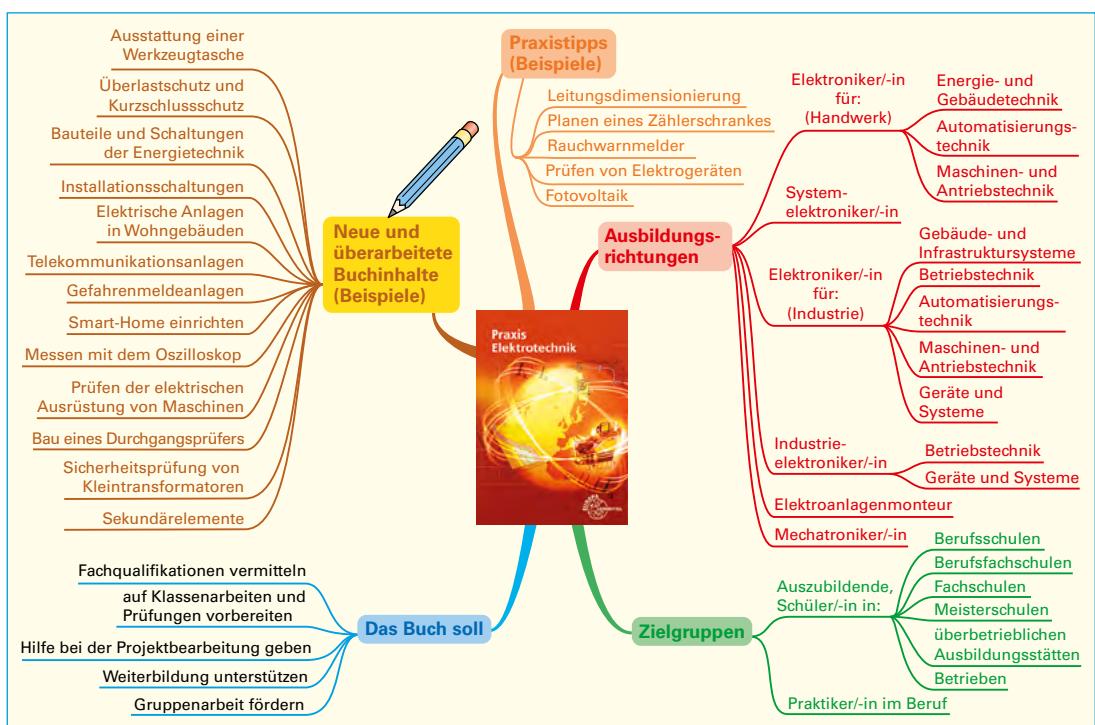
## Weitere Bücher der Fachbuchreihe zur Vertiefung

- Fachkunde Elektrotechnik
- Prüfungsfragen Praxis Elektrotechnik
- Arbeitsbücher Elektrotechnik
  - Lernfeld 1 – 4
  - Lernfeld 5 – 13
- Rechenbuch Elektrotechnik
- Formeln für Elektrotechniker
- Tabellenbuch Elektrotechnik



Alle Normen nach dem neuesten Stand, z.B.

- Betrieb elektrischer Anlagen, wiederkehrende Prüfungen (DIN VDE 0105-100)
- Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte (DIN VDE 0701–0702)



Ihre Meinung zu diesem Buch ist uns wichtig. Teilen Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge, Ihre Kritik, aber auch Ihre Zustimmung mit. Schreiben Sie uns unter: [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de)

## Vorbemerkungen zu den Lernfeldern

Das duale System unterscheidet die Lernorte Betrieb und Berufsschule. Die Ausbildungsordnung des Bundes regelt die Ausbildung im Betrieb.

Für die Berufsschulen gelten die Lehrpläne des jeweiligen Bundeslandes, die auf den Rahmenlehrplänen des Bundes aufbauen.

Die Rahmenlehrpläne für den berufsbezogenen Unterricht enthalten die gesamten Ausbildungsinhalte. Sie geben eine inhaltliche und zeitliche Struktur vor, beinhalten aber keine Angaben zu Unterrichtsfächern, Unterrichtsformen und Studententafeln. Diese organisatorischen Maßnahmen werden durch das jeweilige Bundesland getroffen.



### Rahmenlehrpläne enthalten:

- Vorbemerkungen
- Bildungsauftrag der Berufsschule
- Didaktische Grundsätze
- Berufsbezogene Anmerkungen
- Lernfeldinhalte

### Lernfelder beschreiben:

- Lernziele
- Lerninhalte
- Zeitrichtwerte

### Lernfeldbearbeitung erfordert:

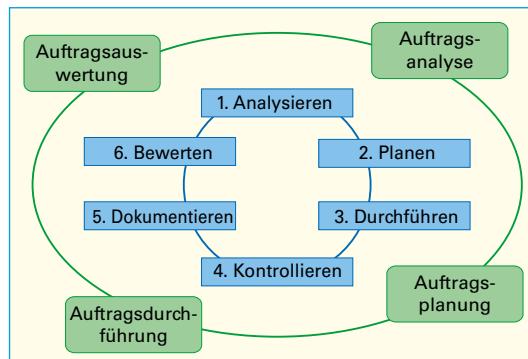
- Projektbearbeitung (Seite 351)
- Lernsituationen (Seite 352)

Der technische, arbeitsorganisatorische und soziale Wandel stellt neue Anforderungen an die Schule und an den Ausbildungsbetrieb. Die Einführung von Lernfeldern ist eine Hilfe zur Umsetzung dieser neuen Anforderungen.

Bei der Umsetzung der Lehrpläne durch Lernfelder (**Tabelle**) ist es sinnvoll, die Lernfeldinhalte in überschaubare fachpraktische Lernsituationen zu unterteilen. Dabei kann eine Gewichtung der ausgewählten Lernsituationen nach den Erfordernissen des Ausbildungsberufes und auch nach den zukünftigen Anforderungen des Ausbildungsbetriebes erfolgen. Eine mögliche Reihenfolge bei der Bearbeitung von Lernsituationen ist im **Bild** aufgezeigt.

### Beispiele zu Lernsituationen:

- Lernfeld 1: Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen, **Seite 352**.
- Lernfeld 2: Elektrische Installationen planen und ausführen, **Seite 354**.



**Bild: Arbeitsschritte einer Projektbearbeitung**

**Tabelle: Führer durch die Lernfelder der Grundstufe, Lernfeld 1 bis 4**

Lernfeld	Elektroniker					Lernfeldinhalt (Beispiele)	Seitenhinweise
	EG <sup>1</sup>	MA <sup>2</sup>	AT <sup>3</sup>	BT <sup>4</sup>	GS <sup>5</sup>		
Grundstufe	1	x	x	x	x	• Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitssicherheit ..... 11</li> <li>• Schaltzeichen, Schaltpläne ..... 82</li> <li>• Verbindungstechnik ..... 52</li> <li>• Messverfahren, Messen und Prüfen ..... 202</li> <li>• Elektronische Bauelemente ..... 243</li> </ul>
	2	x	x	x	x	• Elektrische Installationen planen und ausführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlegen von Leitungen und Kabeln ..... 33</li> <li>• Leitungen und Kabel ..... 23</li> <li>• Installationsschaltungen ..... 99</li> <li>• Leitungsdimensionierung ..... 74</li> <li>• Schutzmaßnahmen ..... 220</li> </ul>
	3	x	x	x	x	• Steuerungen analysieren und ausführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbindungsprogrammierte Steuerungen ..... 106</li> <li>• Speicherprogrammierbare Steuerungen ..... 116</li> <li>• Aktoren, Sensoren ..... 92, 116</li> <li>• Ausführungen von Steuer- und Meldestromkreisen ..... 106</li> <li>• Schutzeinrichtungen ..... 64</li> </ul>
	4	x	x	x	x	• Informationstechnische Systeme bereitstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweidraht-Bus-Sprechanlagen ..... 146</li> <li>• ISDN-Anlagen, DSL-Anlage ..... 149</li> <li>• Computertechnik ..... 266</li> </ul>

Elektroniker für <sup>1</sup> EG: Energie- und Gebäudetechnik <sup>2</sup> MA: Maschinen- und Antriebstechnik <sup>3</sup> AT: Automatisierungstechnik

<sup>4</sup> BT: Betriebstechnik

<sup>5</sup> GS: Geräte und Systeme, Systemelektroniker (Handwerk)

# Vorbemerkungen zu den Lernfeldern

**Tabelle: Führer durch die Lernfelder der Fachstufe I und II, Lernfeld 5 bis 13**

Lernfeld	Elektroniker					Lernfeldinhalt (Beispiele)	Seitenhinweise	
	EG <sup>1</sup>	MA <sup>2</sup>	AT <sup>3</sup>	BT <sup>4</sup>	GS <sup>5</sup>			
Fachstufe I	5	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten</li> <li>Energieversorgung für Geräte und Systeme realisieren und deren Sicherheit gewährleisten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Netzsysteme ..... 222</li> <li>Schutzeinrichtungen ..... 64</li> <li>Schutzarten ..... 220, 312</li> <li>Prüfen von Betriebsmitteln ..... 301, 307</li> <li>Gleichrichter, Netzgeräte ..... 252, 259</li> </ul>
	6	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlagen und Geräte analysieren und prüfen</li> <li>Geräte und Baugruppen in Anlagen analysieren und prüfen</li> <li>Elektrische Maschinen herstellen und prüfen</li> <li>Elektronische Baugruppen von Geräten konzipieren, herstellen und prüfen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geräte- und Anlagenprüfung ..... 297</li> <li>Mess- und Prüfgeräte, Prüfprotokoll ..... 202, 305</li> <li>Isolationswiderstände, Therm. Klassifizierung ..... 345</li> <li>Bauteile der Elektronik ..... 243</li> <li>Planung von Antrieben ..... 311</li> </ul>
	7	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren</li> <li>Betriebsverhalten elektrischer Maschinen analysieren</li> <li>Baugruppen hard- und softwareseitig konfigurieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren, Aktoren ..... 89, 116</li> <li>Gebäudesystemtechnik ..... 171</li> <li>Steuerungstechnik ..... 106</li> <li>Betriebsarten ..... 313</li> <li>Elektrische Maschinen ..... 311</li> <li>Kleinsteuerungen ..... 114</li> </ul>
	8	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Antriebssysteme auswählen und integrieren</li> <li>Elektrische Maschinen und mechanische Komponenten integrieren</li> <li>Geräte herstellen und prüfen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrische Maschinen ..... 311</li> <li>Bauformen, Betriebsarten von Elektromotoren ..... 312</li> <li>Anlassverfahren elektrischer Maschinen, Drehzahlsteuerung ..... 319, 322</li> <li>Schutzeinrichtungen ..... 64</li> </ul>
	9	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kommunikationsanlagen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren</li> <li>Elektrische Maschinen in Stand setzen</li> <li>Steuerungs- und Kommunikationssysteme integrieren</li> <li>Gebäudetechnische Anlagen ausführen und in Betrieb nehmen</li> <li>Geräte und Systeme warten, inspirieren und in Stand halten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leitungen und Kabel ..... 23</li> <li>Telekommunikationsanlagen ..... 144</li> <li>Gefahrenmeldeanlagen ..... 162</li> <li>Antennen-Empfangsanlagen ..... 154</li> <li>DSL-Anschluss, All-IP-Anschluss ..... 149, 150</li> <li>Smart-Home ..... 152</li> <li>Computertechnik ..... 266</li> <li>Instandsetzung elektrischer Maschinen ..... 331</li> </ul>
	10	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und in Stand halten</li> <li>Steuerungen und Regelungen für elektrische Maschinen auswählen und anpassen</li> <li>Automatisierungssysteme in Betrieb nehmen und übergeben</li> <li>Energietechnische Anlagen errichten und in Stand halten</li> <li>Fertigungsanlagen einrichten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrogeräte, Kleingeräte ..... 278</li> <li>Großgeräte ..... 281</li> <li>Leuchtmittel für Innenräume ..... 192</li> <li>Blitzschutz ..... 177</li> <li>Verknüpfungssteuerungen ..... 108</li> <li>Speicherprogrammierbare Steuerungen ..... 116</li> <li>Unfallverhütungsvorschriften ..... 12</li> </ul>
	11	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energietechnische Anlagen in Betrieb nehmen und in Stand setzen</li> <li>Elektrische Maschinen in technische Systeme integrieren</li> <li>Automatisierungssysteme in Stand halten und optimieren</li> <li>Automatisierte Anlagen in Betrieb nehmen und in Stand halten</li> <li>Prüfsysteme einrichten und anwenden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Netzsysteme ..... 222</li> <li>Transformatoren, Schaltgruppen ..... 334, 340</li> <li>Schutzpotenzialausgleich ..... 125</li> <li>Hauptstromversorgungssystem ..... 127</li> <li>Zählerplatz, Stromkreisverteiler ..... 128, 129</li> <li>Fotovoltaikanlagen ..... 198</li> <li>Gefahrenmeldeanlagen ..... 162</li> <li>Wartung und Instandhaltung von Anlagen und Geräten ..... 297, 301</li> </ul>
	12	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren</li> <li>Antriebssysteme in Stand halten</li> <li>Automatisierungssysteme planen</li> <li>Energietechnische Anlagen planen und realisieren</li> <li>Geräte und Systeme planen und realisieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamenteder ..... 126</li> <li>Elektrische Anlagen in Wohngebäuden ..... 124</li> <li>Installation von Räumen besonderer Art ..... 182</li> <li>Breitband-Kommunikationsanlagen ..... 160</li> <li>Prüfen von Wicklungen ..... 345</li> <li>Betriebsstörungen elektrischer Maschinen ..... 332</li> </ul>
	13	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energie- und gebäudetechnische Anlagen in Stand halten und ändern</li> <li>Antriebssysteme anpassen und optimieren</li> <li>Automatisierungssysteme realisieren</li> <li>Elektrotechnische Anlagen in Stand halten und ändern</li> <li>Fertigungs- und Prüfsysteme in Stand halten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schutzmaßnahmen ..... 220</li> <li>Prüfen von Schutzmaßnahmen ..... 233</li> <li>Prüfgeräte ..... 235</li> <li>Prüfprotokolle ..... 238, 305</li> <li>Betriebsarten elektrischer Maschinen ..... 313</li> </ul>

Elektroniker für <sup>1</sup> EG: Energie- und Gebäudetechnik <sup>2</sup> MA: Maschinen- und Antriebstechnik <sup>3</sup> AT: Automatisierungstechnik  
<sup>4</sup> BT: Betriebstechnik <sup>5</sup> GS: Geräte und Systeme, Systemelektroniker (Handwerk)

Rahmenlehrpläne können auch über die Internetadresse [www.kmk.org](http://www.kmk.org) eingesehen werden.

<b>1</b>	<b>Unfall- und Arbeitssicherheit . . . . .</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>Verbindungstechnik . . . . .</b>	<b>52</b>
1.1	<b>Elektrische Energie und ihre Gefahren . . . . .</b>	11	4.1	<b>Zurichten isolierter Leitungen . . . . .</b>	52
1.1.1	Energiewirtschaftsgesetz . . . . .	11	4.2	<b>Schraubverbindungen . . . . .</b>	53
1.1.2	Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) . . . . .	11	4.2.1	Arten von Schraubverbindungen . . . . .	53
1.1.3	Unfallverhütung . . . . .	12	4.2.2	Schrauben, Muttern, Schraubenprofile und Schraubensicherungen . . . . .	53
1.1.4	VDE-Vorschriftenwerk . . . . .	12	4.2.3	Lösen festsitzender Schraubverbindungen .	54
<b>1.2</b>	<b>Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz . . . . .</b>	<b>13</b>	4.2.4	Biegen von Ösen . . . . .	55
1.2.1	Gefahrstoffkennzeichnung . . . . .	13	4.3	<b>Lötfreie Verbindungstechniken . . . . .</b>	56
1.2.2	Sicherheitszeichen . . . . .	13	4.3.1	Crimpen . . . . .	56
<b>1.3</b>	<b>Die fünf Sicherheitsregeln . . . . .</b>	<b>15</b>	4.3.2	Schneidklemmtechnik . . . . .	57
<b>1.4</b>	<b>Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen . . . . .</b>	<b>17</b>	4.3.3	Termi-Point-Verbindung . . . . .	57
1.4.1	Sicherheit beim Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlagenteilen .	17	4.3.4	Wire-Wrap-Verbindung . . . . .	57
1.4.2	Sicherheit beim Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen . . . . .	17	4.3.5	Klemmenverbindungen . . . . .	58
1.4.3	Sicherer Umgang mit Werkzeug und Gerät <b>Praxistipp: Ausstattung einer Werkzeugtasche . . . . .</b>	18	4.4	<b>Weichlöten . . . . .</b>	60
1.4.4	Schutzkleidung, Schutzausrüstung . . . . .	21			
	<b>Praxistipp: Schutzabstände zu spannungs- führenden Teilen . . . . .</b>	22			
<b>2</b>	<b>Isolierte Leitungen und Kabel . . . . .</b>	<b>23</b>	<b>5</b>	<b>Überlastschutz und Kurzschluss- schutz . . . . .</b>	<b>64</b>
<b>2.1</b>	<b>Aufbau und Anforderungen an isolierte Leitungen und Kabel . . . . .</b>	<b>23</b>	<b>5.1</b>	<b>Schmelzsicherungen . . . . .</b>	<b>64</b>
<b>2.2</b>	<b>Leitungen . . . . .</b>	<b>25</b>	5.1.1	Schraubsicherungssysteme . . . . .	64
<b>2.3</b>	<b>Kabel . . . . .</b>	<b>30</b>	5.1.2	NH-Sicherungssystem . . . . .	66
<b>3</b>	<b>Verlegen von Leitungen und Kabeln . . . . .</b>	<b>33</b>	5.1.3	Betriebsklassen von Niederspannungs- sicherungen . . . . .	67
<b>3.1</b>	<b>Grundsätze der Leitungsverlegung . . . . .</b>	<b>33</b>	5.1.4	Geräteschutzsicherungen . . . . .	67
<b>3.2</b>	<b>Die klassischen Verlegearten . . . . .</b>	<b>33</b>	<b>5.2</b>	<b>Leitungsschutzschalter . . . . .</b>	<b>68</b>
3.2.1	Leitungsverlegung auf Putz . . . . .	33	<b>5.3</b>	<b>Brandschutzschalter (AFDD) . . . . .</b>	<b>70</b>
3.2.2	Leitungsverlegung im Putz . . . . .	37	<b>5.4</b>	<b>Schutz von Motorstromkreisen . . . . .</b>	<b>71</b>
3.2.3	Leitungsverlegung unter Putz . . . . .	38	5.4.1	Motorschutzschalter . . . . .	71
3.2.4	Leitungsverlegung in Installationsrohren .	39	5.4.2	Thermisches Überlastrelais . . . . .	72
<b>3.3</b>	<b>Elektroinstallation im Fertigbau . . . . .</b>	<b>41</b>	5.4.3	Motorschutz durch Thermistoren . . . . .	73
3.3.1	Leitungsverlegung im Beton . . . . .	41	<b>5.5</b>	<b>Überstromschutz von fest verlegten Kabeln und isolierten Leitungen . . . . .</b>	<b>74</b>
3.3.2	Leitungsverlegung in Hohlwänden . . . . .	42	5.5.1	Strombelastbarkeit von fest verlegten Kabeln und Leitungen . . . . .	74
<b>3.4</b>	<b>Leitungsverlegung in Installationskanälen .</b>	<b>43</b>	5.5.2	Zuordnung von Überstrom- Schutzeinrichtungen . . . . .	76
3.4.1	Verlegung in Leitungskanälen . . . . .	43	<b>Praxistipp: Leitungsdimensionierung . . . . .</b>	<b>77</b>	
3.4.2	Verlegung in Geräteeinbaukanälen . . . . .	44	5.5.3	Überlastschutz von Kabeln und isolierten Leitungen . . . . .	79
3.4.3	Verlegung in Sockelleistenkanälen . . . . .	45	5.5.4	Kurzschlusschutz von Kabeln und isolierten Leitungen . . . . .	79
3.4.4	Verlegung in Aufbodenkanälen . . . . .	45	<b>5.6</b>	<b>Oberschwingungen . . . . .</b>	<b>81</b>
<b>3.5</b>	<b>Unterflur-Installationssysteme . . . . .</b>	<b>45</b>	<b>6</b>	<b>Bauteile und Schaltungen der Energietechnik . . . . .</b>	<b>82</b>
3.5.1	Estrichüberdecktes Kanalsystem . . . . .	46	<b>6.1</b>	<b>Technische Unterlagen . . . . .</b>	<b>82</b>
3.5.2	Estrichbündiges Kanalsystem . . . . .	46	6.1.1	Betriebsmittelkennzeichnung . . . . .	82
3.5.3	Imbenton-Kanalsystem . . . . .	46	6.1.2	Schaltungsunterlagen . . . . .	82
3.5.4	Doppelboden-System . . . . .	46	<b>6.2</b>	<b>Stecksysteme . . . . .</b>	<b>84</b>
<b>3.6</b>	<b>Brandschottung in elektrischen Anlagen .</b>	<b>47</b>	6.2.1	Zweipolare Steckvorrichtungen mit und ohne Schutzkontakt . . . . .	84
<b>3.7</b>	<b>Verlegung auf Kabeltragegestellen . . . . .</b>	<b>47</b>	6.2.2	Herstellen einer Schutzkontakt- Verlängerungsleitung . . . . .	86
	<b>Praxistipp: Mindestabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen . . . . .</b>	<b>48</b>	6.2.3	Perilex-Steckvorrichtungen . . . . .	86
<b>3.8</b>	<b>Verlegung im Erdreich . . . . .</b>	<b>49</b>	6.2.4	Kragensteckvorrichtungen . . . . .	87
<b>3.9</b>	<b>Verlegen von Freileitungen . . . . .</b>	<b>50</b>	<b>6.3</b>	<b>Befehls- und Meldegeräte . . . . .</b>	<b>89</b>
<b>3.10</b>	<b>Leitungsverlegung in Schaltschränken .</b>	<b>51</b>	6.3.1	Schalter und Taster . . . . .	89
3.10.1	Verlegung in Verdrahtungskanälen . . . . .	51	6.3.2	Installationsschalter . . . . .	90
3.10.2	Verlegung mit Aufsteckkämmen . . . . .	51	6.3.3	Drucktaster und Leuchtmelder . . . . .	91

6.3.4	Positionsschalter .....	91	Praxistipp: Planen eines Zählerschrankes	130	
6.3.5	Näherungsschalter .....	92	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreisverteiler und Multimedialfeld .....	132	
6.3.6	Schalter für Maschinen und Anlagen .....	93			
<b>6.4</b>	<b>Elektromagnetische Schalter .....</b>	<b>94</b>	<b>7.4</b>	<b>Wohnungsinstallation .....</b>	<b>135</b>
6.4.1	Relais .....	94	7.4.1	Elektroinstallation im Wohnbereich .....	135
6.4.2	Zeitrelais .....	96	7.4.2	Elektroinstallation in Decken und Fußböden .....	136
6.4.3	Schütze .....	97	7.4.3	Leitungsführung in Wänden außerhalb von Gebäuden .....	137
<b>6.5</b>	<b>Installationsschaltungen .....</b>	<b>99</b>	7.4.4	Elektroinstallation in der Küche .....	138
6.5.1	Installationsschaltungen mit Schaltern .....	99	7.4.5	Installationsformen .....	139
6.5.2	Beleuchtung und Betriebszustandsanzeige bei Installationsschaltern .....	102	7.4.6	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche .....	140
6.5.3	Installationsschaltungen mit elektromagnetischen Schaltern .....	103		<b>Praxistipp: Ausstattungsumfang in Wohngebäuden .....</b>	<b>142</b>
6.5.4	Bewegungsmelder .....	105			
6.5.5	Netzfreischalter .....	105			
<b>6.6</b>	<b>Steuer- und Meldestromkreise mit Relais oder Schütz .....</b>	<b>106</b>	<b>7.5</b>	<b>Telekommunikationsanlagen .....</b>	<b>144</b>
6.6.1	Betriebsbedingungen und Ausführung von Steuer- und Meldestromkreisen .....	106	7.5.1	Hausrufanlagen .....	144
6.6.2	Grundschaltungen mit Schützen .....	108	7.5.2	Haussprechanlagen .....	144
6.6.3	Folge- und Verriegelungsschaltung .....	108	7.5.3	Errichten von Telekommunikationsanlagen .....	147
6.6.4	Wendeschützschaltung .....	109	7.5.4	Analog-Anschluss .....	148
6.6.5	Stern-Dreieck-Schaltung .....	110	7.5.5	DSL-Anschluss .....	149
	<b>Praxistipp: Stromlaufpläne lesen .....</b>	<b>111</b>	7.5.6	All-IP-Anschluss .....	150
6.6.6	Dahlanderschaltung .....	112	7.5.7	ISDN am All-IP-Anschluss .....	151
6.6.7	Klemmenplan .....	113	7.5.8	VoIP am All-IP-Anschluss .....	151
<b>6.7</b>	<b>Kleinsteuerungen .....</b>	<b>114</b>	7.5.9	Smart Home .....	152
6.7.1	Aufbau, Einbau und Anschluss .....	114		<b>Praxistipp: Smart Home einrichten .....</b>	<b>153</b>
6.7.2	Programmierung .....	115			
<b>6.8</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) .....</b>	<b>116</b>	<b>7.6</b>	<b>Antennen-Empfangs- und Verteilanlagen .....</b>	<b>154</b>
6.8.1	Aufbau einer SPS .....	116	7.6.1	Antennenanlagen für terrestrischen Empfang .....	154
6.8.2	Anschluss einer SPS .....	116	7.6.2	Satelliten-Empfangsanlagen .....	157
6.8.3	Arbeitsweise einer speicherprogrammierbaren Steuerung .....	117	7.6.3	Digitale terrestrische Empfangsanlagen .....	159
6.8.4	Programmierung einer speicherprogrammierbaren Steuerung .....	117	7.6.4	Breitband-Kommunikationsanlagen (BK-Anlagen) .....	160
6.8.5	Sicherheitstechnische Anforderungen an speicherprogrammierbare Steuerungen (DIN EN 60204-1/VDE 0113-1) .....	118		<b>Praxistipp: Baugruppen und Anforderungen zum digitalen Sat-Empfang .....</b>	<b>161</b>
6.8.6	Strukturierte Programmierung .....	119			
6.8.7	Anwendungsbeispiel .....	120	<b>7.7</b>	<b>Gefahrenmeldeanlagen .....</b>	<b>162</b>
6.8.8	Bibliotheksfähige Bausteine .....	122	7.7.1	Allgemeine Festlegungen .....	162
<b>7</b>	<b>Elektrische Anlagen in Wohngebäuden .....</b>	<b>124</b>	7.7.2	Brandmeldeanlagen .....	163
<b>7.1</b>	<b>Hausanschluss .....</b>	<b>124</b>	7.7.3	Einbruchmeldeanlagen .....	166
7.1.1	Kabelanschluss .....	124	7.7.4	Überfallmeldeanlagen .....	169
7.1.2	Hausanschlussraum .....	124		<b>Praxistipp: Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern .....</b>	<b>170</b>
7.1.3	Hausanschlusswand .....	125			
7.1.4	Hausanschlussnische .....	125	<b>7.8</b>	<b>Gebäudesystemtechnik .....</b>	<b>171</b>
<b>7.2</b>	<b>Schutzzpotenzialausgleich in Wohngebäuden .....</b>	<b>125</b>	7.8.1	KNX-System .....	171
7.2.1	Fundamenterde .....	126	7.8.2	KNX-Powernet .....	175
7.2.2	Ausführung des Schutzzpotenzialausgleichs .....	126	<b>8</b>	<b>Blitzschutz .....</b>	<b>177</b>
<b>7.3</b>	<b>Hauptstromversorgungssysteme .....</b>	<b>127</b>	8.1	Äußerer Blitzschutz .....	177
7.3.1	Hauptleitungen .....	127	8.2	Innerer Blitzschutz .....	179
7.3.2	Zählerplätze .....	128	8.3	Trennungsabstand .....	181
7.3.3	Steuerleitungen .....	129	8.4	Prüfen der Blitzschutzsysteme .....	181
7.3.4	Stromkreisverteiler .....	129	<b>9</b>	<b>Sonderinstallationen .....</b>	<b>182</b>
			9.1	Elektroinstallation in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten .....	182
			9.2	Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten .....	184
			9.3	Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen .....	185
			9.4	Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen .....	188

<b>9.5</b>	<b>Elektrische Anlagen auf Baustellen</b>	191	11.12.1	Prüfen durch Besichtigen	233
<b>9.6</b>	<b>Leuchtmittel für Innenräume</b>	192	11.12.2	Prüfen durch Erproben und Messen	233
9.6.1	Schaltungen von Leuchtstofflampen	194	11.12.3	Prüfen durch Messen an Drehstromsystemen	234
9.6.2	Niedervolt-Halogentechnik	195	11.12.4	Prüfen von RCDs	236
9.6.3	LED-Beleuchtung	197	11.12.5	Prüfen bei Kleinspannung und Schutz trennung	236
<b>9.7</b>	<b>Fotovoltaikanlagen</b>	198	11.12.6	Isolationswiderstand in nicht leitender Umgebung	237
	<b>Praxistipp: Komponenten einer Fotovoltaikanlage auswählen</b>	200	11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen	238
<b>10</b>	<b>Messen in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln</b>	202		<b>Praxistipp: Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden</b>	239
<b>10.1</b>	<b>Messen und Prüfen</b>	202	11.12.8	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	241
<b>10.2</b>	<b>Begriffe der Messtechnik</b>	203			
<b>10.3</b>	<b>Analoge und digitale Anzeige</b>	203			
<b>10.4</b>	<b>Messwerke</b>	204			
<b>10.5</b>	<b>Messfehler</b>	204			
<b>10.6</b>	<b>Messen von Stromstärke, Spannung und Widerstand</b>	206			
<b>10.7</b>	<b>Messen mit Vielfach-Messinstrumenten</b>	210			
<b>10.8</b>	<b>Messkategorien, Messen nichtsinusförmiger Wechselgrößen</b>	211			
<b>10.9</b>	<b>Messen der elektrischen Leistung</b>	212			
<b>10.10</b>	<b>Messen der elektrischen Arbeit</b>	213			
	<b>Praxistipp: Messen von Strom und Spannung</b>	215			
<b>10.11</b>	<b>Messen mit dem Oszilloskop</b>	216			
10.11.1	Inbetriebnahme eines digitalen Oszilloskops	216			
10.11.2	Messen von Spannungen	217			
10.11.3	Messen der Frequenz	218			
10.11.4	Messen von Strömen	218			
10.11.5	Messen der Phasenverschiebung	218			
10.11.6	Kennlinienaufnahme mit dem Oszilloskop	219			
<b>11</b>	<b>Schutzmaßnahmen</b>	220			
<b>11.1</b>	<b>Auswahl der Betriebsmittel</b>	220			
<b>11.2</b>	<b>Schutz gegen elektrischen Schlag</b>	221			
<b>11.3</b>	<b>Drehstromsysteme</b>	222			
<b>11.4</b>	<b>Anforderungen an den Basisschutz</b>	223			
11.4.1	Basisschutz unter normalen Bedingungen	223			
11.4.2	Basisschutz unter besonderen Bedingungen	223			
<b>11.5</b>	<b>Anforderungen an den Fehlerschutz</b>	224			
<b>11.6</b>	<b>Schutz durch automatische Abschaltung im TN-, TT- und IT-System</b>	225			
11.6.1	TN-System	225			
11.6.2	TT-System	226			
11.6.3	IT-System	226			
<b>11.7</b>	<b>Doppelte oder verstärkte Isolierung</b>	228			
<b>11.8</b>	<b>Schutz trennung</b>	228			
<b>11.9</b>	<b>Schutz durch Kleinspannung</b>	229			
<b>11.10</b>	<b>Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)</b>	229			
11.10.1	Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	230			
11.10.2	Differenzstrom-Schutzeinrichtungen	231			
<b>11.11</b>	<b>Besondere Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden</b>	232			
<b>11.12</b>	<b>Prüfen der Schutzmaßnahmen</b>	233			
<b>12</b>	<b>Schaltungen und Bauteile der Elektronik</b>	243			
<b>12.1</b>	<b>Gedruckte Schaltungen</b>	243			
12.1.1	Aufbau der Leiterplatte	243			
12.1.2	Herstellen gedruckter Schaltungen	243			
	<b>Praxistipp: Bau eines Durchgangsprüfers</b>	244			
12.1.3	Zurichten elektronischer Bauelemente	245			
12.1.4	SMD-Technik	246			
<b>12.2</b>	<b>Widerstände</b>	247			
12.2.1	Festwiderstände	247			
12.2.2	Einstellbare Widerstände	248			
12.2.3	Nichtlineare Widerstände	248			
12.2.4	Prüfen von Widerständen	249			
<b>12.3</b>	<b>Kondensatoren</b>	249			
12.3.1	Kennzeichnung und Abmessungen von Kondensatoren	250			
12.3.2	Prüfen von Kondensatoren	250			
<b>12.4</b>	<b>Halbleiterbauelemente</b>	251			
12.4.1	Diode	251			
12.4.2	Gleichrichterschaltungen	252			
12.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	254			
12.4.4	Transistoren	255			
12.4.5	Spannungsstabilisierungen	259			
12.4.6	Thyristoren	260			
12.4.7	Triacs	261			
12.4.8	Diac	262			
12.4.9	Kühlung von Halbleiterbauelementen	263			
12.4.10	Optoelektronische Bauelemente	264			
12.4.11	Integrierte Schaltungen (IC)	265			
<b>13</b>	<b>Computertechnik</b>	266			
<b>13.1</b>	<b>Bestandteile und Funktionsweise eines Computers</b>	266			
<b>13.2</b>	<b>Hardware für Personal-Computer (PC)</b>	267			
13.2.1	Chipsatz eines PC	267			
13.2.2	Mainboard	268			
13.2.3	Mikroprozessor und Arbeitsspeicher	268			
13.2.4	Schnittstellen und Anschlüsse	269			
13.2.5	Peripherie	270			
<b>13.3</b>	<b>Software für Personal-Computer</b>	272			
<b>13.4</b>	<b>Computer-Netzwerke</b>	273			
13.4.1	Netzwerkverbindung	273			
13.4.2	Netzwerkeinstellungen	274			

13.4.3	Netzwerkdrucker einrichten . . . . .	275	16.2.3	Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer. . . . .	318
13.4.4	Internetzugang einrichten. . . . .	275	16.2.4	Polumschaltbare Asynchronmotoren . . . . .	318
13.4.5	WLAN . . . . .	276	16.2.5	Drehstrommotoren an Wechselspannung . . . . .	320
	<b>Praxistipp: Lokales Netzwerk (LAN) installieren. . . . .</b>	<b>277</b>		<b>Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors. . . . .</b>	<b>321</b>
<b>14</b>	<b>Elektrogeräte. . . . .</b>	<b>278</b>	16.2.6	Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren. . . . .	322
14.1	Kleingeräte . . . . .	278	<b>16.3</b>	<b>Einphasenwechselstrommotoren . . . . .</b>	<b>324</b>
14.1.1	Trocken- und Dampfbügeleisen. . . . .	278	16.3.1	Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer. . . . .	324
14.1.2	Haartrockner und Handrührgeräte . . . . .	279	16.3.2	Spaltpolmotoren . . . . .	325
14.1.3	Funkentstörung bei Kleingeräten. . . . .	280	16.3.3	Universalmotoren . . . . .	325
<b>14.2</b>	<b>Großgeräte . . . . .</b>	<b>281</b>	<b>16.4</b>	<b>Gleichstrommotoren. . . . .</b>	<b>326</b>
14.2.1	Elektroherd . . . . .	281	16.4.1	Aufbau und Wirkungsweise . . . . .	326
14.2.2	Mikrowellengerät. . . . .	284	16.4.2	Fremderregter Motor. . . . .	327
14.2.3	Waschmaschinen. . . . .	285	16.4.3	Nebenschlussmotor. . . . .	327
14.2.4	Wäschetrockner . . . . .	286	16.4.4	Reihenschlussmotor . . . . .	327
14.2.5	Geschirrspülmaschine. . . . .	287	16.4.5	Doppelschlussmotor . . . . .	328
14.2.6	Kühlgeräte. . . . .	288	16.4.6	Drehzahlsteuerung und Drehrichtungs-umkehr bei Gleichstrommotoren. . . . .	328
14.2.7	Geräte zur Warmwasserversorgung . . . . .	289	<b>16.5</b>	<b>Servomotoren . . . . .</b>	<b>329</b>
<b>14.3</b>	<b>Elektrische Raumheizung . . . . .</b>	<b>293</b>	16.5.1	Gleichstromservomotoren . . . . .	329
<b>15</b>	<b>Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten . . . . .</b>	<b>297</b>	16.5.2	Drehstromservomotoren . . . . .	330
15.1	Fehlerarten . . . . .	297	<b>16.6</b>	<b>Wartung und Pflege von Elektromotoren . . . . .</b>	<b>331</b>
15.2	<b>Fehlersuche in elektrischen Anlagen . . . . .</b>	<b>298</b>	<b>16.7</b>	<b>Betriebsstörungen bei Gleichstrom-motoren . . . . .</b>	<b>333</b>
15.2.1	Mechanische Fehler. . . . .	298	<b>16.8</b>	<b>Transformatoren . . . . .</b>	<b>334</b>
15.2.2	Leiterunterbrechungen . . . . .	298	16.8.1	Aufbau und Wirkungsweise . . . . .	334
15.2.3	Auffinden von Kurzschlüssen. . . . .	299	16.8.2	Bauarten von Transformatoren . . . . .	334
15.2.4	Auffinden von Körperschlüssen, Erdschlüssen und Leiterschlüssen. . . . .	300	16.8.3	Betriebsbedingungen von Transformatore . . . . .	335
<b>15.3</b>	<b>Fehlersuche in elektrischen Geräten. . . . .</b>	<b>301</b>	16.8.4	Dimensionierung von Transformatoren . . . . .	338
15.3.1	Systematische Fehlersuche . . . . .	301	16.8.5	Drehstromtransformatoren. . . . .	340
15.3.2	Fehlerarten und Fehlerursachen in elektrischen Geräten . . . . .	302	<b>16.9</b>	<b>Wicklungen von Transformatoren und Elektromotoren . . . . .</b>	<b>341</b>
15.3.3	Fehlersuche am Beispiel einer Kochplatte . . . . .	302	16.9.1	Wickeln und isolieren von Kleintrans-formatoren . . . . .	341
<b>15.4</b>	<b>Instand setzen von Elektrogeräten . . . . .</b>	<b>303</b>	16.9.2	Sicherheitsprüfung von Kleintrans-formatoren . . . . .	342
<b>15.5</b>	<b>Prüfen von instand gesetzten Elektrogeräten . . . . .</b>	<b>307</b>	16.9.3	Wicklungen von Gleichstrommaschinen . . . . .	343
15.5.1	Sichtprüfung . . . . .	307	16.9.4	Wicklungen von Drehstrommaschinen. . . . .	344
15.5.2	Schutzleiterprüfung . . . . .	307	16.9.5	Herstellen von Wicklungen. . . . .	344
15.5.3	Messen des Isolationswiderstandes . . . . .	308	16.9.6	Isolieren von Wicklungen . . . . .	344
15.5.4	Messen des Schutzleiterstromes und des Berührungsstromes . . . . .	308	16.9.7	Prüfen von Wicklungen . . . . .	345
15.5.5	Alternative Methode . . . . .	309			
15.5.6	Funktionsprüfung. . . . .	309			
	<b>Praxistipp: Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte. . . . .</b>	<b>310</b>			
<b>16</b>	<b>Elektrische Maschinen. . . . .</b>	<b>311</b>	<b>17</b>	<b>Primärelemente und Sekundärelemente . . . . .</b>	<b>347</b>
16.1	<b>Planung von Antrieben . . . . .</b>	<b>311</b>	17.1	<b>Primärelemente (Trockenelemente) . . . . .</b>	<b>347</b>
16.1.1	Eigenschaften von Motoren . . . . .	311	17.2	<b>Sekundärelemente . . . . .</b>	<b>348</b>
16.1.2	Schutzarten von Motoren . . . . .	312	17.3	<b>Ladetechniken von Akkumulatoren . . . . .</b>	<b>350</b>
16.1.3	Betriebsarten . . . . .	313			
<b>16.2</b>	<b>Drehstrom-Asynchronmotoren . . . . .</b>	<b>314</b>			
16.2.1	Kurzschlussläufer-Motoren. . . . .	314	<b>18</b>	<b>Projektbearbeitung . . . . .</b>	<b>351</b>
16.2.2	Eigenschaften von Asynchronmotoren. . . . .	316			
				<b>Lernsituation 1: Drehfeldrichtungsanzeiger. . . . .</b>	<b>352</b>
				<b>Lernsituation 2: Elektroinstallation eines Hausschlussraumes. . . . .</b>	<b>354</b>
				Projektbeschreibung . . . . .	354
				Arbeitsschritte bei der Projektbearbeitung. . . . .	354
				<b>Bildquellenverzeichnis . . . . .</b>	<b>357</b>
				<b>Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch. . . . .</b>	<b>358</b>



# 1 Unfall- und Arbeitssicherheit

## 1.1 Elektrische Energie und ihre Gefahren

In allen Bereichen des täglichen Lebens wird elektrische Energie benutzt, um sie z.B. in Wärme, Licht oder in mechanische Energie umzuwandeln. Durch die damit verbundenen Annehmlichkeiten steigert die elektrische Energie auch die Lebensqualität, ohne dass man sich ihres Vorhandenseins dauernd bewusst ist.

Missachtet man bei der Nutzung der elektrischen Energie die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen, können lebensbedrohende Gefahren für Menschen und Tiere entstehen (Bild 1) sowie eine Gefährdung von Sachwerten eintreten.

Der Staat schützt seine Bürger durch den Erlass von Gesetzen vor Gefahren, die durch den Umgang mit elektrischer Energie entstehen können (Bild 2).

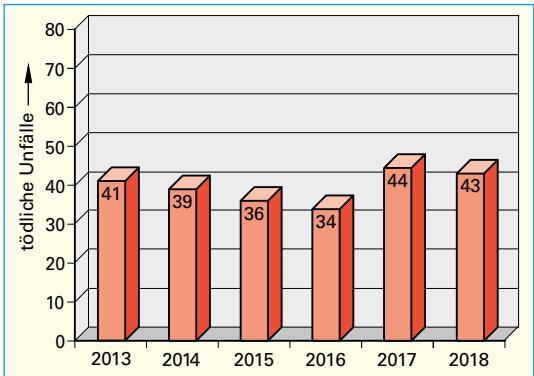


Bild 1: Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom

### 1.1.1 Energiewirtschaftsgesetz

Das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) regelt die Zuständigkeit für die Versorgungssicherheit, die Erzeugung und die Verteilung elektrischer Energie. Es enthält aber auch sicherheitstechnische Festlegungen, z.B. das VDE-Vorschriftenwerk (Seite 12).

### 1.1.2 Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)

Das ProdSG verpflichtet Hersteller, Importeure und Händler, nur solche technischen Arbeitsmittel in Verkehr zu bringen, die den allgemeinen Regeln der Technik, des Arbeitsschutzes und den Unfallverhütungsvorschriften entsprechen.

Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) hat Prüfstellen bei VDE und TÜV beauftragt, technische Arbeitsmittel auf Sicherheit im Sinne des ProdSG zu prüfen. Produkte, die bei der Prüfung positiv beurteilt werden, dürfen das Sicherheitszeichen „GS = Geprüfte Sicherheit“ tragen (Bild 3a).

In den Ländern der Europäischen Union (EU) müssen alle in Verkehr gebrachten und in Betrieb genommenen Maschinen den Europäischen Maschinenrichtlinien entsprechen und das CE-Zeichen<sup>1</sup> tragen (Bild 3b).

Das CE-Zeichen vergibt der Hersteller für seine Produkte selbst. Er ist verpflichtet, für diese Produkte eine Dokumentation und eine Bedienungsanleitung zu erstellen, die Sicherheitsanforderungen der Europäischen Richtlinien zu erfüllen und in einer Erklärung anzugeben, nach welchen Richtlinien die Maschine hergestellt und geprüft wurde (Konformitätserklärung).

Die „Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung“ (NAV) regelt das Vertragsverhältnis zwischen dem Netzbetreiber und dem Anschlussnehmer. Sie ersetzt die ehemalige AVBElTv.

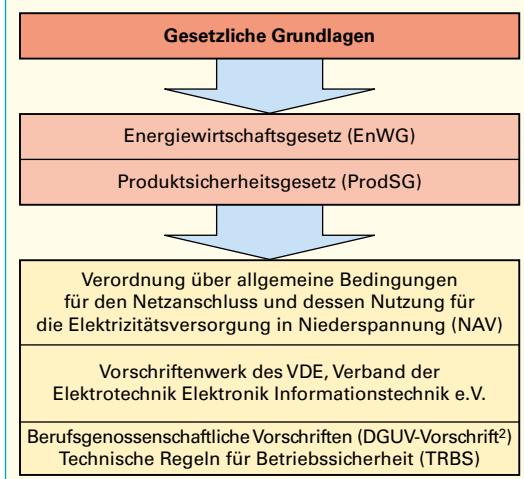


Bild 2: Gesetze und Vorschriften



Bild 3: GS-Zeichen und CE-Zeichen

<sup>1</sup> CE, Abk. für: Communauté Européenne (franz.) = Europäische Union

<sup>2</sup> DGUV, Abk. für: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung



### 1.1.3 Unfallverhütung

Die **Unfallverhütungsvorschriften** (UVV) werden unter Leitung der fachlich zuständigen Berufsgenossenschaft erarbeitet. Die **Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften** (DGUV-Vorschrift, alt: BGV) enthalten z.B. die Unfallverhütungsvorschrift DGUV-Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (**Übersicht**). Sie schreibt die von den Berufsgenossenschaften geforderten Maßnahmen, z.B. bei der Prüfung elektrischer Anlagen vor.

Der Versicherte, d.h. der Arbeitnehmer, ist verpflichtet, die Unfallverhütungsvorschriften zu beachten und Anweisungen des Arbeitgebers für arbeitsmedizinisch und sicherheitstechnisch richtiges Verhalten zu befolgen.

Die **Technischen Regeln der Betriebssicherheit (Übersicht)** geben dem Arbeitgeber eine Hilfe, z.B. bei der Festlegung der Prüfabstände für Wiederholungsprüfungen an Anlagen oder Betriebsmitteln. Die TRBS werden vom **Bundesministerium für Arbeit und Soziales** (BMAS) bekannt gegeben.

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, eine befähigte Person für die Durchführung der Prüfungen an Anlagen und Betriebsmitteln zu benennen und die Einhaltung der Prüffristen zu überwachen.

Eine befähigte Person besitzt Fachkenntnisse aus Berufsausbildung und beruflicher Tätigkeit.

### 1.1.4 VDE-Vorschriftenwerk

Zu den Aufgaben des VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.) gehören z.B.:

- Sicherheitstechnische Überprüfung elektrotechnischer Erzeugnisse im Sinne der VDE-Bestimmungen (**Bild**) und des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes,
- Mitarbeit an der elektrotechnischen Normung und Erstellung sicherheitstechnischer Festlegungen.

In DIN VDE 0100-200 werden Personen in folgende Gruppen eingeteilt.

- **Elektrofachkraft** (EFK) ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie durch Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.
- **Elektrotechnisch unterwiesene Person** (EuP) ist, wer unter Anleitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft einfache, elektrotechnische Arbeiten durchführt und über notwendige Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

Die **Tabelle** zeigt eine Auswahl an Prüfzeichen für Betriebsmittel, die den VDE-Vorschriften entsprechen.

#### Übersicht: Träger der Regeln für den Arbeitsschutz und die Gesundheit am Arbeitsplatz

##### Berufsgenossenschaften

- Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (DGUV-Vorschrift, alt: BGV)
- Berufsgenossenschaftliche Informationen (DGUV-Information)

##### Bundesministerium für Arbeit und Soziales

Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

##### Beispiele:

- DGUV-Vorschrift 3: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- BGI 608: Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen auf Baustellen

##### Beispiele:

- TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung
- TRBS 1201: Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen

#### DIN VDE 0100 Errichten von Niederspannungsanlagen

- 100 Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
- 200 Begriffe
- 4xx Schutzmaßnahmen
- 5xx Auswahl und Errichtung el. Betriebsmittel
- 6xx Prüfungen
- 7xx Räume und Anlagen besonderer Art

Bild: Gliederung der DIN VDE 0100 (Auszug)

#### Tabelle: Beispiele für VDE-Prüfzeichen

Prüfzeichen	Bild
VDE-Zeichen	
VDE-GS-Zeichen	
VDE-Funkschutzzeichen	
VDE-Elektronik-Prüfzeichen	
VDE-Kabelzeichen	
VDE-Harmonisierungskennzeichen	
VDE-Kennfaden	
VDE-Harmonisierungskennfaden	



## 1.2 Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz

### 1.2.1 Gefahrstoffkennzeichnung

Gefährliche Stoffe und Zubereitungen müssen nach der **Gefahrstoffverordnung** (GefStoffV) gekennzeichnet sein. So müssen als Kennzeichnung z.B. angegeben werden:

- Die Bezeichnung des Stoffes oder der Zubereitung,
- die Gefahrensymbole mit den zugehörigen Gefahrenbezeichnungen nach dem **GHS-System** (Globally Harmonised System, **Tabelle 1**).

Ist der Stoff mehrfach verpackt, so muss jede Verpackung gesondert gekennzeichnet werden.

Umverpackungen in kleinere Einheiten sind ebenso kennzeichnungspflichtig, auch wenn diese nur für den innerbetrieblichen Bedarf bestimmt sind.

Um das gesundheitliche Risiko beim Umgang mit Gefahrgut einzuschränken wurde der **Arbeitsplatzgrenzwert** (AGW) festgelegt. Er gibt die durchschnittliche Konzentration eines Arbeitsstoffes in der Luft am Arbeitsplatz an, bei der eine akute oder chronische Schädigung der Gesundheit der Beschäftigten nicht zu erwarten ist. Dabei geht man von einer täglich achtstündigen Einwirkdauer an fünf Tagen der Woche aus. Der Arbeitsplatzgrenzwert ersetzt die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) und wird in ml/m<sup>3</sup> oder mg/m<sup>3</sup> angegeben, z.B. für Quecksilber 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

### 1.2.2 Sicherheitszeichen

Unternehmen sind nach den Unfallverhütungsvorschriften (UVV) verpflichtet, an allen Arbeitsplätzen durch Sicherheitszeichen (**Seite 14**) auf Gefahren und auf vorhandene Sicherheitseinrichtungen hinzuweisen sowie Verbote anzuzeigen.

Wie im Straßenverkehr ist bereits durch die Form und die Farbe der Sicherheitszeichen eine Aussage möglich, ob es sich um ein Verbots-, Gebots-, Warn-, Rettungs- oder Brandschutzzeichen handelt (**Tabelle 2**).

- **Verbotszeichen** untersagen ein Verhalten, das zu einer Gefährdung führen kann, z.B. Rauchen in Batterieräumen.
- **Gebotszeichen** geben Hinweise auf ein bestimmtes notwendiges Verhalten, z.B. auf das Tragen einer Schutzausrüstung.
- **Warnzeichen** sind Sicherheitszeichen, die vor einer Gefahr warnen, z.B. vor gefährlicher elektrischer Spannung.
- **Rettungszeichen** enthalten Symbole, die bei Gefahrensituationen auf Rettungswege oder Rettungseinrichtungen hinweisen, z.B. Hinweis auf eine Augenspülleinrichtung.
- **Brandschutzzeichen** weisen auf Einrichtungen hin, welche zur Meldung oder zur Bekämpfung eines Brandes dienen, z.B. Feuerlöscher oder Feuermelder.

Sicherheitszeichen dürfen nur Symbole, d.h. Bildzeichen, aufweisen. Dadurch kann jeder Arbeitnehmer, unabhängig von seiner Landessprache, den Sinn der Sicherheitszeichen erfassen.

An den Sicherheitszeichen dürfen keine zusätzlichen Beschriftungen vorhanden sein. Bei Bedarf ist ein Zusatzzeichen anzubringen (**Bild**).

<sup>1</sup> GHS, Abk. für: Globally Harmonised System (engl.) = Global harmonisiertes System

**Tabelle 1: Gefahrensymbole**

Symbol nach GHS	Zeichen	Symbol (früher)
	Explosions-gefährlich E	
	Brandfördernd O	
	Leicht entzündlich F Hoch entzündlich F+	
	Umweltgefährlich	
	Giftig T Sehr giftig T+	
	Ätzend C	

**Tabelle 2: Sicherheitszeichen**

Form und Farbe	Bedeutung
	Verbot
	Gebot
	Warnung
	Rettung
	Brandschutz



a) **Nicht öffnen, während Maschine noch läuft**

b) **Zusatzzeichen**

Bild: a: Warnzeichen mit  
b: Zusatzzeichen

**Auswahl von Sicherheitszeichen**

(nach DIN EN ISO 7010)

**Verbotszeichen**

Zutritt für Unbefugte verboten	Für Flurförderzeuge verboten	Keine offene Flamme, Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten	Mit Wasser löschen verboten	Berühren verboten

Rauchen verboten	Für Fußgänger verboten	Kein Trinkwasser	Schalten verboten	Abstellen oder Lagern verboten

**Gebotszeichen**

Augenschutz benutzen	Kopfschutz benutzen	Gehörschutz benutzen	Atemschutz benutzen	Fußschutz benutzen

Handschutz benutzen	Schutzkleidung benutzen	Gesichtsschutz benutzen	Netzstecker ziehen	Vor Wartung oder Reparatur freischalten

**Warnzeichen**

Allgemeines Warnzeichen	Warnung vor optischer Strahlung	Warnung vor Gasflaschen	Warnung vor Rutschgefahr	Warnung vor Handverletzungen

Warnung vor feuergefährlichen Stoffen	Warnung vor explosionsgefährlichen Stoffen	Warnung vor giftigen Stoffen	Warnung vor ätzenden Stoffen	Warnung vor radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung

Warnung vor schwelender Last	Warnung vor elektrischer Spannung	Warnung vor nicht-ionisierender Strahlung	Warnung vor Gefahren durch das Aufladen von Batterien	Warnung vor automatischem Anlauf

**Rettungszeichen**

Notausgang rechts	Sammelstelle	Erste Hilfe	Augenspülleinrichtung	Arzt

**Brandschutzzeichen**

Löschschlauch	Feuerleiter	Feuerlöscher	Brandmeldetelefon	Mittel und Geräte zur Brandbekämpfung



## 1.3 Die fünf Sicherheitsregeln

Bei Arbeiten an aktiven Teilen muss vor Arbeitsbeginn der spannungslose Zustand hergestellt und gesichert sein. Dies erfolgt nach den fünf Sicherheitsregeln. Sie werden in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt (Bild 1).

### ① Freischalten

Alle Leitungen, die an eine Arbeitsstelle Spannung führen, sind vor Arbeitsbeginn spannungsfrei zu schalten. Die Betätigung des Ausschalters allein ist dabei nicht ausreichend.

In Beleuchtungsanlagen, die meist einpolig geschaltet werden, kann trotz Unterbrechung des Stromkreises am Arbeitsort Spannung gegen Erde anstehen. Es sind deshalb sicherheitshalber für alle zur Anlage gehörenden Stromkreise die Schmelzsicherungen zu entfernen (Bild 2) bzw. die Leitungsschutzschalter abzuschalten.

In Stromkreisen mit Kondensatoren muss sichergestellt sein, dass diese nach dem Abschalten durch geeignete Vorrichtungen, z. B. über eingebaute Widerstände, entladen werden. Die Spannung an den Kondensatoren muss dabei innerhalb einer Minute auf einen Wert unter 50 V absinken.

### ② Gegen Wiedereinschalten sichern

Betriebsmittel, z. B. Sicherungen und Schalter, mit denen eine Anlage spannungsfrei geschaltet wurde, sind sofort nach dem Abschalten zuverlässig gegen Wiedereinschalten zu sichern.

Abschließbare Hauptschalter sind durch Vorhängeschlösser abzusperren. Arbeiten z. B. an einer Heizungsanlage Elektriker und Heizungsbauer zu gleicher Zeit, so bringt jede Arbeitsgruppe unabhängig voneinander ihr eigenes Vorhängeschloss an, um gegen ungewolltes unter Spannung setzen der Anlage geschützt zu sein. Die Anlage kann erst nach dem Entfernen aller Schlösser wieder in Betrieb genommen werden.

Schaltstellen, auch solche die in unmittelbarer Nähe des Arbeitsplatzes liegen, sind mit einem Verbotschild (Nicht schalten), sowie einem Zusatzzeichen mit Angabe von Arbeitsort, Datum und Namen der Aufsichtsführenden Person zu versehen (Bild 3).

### ③ Spannungsfreiheit feststellen

Nach dem Freischalten ist an der Arbeitsstelle durch Messung festzustellen, ob tatsächlich Spannungsfreiheit besteht. Nur so lässt sich überprüfen, ob nicht irrtümlich eine Verwechslung von Stromkreissicherungen, Schaltern oder Schaltzellen erfolgte.

Über unbekannte oder nicht beachtete Messleitungen, nicht abgeschaltete Geräte, mechanisch blockierte Schalter- oder Schützkontakte sowie über Ersatzstromversorgungsanlagen kann Rückspannung an die Arbeitsstelle gelangen und zu Unfällen führen. Die Spannungsfreiheit muss deshalb allpolig, zwischen allen Außenleitern L1–L3, dem Neutralleiter N und dem Schutzleiter PE, festgestellt werden. Die Prüfung (Bild 4) ist mit Messgeräten oder Spannungsprüfern durchzuführen, welche den VDE-Bestimmungen entsprechen und vor dem Benutzen auf Funktion geprüft wurden. Mit dem Feststellen der Spannungsfreiheit darf nur eine Elektrofachkraft **EFK** oder eine elektrotechnisch unterwiesene Person **EuP** beauftragt werden.

### 5 Sicherheitsregeln

- Vor Beginn der Arbeiten:
- Freischalten
  - Gegen Wiedereinschalten sichern
  - Spannungsfreiheit feststellen
  - Erden und kurzschließen
  - Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken



Bild 1: Die 5 Sicherheitsregeln



Bild 2: Elektrofachkraft beim Ziehen eines NH-Sicherungseinsatzes



Es wird gearbeitet !  
Ort: Station A Datum: 11.05.  
Entfernen des Schildes  
nur durch: Franz Wilde

Bild 3: Verbotszeichen „Schalten verboten“ mit Zusatzzeichen



Bild 4: Überprüfen der Spannungsfreiheit mit einem zwei-poligen Spannungsprüfer



#### ④ Erden und Kurzschließen

Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen sind immer zuerst mit der Erde und dann erst mit dem zu erdenden und kurzzuschließenden Anlagenteil zu verbinden.

Die Vorrichtung zum Erden und Kurzschließen muss von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein. In Fällen, in denen dies technisch nicht durchführbar ist, darf auch in der Nähe der Arbeitsstelle geerdet und kurzgeschlossen werden.

Da Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen (**Bild 1**) unter Umständen hohe Kurzschlussströme abzuleiten haben, ist auf sicheren Kontakt mit der Erdungsanlage zu achten.

In Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, mit Ausnahme von Freileitungen, darf auf das Erden und Kurzschließen verzichtet werden, wenn die Sicherheitsregeln ① bis ③ ordnungsgemäß eingehalten wurden.

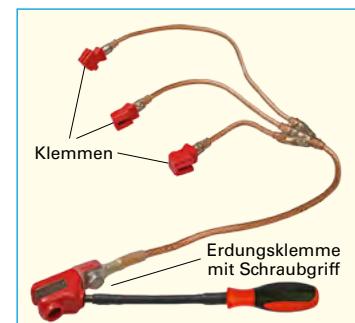


Bild 1: Erdungs- und Kurzschließvorrichtung

#### ⑤ Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken und abschranken

Sind in der Nähe eines freigeschalteten Arbeitsortes Anlagenteile, die aus Gründen der Betriebssicherheit oder wegen zu erwartender wirtschaftlicher Schäden nicht abgeschaltet werden können, so sind diese spannungsführenden Teile so abzudecken und zu sichern, dass ein unbeabsichtigtes Berühren mit dem Körper oder mit Werkzeugen nicht möglich ist.

In Niederspannungsanlagen ist ein Abdecken, z.B. mit Gummitüchern oder Kunststofffolien, Abdeckplatten oder Formstücken möglich (**Bild 2**). Diese müssen ausreichend isolierend sein und allen mechanischen Beanspruchungen standhalten. Bei der Befestigung der Abdeckungen ist darauf zu achten, dass ein Verrutschen auszuschließen ist.

In Hochspannungsanlagen sind alle benachbarten Gefahrenbereiche der Arbeitsstelle deutlich abzugrenzen und z.B. durch Seile, Absperrplatten und Warnkreuze zu sichern.



Bild 2: Abdecken spannungsführender Teile

Erst nach der Ausführung aller fünf Sicherheitsregeln darf die Arbeitsstelle durch die Aufsicht führende Person freigegeben werden.

Die unveränderte Reihenfolge ① bis ⑤ der Sicherheitsregeln ist auch verbindlich für Personen, die allein arbeiten.

Mit der Aufhebung der Sicherheitsmaßnahmen darf erst dann begonnen werden, wenn alle Arbeitsstellen die Beendigung der Arbeiten gemeldet haben und die Arbeitsstellen ordnungsgemäß geräumt, also z.B. Werkzeuge, Geräte und Leitern, entfernt wurden. Weiterhin müssen alle Personen den Gefahrenbereich verlassen haben. Die Anlage darf erst nach Freigabe durch die Aufsicht führende Person wieder unter Spannung gesetzt werden.

Die Aufhebung der Sicherheitsregeln muss in umgekehrter Reihenfolge (⑤ bis ①) erfolgen.

#### Wiederholungsfragen

- 1 Nennen Sie Gesetze und Vorschriften, die der Arbeitssicherheit dienen.
- 2 Wer überprüft die Einhaltung der Richtlinien für die Vergabe des „GS-Zeichens“?
- 3 Welchen Zweck haben die Unfallverhütungsvorschriften?
- 4 Nennen Sie Prüfzeichen für Betriebsmittel, welche nach den VDE-Bestimmungen gefertigt werden.
- 5 Welche Eignungen muss eine Elektrofachkraft besitzen?
- 6 Wodurch werden Gefahrstoffe oder deren Zubereitungen gekennzeichnet?
- 7 Was wird durch den Arbeitsplatzgrenzwert festgelegt?
- 8 Welche unterschiedlichen Sicherheitszeichen kennen Sie und worin unterscheiden sich diese?
- 9 Nennen Sie die fünf Sicherheitsregeln in der richtigen Reihenfolge, vor Beginn der Arbeiten an elektrischen Anlagen.



## 1.4 Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen

### 1.4.1 Sicherheit beim Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlagenteilen

Ist bei Arbeiten an elektrischen Anlagen ein Freischalten benachbarter aktiver Teile, welche nicht gegen direktes Berühren geschützt sind, unmöglich, muss auf die Auswahl geeigneter Werkzeuge und die Einhaltung des Schutzes durch Abstand besonders geachtet werden. **Tabelle 1** gibt die Schutzabstände in Abhängigkeit von der Netz-Nennspannung an.

Diese **Schutzabstände** gelten z. B. für Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Freileitungsanlagen, die von Elektrofachkräften (EFK), von elektrotechnisch unterwiesenen Personen (EuP) oder unter deren Aufsicht ausgeführt werden.

**Tabelle 1: Schutzabstände** (nach DIN VDE 0105)

Netz-Nennspannung	Schutzabstand zu unter Spannung stehenden Anlagenteilen ohne Schutz gegen direktes Berühren
bis 1000 V	0,5 m
über 1 bis 30 kV	1,5 m
über 30 bis 110 kV	2,0 m
über 110 bis 220 kV	3,0 m
über 220 bis 380 kV	4,0 m

 Gefahrenzone und Annäherungszone: [Seite 22](#)

Personen, die weder Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesen sind, z. B. Maler, dürfen in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlagenteilen nur unter fachkundiger Aufsicht arbeiten.

### 1.4.2 Sicherheit beim Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen

Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen erfordern nicht nur einen erhöhten Aufwand an Zeit, Werkzeug und Material, sondern auch ein hohes Maß an Kenntnissen, Fertigkeiten und Verantwortungsbewusstsein vom Arbeitenden als auch von der Aufsicht führenden Person.

Daher sind Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen nur in besonderen Ausnahmefällen zulässig (DIN VDE 0105-1). Die **Tabelle 2** nennt Bedingungen für das Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen bis zu einer Spannung von 1000 V.

<b>Tabelle 2: Zulässige Arbeiten unter Spannung (AuS)</b>		<b>(Beispiele)</b>
<b>Nennspannungen</b>	<b>Arbeiten, welche vom jeweiligen Personenkreis durchgeführt werden dürfen</b>	
bis AC 50 V bis DC 120 V	<b>Elektrofachkraft (EFK), Elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP) und elektrotechnischer Laie (EL):</b> – Alle Arbeiten, soweit eine Gefährdung, z. B. durch Lichtbogenbildung ausgeschlossen ist.	
über AC 50 V oder DC 120 V bis zu AC und DC 1000 V	<b>Elektrofachkraft (EFK) und Elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP):</b> – Heranführen geeigneter Prüf-, Mess- und Justiereinrichtungen, z. B. Spannungsprüfer, von Betätigungsstangen und geeigneten Werkzeugen zum Bewegen leichtgängiger Teile. – Heranführen von geeigneten Werkzeugen und Hilfsmitteln zum Reinigen sowie das Anbringen von geeigneten Abdeckungen und Abschrankungen. – Herausnehmen oder Einsetzen von nicht gegen direktes Berühren geschützten Sicherungseinsätzen, z. B. NH-Sicherungen, mit geeigneten Hilfsmitteln, wenn dies gefahrlos möglich ist. – Anspritzen unter Spannung stehender Teile bei der Brandbekämpfung. – Arbeiten an Akkumulatoren unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen. – Abklopfen von Raureif, z. B. an Freileitungen, mithilfe geeigneter isolierender Stangen.  <b>Nur Elektrofachkraft (EFK):</b> – Fehlereingrenzung in Hilfstromkreisen, z. B. Signalverfolgung, sowie die Funktionsprüfung bei Geräten und Schaltungen. – Sonstige Arbeiten, wenn ein zwingender Grund vorhanden ist und zusätzlich die Anweisung einer verantwortlichen Person vorliegt.	

Bei allen Arbeiten sind persönliche Schutzausrüstungen, Werkzeuge, Vorrichtungen und Geräte zu benutzen, die für die Art der Tätigkeit, die Spannungshöhe und die Umfeldbedingungen geeignet sind.



Sind Arbeiten unter Spannung (AuS) notwendig, ist stets isoliertes Sicherheitswerkzeug zu verwenden (**Bild 1**).

Die Entscheidung, ob unter Spannung gearbeitet werden muss, darf nicht vom ausführenden Monteur getroffen werden, sondern nur von der Aufsicht führenden Person.

Eine Kennzeichnung für isoliertes Sicherheitswerkzeug erfolgt durch den Aufdruck des Bildzeichens **Doppeldreieck mit der Spannungsangabe 1000 V** (**Bild 2**) auf der Isolation.

Außer dem Bildzeichen sind als zusätzliche Angaben das Herstellungsjahr (mindestens die beiden letzten Ziffern des Jahres) sowie ein Typenkurzzeichen und ein Herkunftszeichen erforderlich.

Sicherheitswerkzeuge bieten erhöhten Berührungsschutz.



Bild 1: Sicherheitswerkzeug

### 1.4.3 Sicherer Umgang mit Werkzeug und Gerät

Die Anwendung der elektrischen Energie hat zu einer Vielzahl, zum Teil recht unterschiedlicher Elektroberufe geführt. Jeder Beruf erfordert die Einhaltung von Sicherheitsvorkehrungen, die den jeweiligen Tätigkeitsmerkmalen angepasst sind, um mögliche Gefahren wirksam abzuwenden. Hierbei handelt es sich nicht nur um Gefahren, die durch den elektrischen Strom hervorgerufen werden können, sondern auch um Gefährdungen, die beim Umgang mit Werkzeugen und Geräten auftreten.

Gute und sichere Arbeit erfordert einwandfreies und zweckmäßiges Werkzeug.

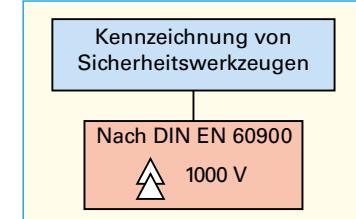


Bild 2: Bildzeichen und Spannungsangabe bei Sicherheitswerkzeugen

Bei der Aufbewahrung der Werkzeuge ist zunächst auf die Übersichtlichkeit zu achten. Übersichtlich aufbewahrtes Werkzeug (**Bild 3**) ist schneller zu finden, außerdem wird eine Beschädigung der Werkzeuge untereinander vermieden.

Eine vorbeugende Instandhaltung sollte auch für die täglich benutzten Handwerkzeuge durchgeführt werden. Bohrwerkzeuge müssen immer scharf geschliffen, Meißelköpfe grätfrei sein. Zum Schutz vor Verletzungen durch einen abrupten Hammerschlag, einen Meißel mit Handschutz (**Bild 4**) verwenden. Der Hammer muss mit dem Stiel fest verkeilt sein. Schraubenschlüssel und Schraubendreher sind passend zu den entsprechenden Muttern und Schrauben zu wählen.

Falsche Werkzeugauswahl führt z.B. zu Beschädigungen an Verbindungselementen und Werkzeugen und damit zu einer erheblichen Verletzungsgefahr, z.B. durch Abrutschen.

Handgeführte Elektrowerkzeuge sind eine häufige Unfallursache und bedürfen deshalb einer besonders sorgfältigen Pflege.

Elektrowerkzeuge sind vor jedem Einsatz durch den Benutzer einer Sichtprüfung auf äußere Beschädigungen zu unterziehen.

Gefahren drohen beispielsweise durch:

- Schadhafte Steckvorrichtungen,
- nicht fachgerechte oder unvollständige Instandsetzung,
- abgebrochene oder fehlende Teile des Gehäuses oder der Umhüllung,
- freiliegende Einzeladern an Leitungseinführungen, z.B. am Knickschutz,
- durchgescheuerte, poröse, geknickte oder angeschnittene Isolierung der Anschlussleitung.

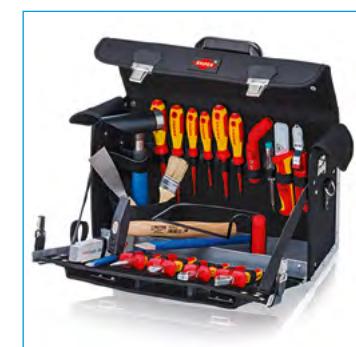


Bild 3: Werkzeugtasche eines Elektronikers, Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik

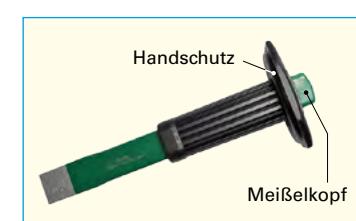


Bild 4: Meißel



### Situationsbeschreibung:

Um an einem typischen Einsatzort eines z.B. Elektronikers für Energie- und Gebäudetechnik, fachgerecht arbeiten zu können, ist eine Grundausstattung an Handwerkzeugen erforderlich (Bild).

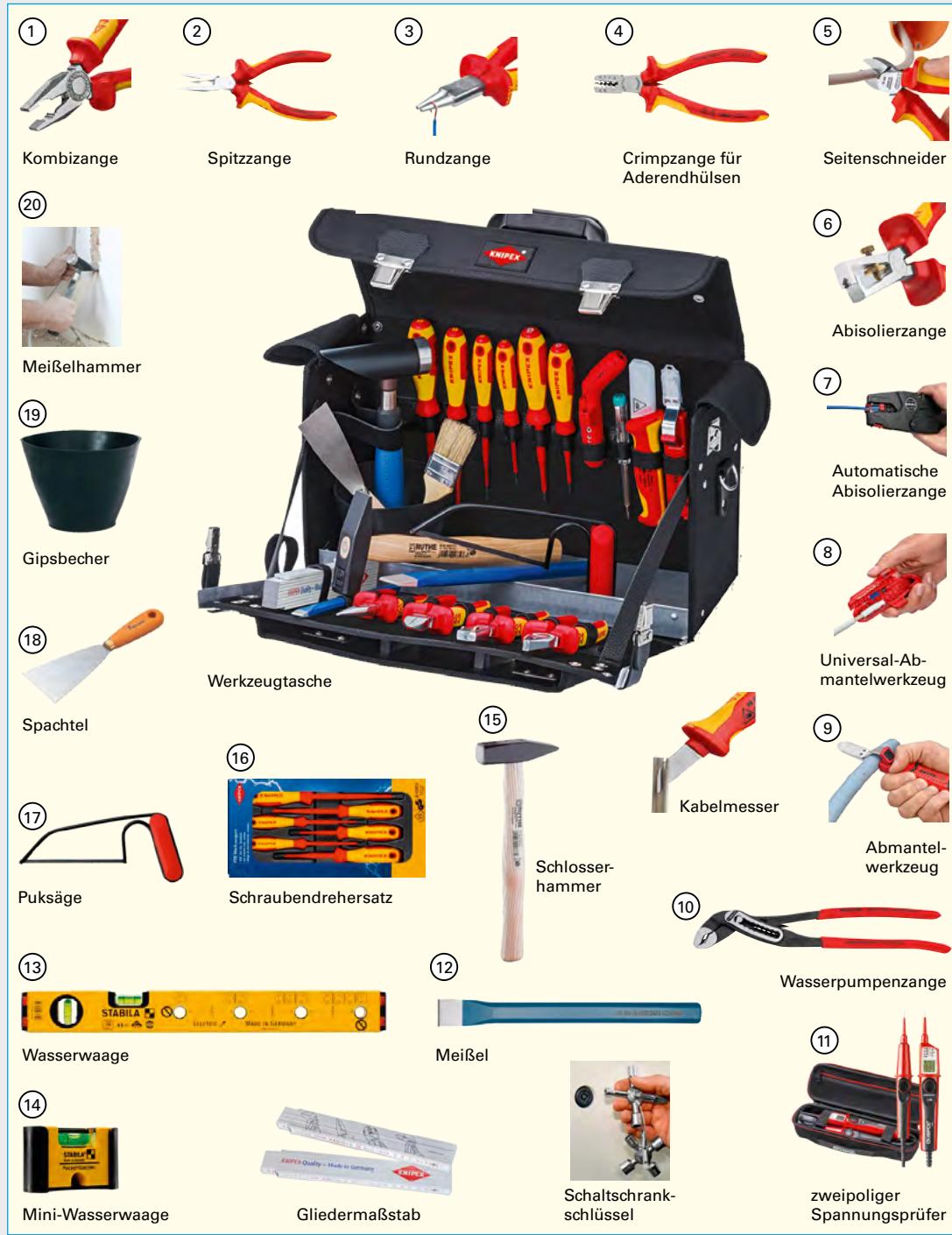


Bild: Inhalt einer Werkzeugtasche (Beispiel)