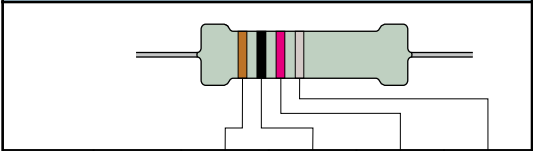


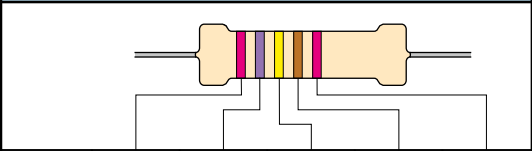
# Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren (nach DIN EN 60062)

## Farbschlüssel für Kohleschichtwiderstände



Kenn- farbe	Kurz- zeichen	1. Ziffer	2. Ziffer	Multi- plikator	Toleranz in %
		Widerstandswert in Ω			
keine	—	—	—	—	±20
Silber	SR —	—	—	10 <sup>-2</sup>	±10
Gold	GD —	—	—	10 <sup>-1</sup>	±5
	BK (sw)	—	0	1	—
	BN (br)	1	1	10 <sup>1</sup>	±1
	RD (rt)	2	2	10 <sup>2</sup>	±2
	OG (or)	3	3	10 <sup>3</sup>	—
	YE (ge)	4	4	10 <sup>4</sup>	—
	GN (gn)	5	5	10 <sup>5</sup>	±0,5
	BU (bl)	6	6	10 <sup>6</sup>	±0,25
	VT (vi)	7	7	10 <sup>7</sup>	±0,1
	GY (gr)	8	8	10 <sup>8</sup>	—
	WH (ws)	9	9	10 <sup>9</sup>	—

## Farbschlüssel für Metallschichtwiderstände



Kenn- farbe	1. Ziffer	2. Ziffer	3. Ziffer	Multi- plikator	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	3,3		3,9	4,7		5,6	6,8		8,2						
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	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1
E48	1,00		1,21		1,47		1,78		2,15		2,61		3,16		3,83		4,64		5,62		6,81		8,25	
	1,05		1,27		1,54		1,87		2,26		2,74		3,32		4,02		4,87		5,90		7,15		8,66	
	1,10		1,33		1,62		1,96		2,37		2,87		3,48		4,22		5,11		6,19		7,50		9,09	
	1,15		1,40		1,69		2,05		2,49		3,01		3,65		4,42		5,36		6,49		7,87		9,53	

## Alphanumerische Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren (Beispiele)

Widerstände	R33	3R3	33R	K33	3K3	33K	M33	3M3	33M
	0,33 Ω	3,3 Ω	33 Ω	0,33 kΩ	3,3 kΩ	33 kΩ	0,33 MΩ	3,3 MΩ	33 MΩ
Kondensatoren	4p7	47p	n47	4n7	47n	μ47	4μ7	47μ	m47
	4,7 pF	47 pF	0,47 nF	4,7 nF	47 nF	0,47 μF	4,7 μF	47 μF	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  
Düsselderger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 30812**

*Autoren:*

Braukhoff, Peter	Reken
Feustel, Bernd	Kirchheim unter Teck
Käppel, Thomas	Münchberg
Neumann, Ronald	Oberkail
Tkocz, 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</b> (ausführlich) .....	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 Fotovoltaikanlage 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

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



## 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 Zählerschranks (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.

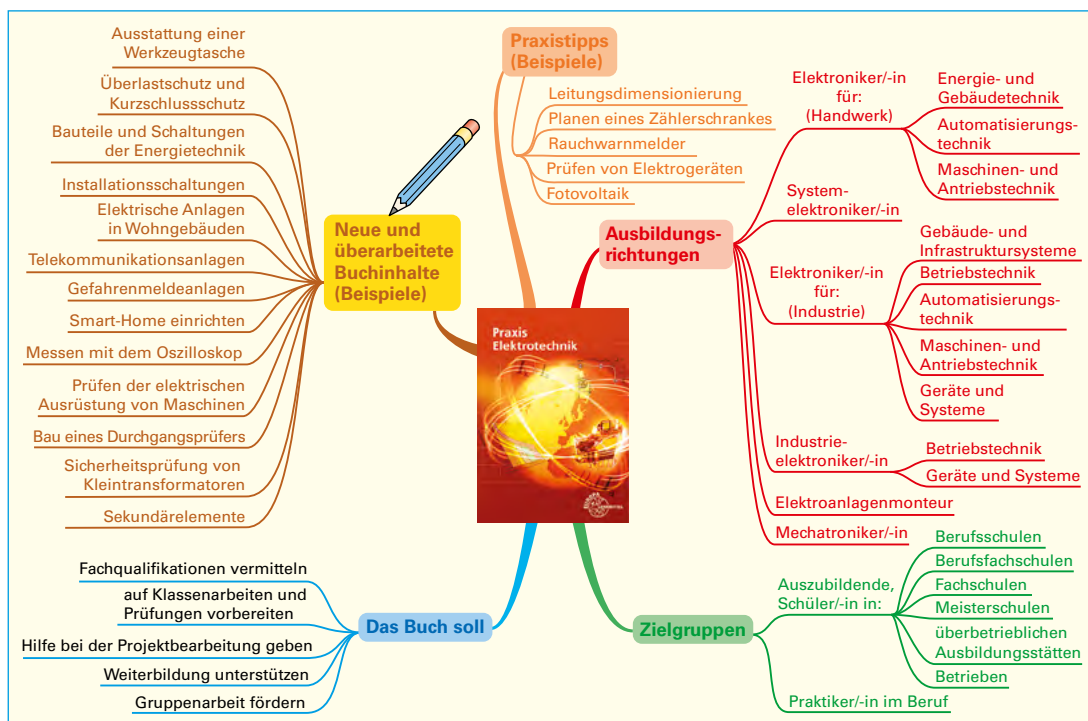
Das Mind-Map-Bild zeigt wichtige Informationen im Überblick.

### 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 Stundentafeln. Diese organisatorischen Maßnahmen werden durch das jeweilige Bundesland getroffen.

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**.

**Rahmenlehrpläne enthalten:**

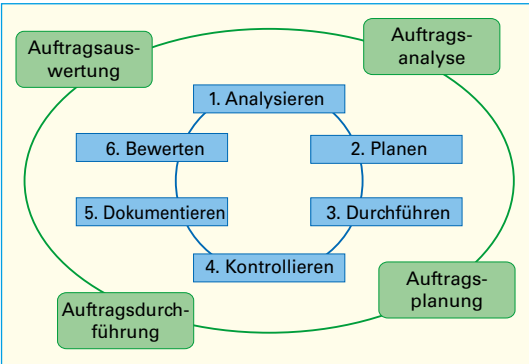
- Vorbemerkungen
- Bildungsauftrag der Berufsschule
- Didaktische Grundsätze
- Berufsbezogene Anmerkungen
- Lernfeldinhalte

**Lernfelder beschreiben:**

- Lernziele
- Lerninhalte
- Zeitrichtwerte

**Lernfeldbearbeitung erfordert:**

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



**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	• Arbeitssicherheit .....	11
							• Schaltzeichen, Schaltpläne .....	82
							• Verbindungstechnik .....	52
							• Messverfahren, Messen und Prüfen .....	202
							• Elektronische Bauelemente .....	243
	2	x	x	x	x	• Elektrische Installationen planen und ausführen	• Verlegen von Leitungen und Kabeln .....	33
							• Leitungen und Kabel .....	23
							• Installationsschaltungen .....	99
							• Leitungsdimensionierung .....	74
							• Schutzmaßnahmen .....	220
	3	x	x	x	x	• Steuerungen analysieren und ausführen	• Verbindungsprogrammierte Steuerungen ..	106
							• Speicherprogrammierbare Steuerungen ...	116
							• Aktoren, Sensoren .....	92, 116
							• Ausführungen von Steuer- und Meldestromkreisen .....	106
							• Schutzeinrichtungen .....	64
	4	x	x	x	x	• Informationstechnische Systeme bereitstellen	• Zweidraht-Bus-Sprechanlagen .....	146
							• ISDN-Anlagen, DSL-Anlage .....	149
							• Computertechnik .....	266
Elektroniker für							1 EG: Energie- und Gebäudetechnik 2 MA: Maschinen- und Antriebstechnik 3 AT: Automatisierungstechnik	
							4 BT: Betriebstechnik 5 GS: Geräte und Systeme, Systemelektroniker (Handwerk)	

**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	<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	<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	<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	<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>
Fachstufe II	9	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, inspizieren 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	<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>• Verknüpfungsteuerungen ..... 108</li> <li>• Speicherprogrammierbare Steuerungen ..... 116</li> <li>• Unfallverhütungsvorschriften .... 12</li> </ul>
	11	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	<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>• Fundamenterder ..... 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	<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>
1.1	<b>Elektrische Energie und ihre Gefahren</b>	11
1.1.1	Energiewirtschaftsgesetz	11
1.1.2	Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)	11
1.1.3	Unfallverhütung	12
1.1.4	VDE-Vorschriftenwerk	12
1.2	<b>Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz</b>	13
1.2.1	Gefahrstoffkennzeichnung	13
1.2.2	Sicherheitszeichen	13
1.3	<b>Die fünf Sicherheitsregeln</b>	15
1.4	<b>Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen</b>	17
1.4.1	Sicherheit beim Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlagenteilen	17
1.4.2	Sicherheit beim Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen	17
1.4.3	Sicherer Umgang mit Werkzeug und Gerät	18
	Praxistipp: Ausstattung einer Werkzeugtasche	19
1.4.4	Schutzkleidung, Schutzausrüstung	21
	Praxistipp: Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen	22
<b>2</b>	<b>Isolierte Leitungen und Kabel</b>	<b>23</b>
2.1	<b>Aufbau und Anforderungen an isolierte Leitungen und Kabel</b>	23
2.2	<b>Leitungen</b>	25
2.3	<b>Kabel</b>	30
<b>3</b>	<b>Verlegen von Leitungen und Kabeln</b>	<b>33</b>
3.1	<b>Grundsätze der Leitungsverlegung</b>	33
3.2	<b>Die klassischen Verlegearten</b>	33
3.2.1	Leitungsverlegung auf Putz	33
3.2.2	Leitungsverlegung im Putz	37
3.2.3	Leitungsverlegung unter Putz	38
3.2.4	Leitungsverlegung in Installationsrohren	39
3.3	<b>Elektroinstallation im Fertigbau</b>	41
3.3.1	Leitungsverlegung im Beton	41
3.3.2	Leitungsverlegung in Hohlwänden	42
3.4	<b>Leitungsverlegung in Installationskanälen</b>	43
3.4.1	Verlegung in Leitungskanälen	43
3.4.2	Verlegung in Geräteeinbaukanälen	44
3.4.3	Verlegung in Sockelleistenkanälen	45
3.4.4	Verlegung in Aufbodenkanälen	45
3.5	<b>Unterflur-Installationssysteme</b>	45
3.5.1	Estrichüberdecktes Kanalsystem	46
3.5.2	Estrichbündiges Kanalsystem	46
3.5.3	Imbeton-Kanalsystem	46
3.5.4	Doppelboden-System	46
3.6	<b>Brandschottung in elektrischen Anlagen</b>	47
3.7	<b>Verlegung auf Kabeltragegestellen</b>	47
	Praxistipp: Mindesttrennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen	48
3.8	<b>Verlegung im Erdreich</b>	49
3.9	<b>Verlegen von Freileitungen</b>	50
3.10	<b>Leitungsverlegung in Schaltschränken</b>	51
3.10.1	Verlegung in Verdrahtungskanälen	51
3.10.2	Verlegung mit Aufsteckkämmen	51

<b>4</b>	<b>Verbindungstechnik</b>	<b>52</b>
4.1	<b>Zurichten isolierter Leitungen</b>	52
4.2	<b>Schraubverbindungen</b>	53
4.2.1	Arten von Schraubverbindungen	53
4.2.2	Schrauben, Muttern, Schraubenprofile und Schraubensicherungen	53
4.2.3	Lösen festsitzender Schraubverbindungen	54
4.2.4	Biegen von Ösen	55
4.3	<b>Lötfreie Verbindungstechniken</b>	56
4.3.1	Crimpen	56
4.3.2	Schneidklemmtechnik	57
4.3.3	Termi-Point-Verbindung	57
4.3.4	Wire-Wrap-Verbindung	57
4.3.5	Klemmenverbindungen	58
4.4	<b>Weichlöten</b>	60
<b>5</b>	<b>Überlastschutz und Kurzschluss-schutz</b>	<b>64</b>
5.1	<b>Schmelzsicherungen</b>	64
5.1.1	Schraubsicherungssysteme	64
5.1.2	NH-Sicherungssystem	66
5.1.3	Betriebsklassen von Niederspannungssicherungen	67
5.1.4	Geräteschutzsicherungen	67
5.2	<b>Leitungsschutzschalter</b>	68
5.3	<b>Brandschutzschalter (AFDD)</b>	70
5.4	<b>Schutz von Motorstromkreisen</b>	71
5.4.1	Motorschutzschalter	71
5.4.2	Thermisches Überlastrelais	72
5.4.3	Motorschutz durch Thermistoren	73
5.5	<b>Überstromschutz von fest verlegten Kabeln und isolierten Leitungen</b>	74
5.5.1	Strombelastbarkeit von fest verlegten Kabeln und Leitungen	74
5.5.2	Zuordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	76
	Praxistipp: Leitungsdimensionierung	77
5.5.3	Überlastschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	79
5.5.4	Kurzschlusschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	79
5.6	<b>Oberschwingungen</b>	81
<b>6</b>	<b>Bauteile und Schaltungen der Energietechnik</b>	<b>82</b>
6.1	<b>Technische Unterlagen</b>	82
6.1.1	Betriebsmittelkennzeichnung	82
6.1.2	Schaltungsunterlagen	82
6.2	<b>Stecksysteme</b>	84
6.2.1	Zweipolige Steckvorrichtungen mit und ohne Schutzkontakt	84
6.2.2	Herstellen einer Schutzkontakt-Verlängerungsleitung	86
6.2.3	Perilex-Steckvorrichtungen	86
6.2.4	Kragensteckvorrichtungen	87
6.3	<b>Befehls- und Meldegeräte</b>	89
6.3.1	Schalter und Taster	89
6.3.2	Installationsschalter	90
6.3.3	Drucktaster und Leuchtmelder	91



6.3.4	Positionsschalter .....	91
6.3.5	Näherungsschalter .....	92
6.3.6	Schalter für Maschinen und Anlagen .....	93
<b>6.4</b>	<b>Elektromagnetische Schalter</b> .....	<b>94</b>
6.4.1	Relais .....	94
6.4.2	Zeitrelais .....	96
6.4.3	Schütze .....	97
<b>6.5</b>	<b>Installationsschaltungen</b> .....	<b>99</b>
6.5.1	Installationsschaltungen mit Schaltern .....	99
6.5.2	Beleuchtung und Betriebszustands- anzeige bei Installationsschaltern .....	102
6.5.3	Installationsschaltungen mit elektro- magnetischen Schaltern .....	103
6.5.4	Bewegungsmelder .....	105
6.5.5	Netzfreeschalter .....	105
<b>6.6</b>	<b>Steuer- und Meldestromkreise mit Relais oder Schütz</b> .....	<b>106</b>
6.6.1	Betriebsbedingungen und Ausführung von Steuer- und Meldestromkreisen .....	106
6.6.2	Grundsaltungen mit Schützen .....	108
6.6.3	Folge- und Verriegelungsschaltung .....	108
6.6.4	Wendeschützschaltung .....	109
6.6.5	Stern-Dreieck-Schaltung .....	110
	<b>Praxistipp: Stromlaufpläne lesen</b> .....	<b>111</b>
6.6.6	Dahlanderschaltung .....	112
6.6.7	Klemmenplan .....	113
<b>6.7</b>	<b>Kleinststeuerungen</b> .....	<b>114</b>
6.7.1	Aufbau, Einbau und Anschluss .....	114
6.7.2	Programmierung .....	115
<b>6.8</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)</b> .....	<b>116</b>
6.8.1	Aufbau einer SPS .....	116
6.8.2	Anschluss einer SPS .....	116
6.8.3	Arbeitsweise einer speicherprogrammier- baren Steuerung .....	117
6.8.4	Programmierung einer speicher- programmierbaren Steuerung .....	117
6.8.5	Sicherheitstechnische Anforderungen an speicherprogrammierbare Steuerungen (DIN EN 60204-1/VDE 0113-1) .....	118
6.8.6	Strukturierte Programmierung .....	119
6.8.7	Anwendungsbeispiel .....	120
6.8.8	Bibliotheksfähige Bausteine .....	122

**7**

**Elektrische Anlagen in Wohn-  
gebäuden** .....

**124**

<b>7.1</b>	<b>Hausanschluss</b> .....	<b>124</b>
7.1.1	Kabelanschluss .....	124
7.1.2	Hausanschlussraum .....	124
7.1.3	Hausanschlusswand .....	125
7.1.4	Hausanschlussnische .....	125
<b>7.2</b>	<b>Schutzpotenzialausgleich in Wohngebäuden</b> .....	<b>125</b>
7.2.1	Fundamenterder .....	126
7.2.2	Ausführung des Schutzpotenzial- ausgleichs .....	126
<b>7.3</b>	<b>Hauptstromversorgungssysteme</b> .....	<b>127</b>
7.3.1	Hauptleitungen .....	127
7.3.2	Zählerplätze .....	128
7.3.3	Steuerleitungen .....	129
7.3.4	Stromkreisverteiler .....	129

<b>Praxistipp: Planen eines Zählerschranks</b> .....	<b>130</b>
<b>Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreis- verteiler und Multimediafeld</b> .....	<b>132</b>

<b>7.4</b>	<b>Wohnungsinstallation</b> .....	<b>135</b>
7.4.1	Elektroinstallation im Wohnbereich .....	135
7.4.2	Elektroinstallation in Decken und Fußböden .....	136
7.4.3	Leitungsführung in Wänden außerhalb von Gebäuden .....	137
7.4.4	Elektroinstallation in der Küche .....	138
7.4.5	Installationsformen .....	139
7.4.6	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche .....	140
	<b>Praxistipp: Ausstattungsumfang in Wohngebäuden</b> .....	<b>142</b>

<b>7.5</b>	<b>Telekommunikationsanlagen</b> .....	<b>144</b>
7.5.1	Hausrufanlagen .....	144
7.5.2	Haussprechanlagen .....	144
7.5.3	Errichten von Telekommunikations- anlagen .....	147
7.5.4	Analog-Anschluss .....	148
7.5.5	DSL-Anschluss .....	149
7.5.6	All-IP-Anschluss .....	150
7.5.7	ISDN am All-IP-Anschluss .....	151
7.5.8	VoIP am All-IP-Anschluss .....	151
7.5.9	Smart Home .....	152
	<b>Praxistipp: Smart Home einrichten</b> .....	<b>153</b>

<b>7.6</b>	<b>Antennen-Empfangs- und Verteilanlagen</b> .....	<b>154</b>
7.6.1	Antennenanlagen für terrestrischen Empfang .....	154
7.6.2	Satelliten-Empfangsanlagen .....	157
7.6.3	Digitale terrestrische Empfangsanlagen .....	159
7.6.4	Breitband-Kommunikationsanlagen (BK-Anlagen) .....	160
	<b>Praxistipp: Baugruppen und Anforde- rungen zum digitalen Sat-Empfang</b> .....	<b>161</b>

<b>7.7</b>	<b>Gefahrenmeldeanlagen</b> .....	<b>162</b>
7.7.1	Allgemeine Festlegungen .....	162
7.7.2	Brandmeldeanlagen .....	163
7.7.3	Einbruchmeldeanlagen .....	166
7.7.4	Überfallmeldeanlagen .....	169

<b>Praxistipp: Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern</b> .....	<b>170</b>
--	------------

<b>7.8</b>	<b>Gebäudesystemtechnik</b> .....	<b>171</b>
7.8.1	KNX-System .....	171
7.8.2	KNX-Powernet .....	175

**8**

**Blitzschutz** .....

**177**

<b>8.1</b>	<b>Äußerer Blitzschutz</b> .....	<b>177</b>
<b>8.2</b>	<b>Innerer Blitzschutz</b> .....	<b>179</b>
<b>8.3</b>	<b>Trennungsabstand</b> .....	<b>181</b>
<b>8.4</b>	<b>Prüfen der Blitzschutzsysteme</b> .....	<b>181</b>

**9**

**Sonderinstallationen** .....

**182**

<b>9.1</b>	<b>Elektroinstallation in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten</b> .....	<b>182</b>
<b>9.2</b>	<b>Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten</b> .....	<b>184</b>
<b>9.3</b>	<b>Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen</b> .....	<b>185</b>
<b>9.4</b>	<b>Elektroinstallation in explosions- gefährdeten Bereichen</b> .....	<b>188</b>

<b>9.5</b>	<b>Elektrische Anlagen auf Baustellen</b> .....	191
<b>9.6</b>	<b>Leuchtmittel für Innenräume</b> .....	192
9.6.1	Schaltungen von Leuchtstofflampen. ....	194
9.6.2	Niedervolt-Halogentechnik .....	195
9.6.3	LED-Beleuchtung .....	197
<b>9.7</b>	<b>Fotovoltaikanlagen</b> .....	198
	Praxistipp: Komponenten einer Fotovoltaikanlage auswählen .....	200

## 10 Messen in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln .....

<b>10.1</b>	<b>Messen und Prüfen</b> .....	202
<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 nichtsinus- förmiger 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
	Praxistipp: Messen von Strom und Spannung .....	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

## 11 Schutzmaßnahmen .....

<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>Schutztrennung</b> .....	228
<b>11.9</b>	<b>Schutz durch Kleinspannung</b> .....	229
<b>11.10</b>	<b>Zusätzlicher Schutz durch Fehler- strom-Schutzeinrichtungen (RCDs)</b> .....	229
11.10.1	Funktion von Fehlerstrom-Schutz- einrichtungen (RCDs) .....	230
11.10.2	Differenzstrom-Schutteinrichtungen .....	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

11.12.1	Prüfen durch Besichtigen .....	233
11.12.2	Prüfen durch Erproben und Messen .....	233
11.12.3	Prüfen durch Messen an Drehstrom- systemen .....	234
11.12.4	Prüfen von RCDs .....	236
11.12.5	Prüfen bei Kleinspannung und Schutztrennung .....	236
11.12.6	Isolationswiderstand in nicht leitender Umgebung .....	237
11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen .....	238
	Praxistipp: Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden ..	239
11.12.8	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen .....	241

## 12 Schaltungen und Bauteile der Elektronik .....

<b>12.1</b>	<b>Gedruckte Schaltungen</b> .....	243
12.1.1	Aufbau der Leiterplatte .....	243
12.1.2	Herstellen gedruckter Schaltungen .....	243
	Praxistipp: Bau eines Durchgangsprüfers	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	Dioden .....	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

## 13 Computertechnik .....

<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
13.4.4	Internetzugang einrichten .....	275
13.4.5	WLAN .....	276
	<b>Praxistipp: Lokales Netzwerk (LAN) installieren.</b> .....	<b>277</b>

## 14 Elektrogeräte. .... 278

<b>14.1 Kleingeräte</b> .....	278
14.1.1 Trocken- und Dampfbügeleisen .....	278
14.1.2 Haartrockner und Handrührgeräte .....	279
14.1.3 Funkentstörung bei Kleingeräten .....	280
<b>14.2 Großgeräte</b> .....	281
14.2.1 Elektroherd .....	281
14.2.2 Mikrowellengerät .....	284
14.2.3 Waschmaschinen .....	285
14.2.4 Wäschetrockner .....	286
14.2.5 Geschirrspülmaschine .....	287
14.2.6 Kühlgeräte .....	288
14.2.7 Geräte zur Warmwasserversorgung .....	289
<b>14.3 Elektrische Raumheizung</b> .....	293

## 15 Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten .... 297

<b>15.1 Fehlerarten</b> .....	297
<b>15.2 Fehlersuche in elektrischen Anlagen</b> .....	298
15.2.1 Mechanische Fehler .....	298
15.2.2 Leiterunterbrechungen .....	298
15.2.3 Auffinden von Kurzschlüssen .....	299
15.2.4 Auffinden von Körperschlüssen, Erdschlüssen und Leiterschlüssen .....	300
<b>15.3 Fehlersuche in elektrischen Geräten</b> .....	301
15.3.1 Systematische Fehlersuche .....	301
15.3.2 Fehlerarten und Fehlerursachen in elektrischen Geräten .....	302
15.3.3 Fehlersuche am Beispiel einer Kochplatte .....	302
<b>15.4 Instand setzen von Elektrogeräten</b> .....	303
<b>15.5 Prüfen von instand gesetzten Elektrogeräten</b> .....	307
15.5.1 Sichtprüfung .....	307
15.5.2 Schutzleiterprüfung .....	307
15.5.3 Messen des Isolationswiderstandes .....	308
15.5.4 Messen des Schutzleiterstromes und des Berührungsstromes .....	308
15.5.5 Alternative Methode .....	309
15.5.6 Funktionsprüfung .....	309
<b>Praxistipp: Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte.</b> .....	<b>310</b>

## 16 Elektrische Maschinen. .... 311

<b>16.1 Planung von Antrieben</b> .....	311
16.1.1 Eigenschaften von Motoren .....	311
16.1.2 Schutzarten von Motoren .....	312
16.1.3 Betriebsarten .....	313
<b>16.2 Drehstrom-Asynchronmotoren</b> .....	314
16.2.1 Kurzschlussläufer-Motoren .....	314
16.2.2 Eigenschaften von Asynchronmotoren .....	316

16.2.3 Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer .....	318
16.2.4 Polumschaltbare Asynchronmotoren .....	318
16.2.5 Drehstrommotoren an Wechselspannung .....	320
<b>Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors.</b> .....	<b>321</b>
16.2.6 Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren .....	322
<b>16.3 Einphasenwechselstrommotoren</b> .....	324
16.3.1 Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer .....	324
16.3.2 Spaltpolmotoren .....	325
16.3.3 Universalmotoren .....	325
<b>16.4 Gleichstrommotoren</b> .....	326
16.4.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	326
16.4.2 Fremderregter Motor .....	327
16.4.3 Nebenschlussmotor .....	327
16.4.4 Reihenschlussmotor .....	327
16.4.5 Doppelschlussmotor .....	328
16.4.6 Drehzahlsteuerung und Drehrichtungs-umkehr bei Gleichstrommotoren .....	328
<b>16.5 Servomotoren</b> .....	329
16.5.1 Gleichstromservomotoren .....	329
16.5.2 Drehstromservomotoren .....	330
<b>16.6 Wartung und Pflege von Elektromotoren</b> .....	331
<b>16.7 Betriebsstörungen bei Gleichstrommotoren</b> .....	333
<b>16.8 Transformatoren</b> .....	334
16.8.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	334
16.8.2 Bauarten von Transformatoren .....	334
16.8.3 Betriebsbedingungen von Transformatoren .....	335
16.8.4 Dimensionierung von Transformatoren .....	338
16.8.5 Drehstromtransformatoren .....	340
<b>16.9 Wicklungen von Transformatoren und Elektromotoren</b> .....	341
16.9.1 Wickeln und isolieren von Kleintransformatoren .....	341
16.9.2 Sicherheitsprüfung von Kleintransformatoren .....	342
16.9.3 Wicklungen von Gleichstrommaschinen .....	343
16.9.4 Wicklungen von Drehstrommaschinen .....	344
16.9.5 Herstellen von Wicklungen .....	344
16.9.6 Isolieren von Wicklungen .....	344
16.9.7 Prüfen von Wicklungen .....	345

## 17 Primärelemente und Sekundärelemente .... 347

<b>17.1 Primärelemente (Trockenelemente)</b> .....	347
<b>17.2 Sekundärelemente</b> .....	348
<b>17.3 Ladetechniken von Akkumulatoren</b> .....	350

## 18 Projektbearbeitung .... 351

<b>Lernsituation 1: Drehfeldrichtungsanzeiger.</b> .....	352
<b>Lernsituation 2: Elektroinstallation eines Hausanschlussraumes.</b> .....	354
Projektbeschreibung .....	354
Arbeitsschritte bei der Projektbearbeitung .....	354
<b>Bildquellenverzeichnis</b> .....	357
<b>Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch.</b> .....	358



# 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**).

### 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)

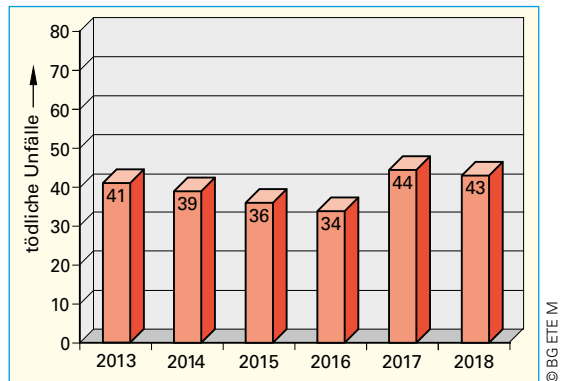
Das ProdSG verpflichtet Hersteller, Importeure und Händler, nur solche technischen Arbeitsmittel in Verkehr zu bringen, die den allgemeinen Regeln der Technik, des Arbeitsschutzes und den Unfallverhütungsvorschriften entsprechen.

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**).

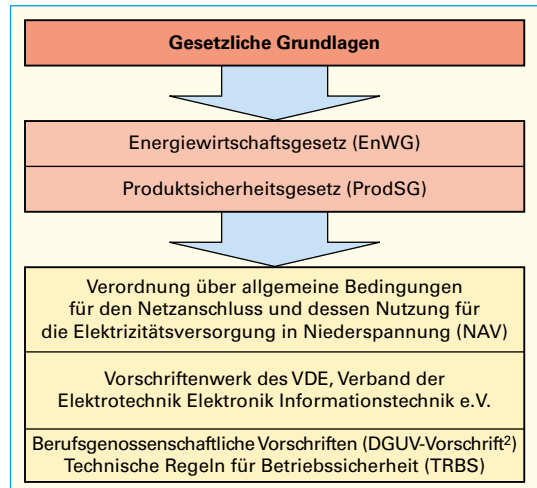
In den Ländern der Europäischen Union (EU) müssen alle in Verkehr gebrachten und in Betrieb genommenen Maschinen den Europäischen Maschinenrichtlinien entsprechen und das CE-Zeichen<sup>1</sup> tragen (**Bild 3b**).

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).

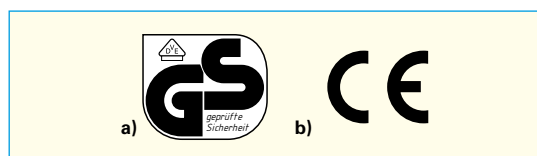
Die „Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung“ (NAV) regelt das Vertragsverhältnis zwischen dem Netzbetreiber und dem Anschlussnehmer. Sie ersetzt die ehemalige AVBEItV.



**Bild 1: Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom**



**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 Prüfstände 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 Prüf Fristen 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<sup>1</sup>-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 Verbot-, 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 Augenspüleinrichtung.
- **Brandschutzzeichen** weisen auf Einrichtungen hin, welche zur Meldung oder zur Bekämpfung eines Brandes dienen, z.B. Feuerlöschgerät 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**).

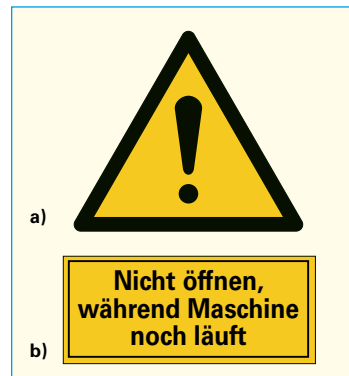
<sup>1</sup> GHS, Abk. für: Globally Harmonised System (engl.) = Global harmonisiertes System

**Tabelle 1: Gefahrensymbole**

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

**Tabelle 2: Sicherheitszeichen**

Form und Farbe	Bedeutung
	Verbot
	Gebot
	Warnung
	Rettung
	Brandschutz



**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 schwebender 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



Augenspüleinrichtung



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 abzusperrt. 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 Verbotsschild (Nicht schalten), sowie einem Zusatzzeichen mit Angabe von Arbeitsort, Datum und Namen der Aufsicht führenden 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 Schutzkontakte 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 abschranken



**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: Verbotsschild „Schalten verboten“ mit Zusatzzeichen**



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





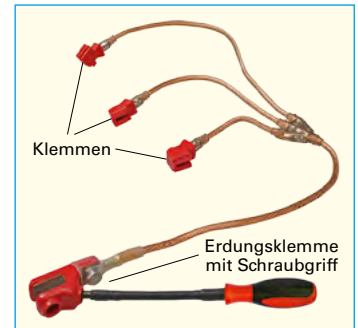
#### ④ Erden und Kurzschließen

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 abschränken

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-Netzspannung an.

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

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

Netz-Netzspannung	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.

**Tabelle 2: Zulässige Arbeiten unter Spannung (AuS)**

(Beispiele)

Nennspannungen	Arbeiten, welche vom jeweiligen Personenkreis durchgeführt werden dürfen
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 Abschränkungen. – 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 Hilfsstromkreisen, 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.

### 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.

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 gratfrei sein. Zum Schutz vor Verletzungen durch einen abrutschenden 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,
- durchgeschauerte, poröse, geknickte oder angeschnittene Isolierung der Anschlussleitung.



Bild 1: Sicherheitswerkzeug

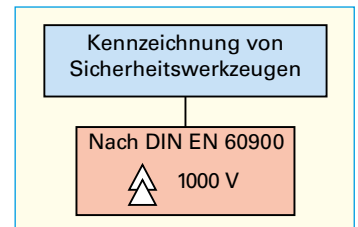


Bild 2: Bildzeichen und Spannungsangabe bei Sicherheitswerkzeugen



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

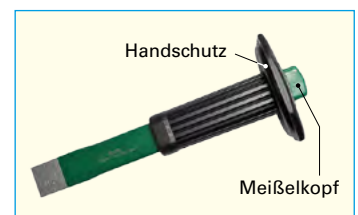
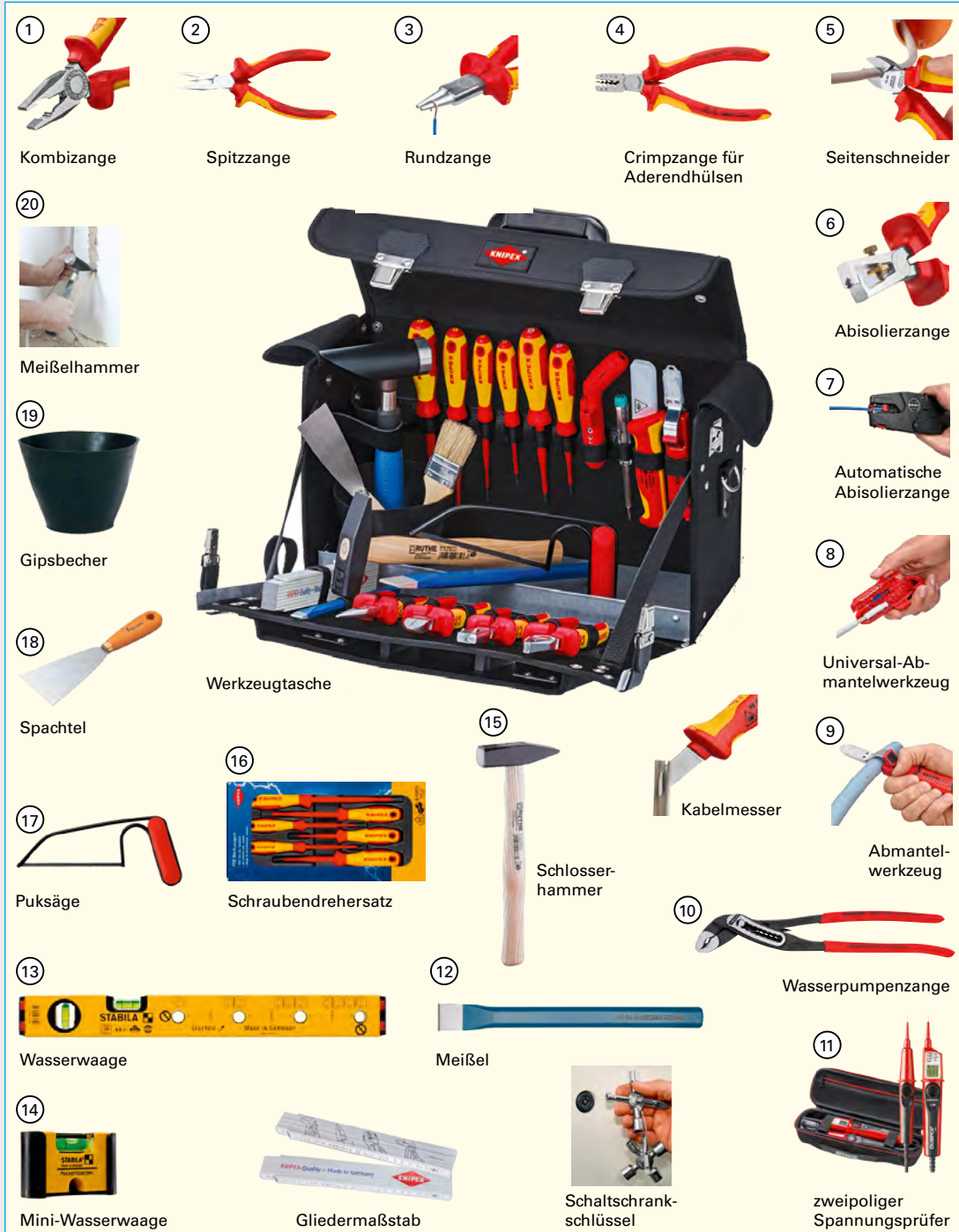


Bild 4: Meißel



### Situationsbeschreibung:

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



**Bild:** Inhalt einer Werkzeugtasche (Beispiel)