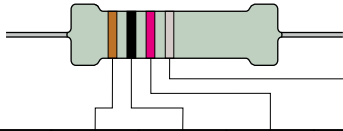


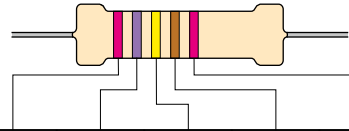
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren (nach DIN EN 60062)

Farbschlüssel für Kohleschichtwiderstände



Kennfarbe	Kurzzeichen	1. Ziffer	2. Ziffer	Multiplikator	Toleranz in %
		Widerstandswert in Ω			
keine	—	—	—	—	±20
Silber	SR	—	—	10 ⁻²	±10
Gold	GD	—	—	10 ⁻¹	±5
—	BK (sw)	—	0	1	—
—	BN (br)	1	1	10 ¹	±1
—	RD (rt)	2	2	10 ²	±2
—	OG (or)	3	3	10 ³	—
—	YE (ge)	4	4	10 ⁴	—
—	GN (gn)	5	5	10 ⁵	±0,5
—	BU (bl)	6	6	10 ⁶	±0,25
—	VT (vi)	7	7	10 ⁷	±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 Ω				
keine	—	—	—	—	—
Silber	—	—	—	10 ⁻²	±10
Gold	—	—	—	10 ⁻¹	±5
—	—	0	0	1	—
—	1	1	1	10 ¹	±1
—	2	2	2	10 ²	±2
—	3	3	3	10 ³	—
—	4	4	4	10 ⁴	—
—	5	5	5	10 ⁵	±0,5
—	6	6	6	10 ⁶	±0,25
—	7	7	7	10 ⁷	±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

15. 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

Tkocz, Klaus

Kronach

Neumann, Ronald

Oberkail

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Bernd Feustel

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Autoren und Firmen (Firmenverzeichnis Seite 349)

- 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

15. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-8085-3713-8

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

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

Kapitelnummer und Symbole

● **Allgemeines**

Vorwort	4
Vorbemerkungen zu den Lernfeldern	5
Inhaltsverzeichnis (ausführlich)	7
Sachwortverzeichnis deutsch – englisch	350

● **Inhaltsverzeichnis (Kurzform)**

1 Unfall- und Arbeitssicherheit	11
2 Isolierte Leitungen und Kabel	21
3 Verlegen von Leitungen und Kabeln	31
4 Verbindungstechnik	49
5 Überlastschutz und Kurzschlusschutz	61
6 Bauteile und Schaltungen der Energietechnik	79
7 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden	119
8 Blitzschutz	167
9 Sonderinstallationen	172
10 Messen in elektrischen Anlagen und an Betriebsmitteln	192
11 Schutzmaßnahmen	211
12 Schaltungen und Bauteile der Elektronik	234
13 Computertechnik	258
14 Elektrogeräte	270
15 Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten ..	289
16 Elektrische Maschinen	303
17 Primär- und Sekundärelemente	339
18 Projektbearbeitung	343

● **Praxistipps**

• Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen	20
• Trennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen	46
• Leitungsdimensionierung	74
• Stromlaufpläne lesen	106
• Planen eines Zählerschranks	125
• Ausstattungsumfang in Wohngebäuden	134
• Umstellung vom analogen zum digitalen Sat-Empfang	152
• Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern	161
• Komponenten einer Fotovoltaikanlage auswählen	190
• Messen von Strom und Spannung	206
• Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden	230
• Lokales Netzwerk (LAN) installieren	269
• Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte	302
• Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors	313

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.

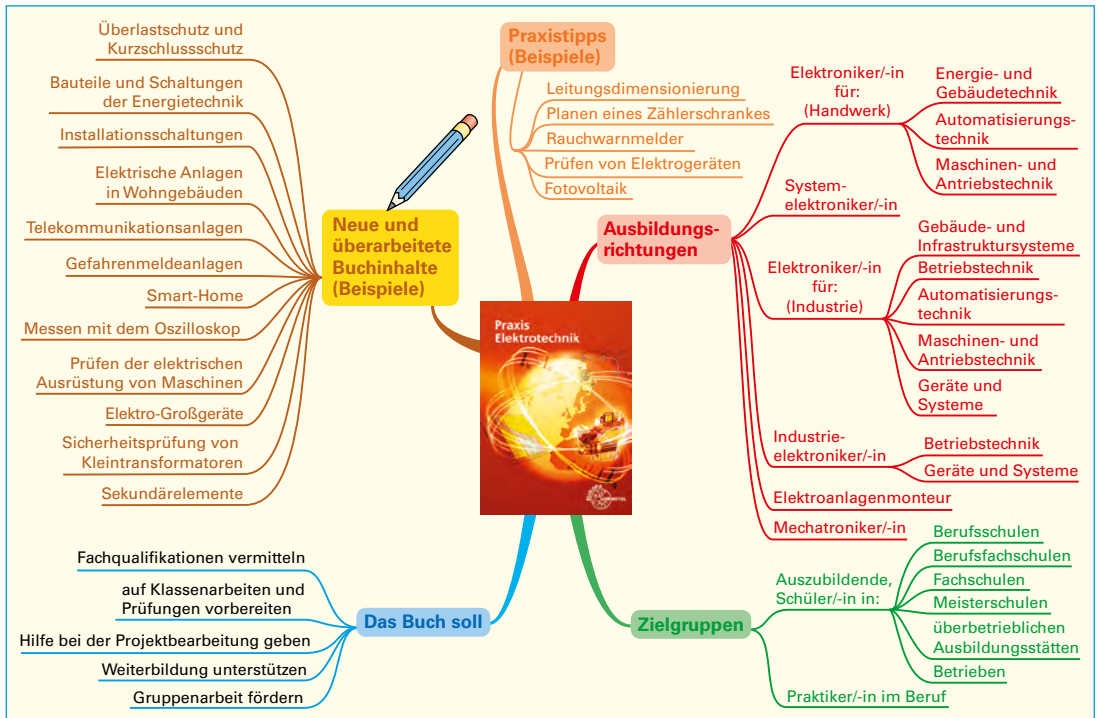
Das Mind-Map-Bild zeigt wichtige Informationen im Überblick.

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

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.

i Rahmenlehrpläne enthalten:

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

Lernfelder beschreiben:

- Lernziele
- Lerninhalte
- Zeitrichtwerte

Lernfeldbearbeitung erfordert:

- Projektbearbeitung (Seite 343)
- Lernsituationen (Seite 344)

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 344**.
- Lernfeld 2: Elektrische Installationen planen und ausführen, **Seite 346**.

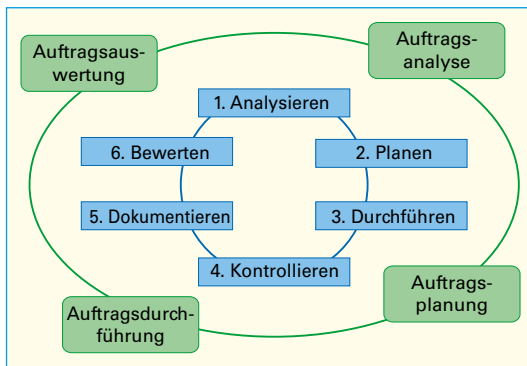


Bild: Arbeitsschritte einer Projektbearbeitung

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

Lernfeld	Elektroniker					Lernfeldinhalt (Beispiele)	Seitenhinweise	
	EG ¹	MA ²	AT ³	BT ⁴	GS ⁵			
Grundstufe	1	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssicherheit 11 • Schaltzeichen, Schaltpläne 79 • Verbindungstechnik 49 • Messverfahren, Messen und Prüfen 192 • Elektronische Bauelemente 234
	2	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Installationen planen und ausführen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlegen von Leitungen und Kabeln 31 • Leitungen und Kabel 21 • Installationsschaltungen 96 • Leitungsdimensionierung 71 • Schutzmaßnahmen 211
	3	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Steuerungen analysieren und ausführen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbindungsprogrammierte Steuerungen .. 102 • Speicherprogrammierbare Steuerungen ... 111 • Aktoren, Sensoren 89, 111 • Ausführungen von Steuer- und Meldestromkreisen 102 • Schutzeinrichtungen 61
	4	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Informationstechnische Systeme bereitstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Zweidraht-Bus-Sprechanlagen 138 • ISDN-Anlagen, DSL-Anlage 141 • Computertechnik 258

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 ¹	MA ²	AT ³	BT ⁴	GS ⁵		
Fachstufe I	5	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten • Energieversorgung für Geräte und Systeme realisieren und deren Sicherheit gewährleisten 	<ul style="list-style-type: none"> • Netzsysteme 213 • Schutzeinrichtungen 61 • Schutzarten 211, 304 • Prüfen von Betriebsmitteln 293, 299 • Gleichrichter, Netzgeräte 244, 251
	6	x		x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagen und Geräte analysieren und prüfen • Geräte und Baugruppen in Anlagen analysieren und prüfen • Elektrische Maschinen herstellen und prüfen • Elektronische Baugruppen von Geräten konzipieren, herstellen und prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geräte- und Anlagenprüfung 289 • Mess- und Prüfgeräte, Prüfprotokoll 192, 297 • Isolationswiderstände, Therm. Klassifizierung 337 • Bauteile der Elektronik 234 • Planung von Antrieben 303
	7	x		x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren • Betriebsverhalten elektrischer Maschinen analysieren • Baugruppen hard- und softwareseitig konfigurieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensoren, Aktoren 86, 111 • Gebäudesystemtechnik 162 • Steuerungstechnik 102 • Betriebsarten 305 • Elektrische Maschinen 303 • Kleinsteuerungen 109
	8	x		x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Antriebssysteme auswählen und integrieren • Elektrische Maschinen und mechanische Komponenten integrieren • Geräte herstellen und prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Maschinen 303 • Bauformen, Betriebsarten von Elektromotoren 304 • Anlassverfahren elektrischer Maschinen, Drehzahlsteuerung 311, 314 • Schutzeinrichtungen 61
Fachstufe II	9	x		x		<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikationsanlagen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren • Elektrische Maschinen in Stand setzen • Steuerungs- und Kommunikationssysteme integrieren • Gebäudetechnische Anlagen ausführen und in Betrieb nehmen • Geräte und Systeme warten, inspizieren und in Stand halten 	<ul style="list-style-type: none"> • Leitungen und Kabel 21 • Telekommunikationsanlagen 136 • Gefahrenmeldeanlagen 153 • Antennen-Empfangsanlagen 145 • DSL-Anschluss, All-IP-Anschluss 141, 142 • Smart-Home 144 • Computertechnik 258 • Instandsetzung elektrischer Maschinen 323
	10	x		x		<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und in Stand halten • Steuerungen und Regelungen für elektrische Maschinen auswählen und anpassen • Automatisierungssysteme in Betrieb nehmen und übergeben • Energietechnische Anlagen errichten und in Stand halten • Fertigungsanlagen einrichten 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrogeräte, Kleingeräte 270 • Großgeräte 273 • Leuchtmittel für Innenräume 182 • Blitzschutz 167 • Verknüpfungssteuerungen 104 • Speicherprogrammierbare Steuerungen 111 • Unfallverhütungsvorschriften 12
	11	x		x		<ul style="list-style-type: none"> • Energietechnische Anlagen in Betrieb nehmen und in Stand setzen • Elektrische Maschinen in technische Systeme integrieren • Automatisierungssysteme in Stand halten und optimieren • Automatisierte Anlagen in Betrieb nehmen und in Stand halten • Prüfsysteme einrichten und anwenden 	<ul style="list-style-type: none"> • Netzsysteme 213 • Transformatoren, Schaltgruppen 326, 332 • Schutzpotenzialausgleich 120 • Hauptstromversorgungssystem 122 • Zählerplatz, Stromkreisverteiler 123, 124 • Fotovoltaikanlagen 188 • Gefahrenmeldeanlagen 153 • Wartung und Instandhaltung von Anlagen und Geräten 289, 293
	12	x		x		<ul style="list-style-type: none"> • Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren • Antriebssysteme in Stand halten • Automatisierungssysteme planen • Energietechnische Anlagen planen und realisieren • Geräte und Systeme planen und realisieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamenterder 121 • Elektrische Anlagen in Wohngebäuden 119 • Installation von Räumen besonderer Art 172 • Breitband-Kommunikationsanlagen 151 • Prüfen von Wicklungen 337 • Betriebsstörungen elektrischer Maschinen 324
	13	x		x		<ul style="list-style-type: none"> • Energie- und gebäudetechnische Anlagen in Stand halten und ändern • Antriebssysteme anpassen und optimieren • Automatisierungssysteme realisieren • Elektrotechnische Anlagen in Stand halten und ändern • Fertigungs- und Prüfsysteme in Stand halten 	<ul style="list-style-type: none"> • Schutzmaßnahmen 211 • Prüfen von Schutzmaßnahmen 224 • Prüfgeräte 226 • Prüfprotokolle 229, 297 • Betriebsarten elektrischer Maschinen 305

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)

Rahmenlehrpläne können auch über die Internetadresse www.kmk.org eingesehen werden.

1	Unfall- und Arbeitssicherheit	11
1.1	Elektrische Energie und ihre Gefahren	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	Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz	13
1.2.1	Gefahrstoffkennzeichnung	13
1.2.2	Sicherheitszeichen	13
1.3	Die fünf Sicherheitsregeln	15
1.4	Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	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
1.4.4	Schutzkleidung, Schutzausrüstung	19
	Praxistipp: Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen	20
2	Isolierte Leitungen und Kabel	21
2.1	Aufbau und Anforderungen an isolierte Leitungen und Kabel	21
2.2	Leitungen	23
2.3	Kabel	28
3	Verlegen von Leitungen und Kabeln	31
3.1	Grundsätze der Leitungsverlegung	31
3.2	Die klassischen Verlegearten	31
3.2.1	Leitungsverlegung auf Putz	31
3.2.2	Leitungsverlegung im Putz	35
3.2.3	Leitungsverlegung unter Putz	36
3.2.4	Leitungsverlegung in Installationsrohren	37
3.3	Elektroinstallation im Fertigbau	39
3.3.1	Leitungsverlegung im Beton	39
3.3.2	Leitungsverlegung in Hohlwänden	40
3.4	Leitungsverlegung in Installationskanälen	41
3.4.1	Verlegung in Leitungskanälen	41
3.4.2	Verlegung in Geräteeinbaukanälen	42
3.4.3	Verlegung in Sockelleistenkanälen	43
3.4.4	Verlegung in Aufbodenkanälen	43
3.5	Unterflur-Installationssysteme	43
3.5.1	Estrichüberdecktes Kanalsystem	44
3.5.2	Estrichbündiges Kanalsystem	44
3.5.3	Imbeton-Kanalsystem	44
3.5.4	Doppelboden-System	44
3.6	Brandschottung in elektrischen Anlagen	45
3.7	Verlegung auf Kabeltragegestellen	45
	Praxistipp: Mindesttrennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen	46
3.8	Verlegung im Erdreich	47
3.9	Verlegen von Freileitungen	48

4	Verbindungstechnik	49
4.1	Zurichten isolierter Leitungen	49
4.2	Schraubverbindungen	50
4.2.1	Arten von Schraubverbindungen	50
4.2.2	Schrauben, Muttern, Schraubenprofile und Schraubensicherungen	50
4.2.3	Lösen festsitzender Schraubverbindungen	51
4.2.4	Biegen von Ösen	52
4.3	Lötfreie Verbindungstechniken	53
4.3.1	Crimpen	53
4.3.2	Schneidklemmtechnik	54
4.3.3	Termi-Point-Verbindung	54
4.3.4	Wire-Wrap-Verbindung	54
4.3.5	Klemmenverbindungen	55
4.4	Weichlöten	57
5	Überlastschutz und Kurzschlusschutz	61
5.1	Schmelzsicherungen	61
5.1.1	Schraubsicherungssysteme	61
5.1.2	NH-Sicherungssystem	63
5.1.3	Betriebsklassen von Niederspannungssicherungen	64
5.1.4	Geräteschutzsicherungen	64
5.2	Leitungsschutzschalter	65
5.3	Brandschutzschalter (AFDD)	67
5.4	Überlastschutz von Asynchronmotoren	68
5.4.1	Motorschutzschalter	68
5.4.2	Thermisches Überlastrelais	69
5.4.3	Motorschutz durch Thermistoren	70
5.5	Überstromschutz von fest verlegten Kabeln und isolierten Leitungen	71
5.5.1	Strombelastbarkeit von fest verlegten Kabeln und Leitungen	71
5.5.2	Zuordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	73
	Praxistipp: Leitungsdimensionierung	74
5.5.3	Überlastschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	76
5.5.4	Kurzschlusschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	76
5.6	Oberschwingungen	78
6	Bauteile und Schaltungen der Energietechnik	79
6.1	Technische Unterlagen	79
6.1.1	Betriebsmittelkennzeichnung	79
6.1.2	Schaltungsunterlagen	79
6.2	Stecksysteme	81
6.2.1	Zweipolige Steckvorrichtungen mit und ohne Schutzkontakt	81
6.2.2	Herstellen einer Schutzkontakt-Verlängerungsleitung	83
6.2.3	Perilex-Steckvorrichtungen	83
6.2.4	Kragensteckvorrichtungen	84
6.3	Befehls- und Meldegeräte	86
6.3.1	Schalter und Taster	86
6.3.2	Installationsschalter	87
6.3.3	Drucktaster und Leuchtmelder	88

6.3.4	Positionsschalter	88
6.3.5	Näherungsschalter	89
6.3.6	Schalter für Maschinen und Anlagen	90
6.4	Elektromagnetische Schalter	91
6.4.1	Relais	91
6.4.2	Zeitrelais	93
6.4.3	Schütze	94
6.5	Installationsschaltungen	96
6.5.1	Installationsschaltungen mit Schaltern	96
6.5.2	Beleuchtung und Betriebszustands- anzeige bei Installationsschaltern	99
6.5.3	Installationsschaltungen mit elektro- magnetischen Schaltern	100
6.5.4	Bewegungsmelder	101
6.5.5	Netzfreischalte	101
6.6	Steuer- und Meldestromkreise mit Relais oder Schütz	102
6.6.1	Betriebsbedingungen und Ausführung von Steuer- und Meldestromkreisen	102
6.6.2	Grundsaltungen mit Schützen	104
6.6.3	Folge- und Verriegelungsschaltung	104
6.6.4	Stern-Dreieck-Schaltung	105
	Praxistipp: Stromlaufpläne lesen	106
6.6.5	Dahlanderschaltung	107
6.6.6	Klemmenplan	108
6.7	Kleinststeuerungen	109
6.7.1	Aufbau, Einbau und Anschluss	109
6.7.2	Programmierung	110
6.8	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	111
6.8.1	Aufbau einer SPS	111
6.8.2	Anschluss einer SPS	111
6.8.3	Arbeitsweise einer speicherprogrammier- baren Steuerung	112
6.8.4	Programmierung einer speicher- programmierbaren Steuerung	112
6.8.5	Sicherheitstechnische Anforderungen an speicherprogrammierbare Steuerungen (DIN EN 60204-1/VDE 0113-1)	113
6.8.6	Strukturierte Programmierung	114
6.8.7	Anwendungsbeispiel	115
6.8.8	Bibliotheksfähige Bausteine	117

7

**Elektrische Anlagen in Wohn-
gebäuden**

7.1	Hausanschluss	119
7.1.1	Kabelanschluss	119
7.1.2	Hausanschlussraum	119
7.1.3	Hausanschlusswand	120
7.1.4	Hausanschlussnische	120
7.2	Schutzpotenzialausgleich in Wohngebäuden	120
7.2.1	Fundamenterder	121
7.2.2	Ausführung des Schutzpotenzial- ausgleichs	121
7.3	Hauptstromversorgungssysteme	122
7.3.1	Hauptleitungen	122
7.3.2	Zählerplätze	123
7.3.3	Steuerleitungen	124
7.3.4	Stromkreisverteiler	124

	Praxistipp: Planen eines Zählerschranks	125
7.4	Wohnungsinstallation	127
7.4.1	Elektroinstallation im Wohnbereich	127
7.4.2	Elektroinstallation in Decken und Fußböden	128
7.4.3	Leitungsführung in Wänden außerhalb von Gebäuden	129
7.4.4	Elektroinstallation in der Küche	130
7.4.5	Installationsformen	131
7.4.6	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	132
	Praxistipp: Ausstattungsumfang in Wohngebäuden	134
7.5	Telekommunikationsanlagen	136
7.5.1	Hausrufanlagen	136
7.5.2	Haussprechanlagen	136
7.5.3	Errichten von Telekommunikations- anlagen	139
7.5.4	Analog-Anschluss	140
7.5.5	DSL-Anschluss	141
7.5.6	All-IP-Anschluss	142
7.5.7	ISDN am All-IP-Anschluss	143
7.5.8	VoIP am All-IP-Anschluss	143
7.5.9	Smart-Home	144
7.6	Antennen-Empfangsanlagen	145
7.6.1	Antennenanlagen für terrestrischen Empfang	145
7.6.2	Satelliten-Empfangsanlagen	148
7.6.3	Digitale terrestrische Empfangsanlagen ..	150
7.6.4	Breitband-Kommunikationsanlagen (BK-Anlagen)	151
	Praxistipp: Baugruppen und Anforde- rungen zum digitalen Sat-Empfang	152
7.7	Gefahrenmeldeanlagen	153
7.7.1	Allgemeine Festlegungen	153
7.7.2	Brandmeldeanlagen	154
7.7.3	Einbruchmeldeanlagen	157
7.7.4	Überfallmeldeanlagen	160
	Praxistipp: Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern	161
7.8	Gebäudesystemtechnik	162
7.8.1	KNX-System	162
7.8.2	KNX-Powernet	165

8

Blitzschutz

8.1	Äußerer Blitzschutz	167
8.2	Innerer Blitzschutz	169
8.3	Trennungsabstand	171
8.4	Prüfen der Blitzschutzsysteme	171

9

Sonderinstallationen

9.1	Elektroinstallation in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten	172
9.2	Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	174
9.3	Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	175
9.4	Elektroinstallation in explosions- gefährdeten Bereichen	178

9.5 Elektrische Anlagen auf Baustellen 181

9.6 Leuchtmittel für Innenräume 182

9.6.1 Schaltungen von Leuchtstofflampen..... 184

9.6.2 Niedervolt-Halogenentechnik..... 185

9.6.3 LED-Beleuchtung..... 187

9.7 Fotovoltaikanlagen 188

Praxistipp: Komponenten einer Fotovoltaikanlage auswählen 190

10 Messen in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln 192

10.1 Messen und Prüfen 192

10.2 Begriffe der Messtechnik 193

10.3 Analoge und digitale Anzeige 193

10.4 Messwerke 194

10.5 Messfehler..... 194

10.6 Messen von Stromstärke, Spannung und Widerstand 196

10.7 Messen mit Vielfach-Messinstrumenten 201

10.8 Messkategorien, Messen nichtsinusförmiger Wechselgrößen 202

10.9 Messen der elektrischen Leistung 203

10.10 Messen der elektrischen Arbeit 204

Praxistipp: Messen von Strom und Spannung 206

10.11 Messen mit dem Oszilloskop 207

10.11.1 Inbetriebnahme eines digitalen Oszilloskops. 207

10.11.2 Spannungsmessungen 208

10.11.3 Messen der Frequenz und der Zeit 209

10.11.4 Messen von Strömen 209

10.11.5 Messen der Phasenverschiebung 209

10.11.6 Kennlinienaufnahme 210

11 Schutzmaßnahmen 211

11.1 Auswahl der Betriebsmittel 211

11.2 Schutz gegen elektrischen Schlag..... 212

11.3 Drehstromsysteme 213

11.4 Anforderungen an den Basisschutz..... 214

11.4.1 Basisschutz unter normalen Bedingungen . 214

11.4.2 Basisschutz unter besonderen Bedingungen 214

11.5 Anforderungen an den Fehlerschutz 215

11.6 Schutz durch automatische Abschaltung im TN-, TT- und IT-System 216

11.6.1 TN-System 216

11.6.2 TT-System..... 217

11.6.3 IT-System 217

11.7 Doppelte oder verstärkte Isolierung 219

11.8 Schutztrennung 219

11.9 Schutz durch Kleinspannung 220

11.10 Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) 220

11.10.1 Funktion von Fehlerstrom-Schutz-einrichtungen (RCDs)..... 221

11.10.2 Differenzstrom-Schutzeinrichtungen..... 222

11.11 Besondere Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden 223

11.12 Prüfen der Schutzmaßnahmen 224

11.12.1 Prüfen durch Besichtigen 224

11.12.2 Prüfen durch Erproben und Messen 224

11.12.3 Prüfen durch Messen an Drehstromsystemen..... 225

11.12.4 Prüfen von RCDs 227

11.12.5 Prüfen bei Kleinspannung und Schutztrennung 227

11.12.6 Isolationswiderstand in nicht leitender Umgebung 228

11.12.7 Wiederkehrende Prüfungen 229

Praxistipp: Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden .. 230

11.12.8 Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen..... 232

12 Schaltungen und Bauteile der Elektronik 234

12.1 Gedruckte Schaltungen..... 234

12.1.1 Aufbau der Leiterplatte 234

12.1.2 Herstellen gedruckter Schaltungen 234

12.1.3 Erstellen einer Leiterplatte am Beispiel eines Durchgangsprüfers 235

12.1.4 Zurichten elektronischer Bauelemente ... 236

12.1.5 SMD-Technik 237

12.2 Widerstände 239

12.2.1 Festwiderstände 239

12.2.2 Einstellbare Widerstände 240

12.2.3 Nichtlineare Widerstände 240

12.2.4 Prüfen von Widerständen 241

12.3 Kondensatoren 241

12.3.1 Kennzeichnung und Abmessungen von Kondensatoren 242

12.3.2 Prüfen von Kondensatoren..... 242

12.4 Halbleiterbauelemente 243

12.4.1 Dioden 243

12.4.2 Gleichrichterschaltungen 244

12.4.3 Z-Dioden (Begrenzerdioden)..... 246

12.4.4 Transistoren 247

12.4.5 Spannungsstabilisierungen 251

12.4.6 Thyristoren 252

12.4.7 Triacs 253

12.4.8 Diac 254

12.4.9 Kühlung von Halbleiterbauelementen ... 255

12.4.10 Optoelektronische Bauelemente 256

12.4.11 Integrierte Schaltungen (IC) 257

13 Computertechnik 258

13.1 Bestandteile und Funktionsweise eines Computers..... 258

13.2 Hardware für Personal-Computer (PC) ... 259

13.2.1 Chipsatz eines PC..... 259

13.2.2 Mainboard..... 260

13.2.3 Mikroprozessor und Arbeitsspeicher..... 260

13.2.4 Schnittstellen und Anschlüsse 261

13.2.5 Peripherie 262

13.3 Software für Personal-Computer 264

13.4 Computer-Netzwerke 265

13.4.1 Netzwerkverbindung 265

13.4.2 Netzwerkeinstellungen 266

13.4.3 Netzwerkdrucker einrichten 267
 13.4.4 Internetzugang einrichten 267
 13.4.5 WLAN 268
Praxistipp: Lokales Netzwerk (LAN) installieren..... 269

14 Elektrogeräte 270

14.1 Kleingeräte 270
 14.1.1 Trocken- und Dampfbügeleisen 270
 14.1.2 Haartrockner und Handrührgeräte 271
 14.1.3 Funkentstörung bei Kleingeräten 272
14.2 Großgeräte 273
 14.2.1 Elektroherd 273
 14.2.2 Mikrowellengerät 276
 14.2.3 Waschmaschinen 277
 14.2.4 Wäschetrockner 278
 14.2.5 Geschirrspülmaschine 279
 14.2.6 Kühlgeräte 280
 14.2.7 Geräte zur Warmwasserversorgung 281
14.3 Elektrische Raumheizung 285

15 Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten 289

15.1 Fehlerarten 289
15.2 Fehlersuche in elektrischen Anlagen 290
 15.2.1 Mechanische Fehler 290
 15.2.2 Leiterunterbrechungen 290
 15.2.3 Auffinden von Kurzschlüssen 291
 15.2.4 Auffinden von Körperschlüssen, Erdschlüssen und Leiterschlüssen 292
15.3 Fehlersuche in elektrischen Geräten 293
 15.3.1 Systematische Fehlersuche 293
 15.3.2 Fehlerarten und Fehlerursachen in elektrischen Geräten 294
 15.3.3 Fehlersuche am Beispiel einer Kochplatte 294
15.4 Instand setzen von Elektrogeräten 295
15.5 Prüfen von instand gesetzten Elektrogeräten 299
 15.5.1 Sichtprüfung 299
 15.5.2 Schutzleiterprüfung 299
 15.5.3 Messen des Isolationswiderstandes 300
 15.5.4 Messen des Schutzleiterstromes und des Berührungsstromes 300
 15.5.5 Ersatz-Ableitstrommessung 301
 15.5.6 Funktionsprüfung 301
Praxistipp: Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte 302

16 Elektrische Maschinen 303

16.1 Planung von Antrieben 303
 16.1.1 Eigenschaften von Motoren 303
 16.1.2 Schutzarten von Motoren 304
 16.1.3 Betriebsarten 305
16.2 Drehstrom-Asynchronmotoren 306
 16.2.1 Kurzschlussläufer-Motoren 306
 16.2.2 Eigenschaften von Asynchronmotoren 308

16.2.3 Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer 310
 16.2.4 Polumschaltbare Asynchronmotoren 310
 16.2.5 Drehstrommotoren an Wechselspannung 312
Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors 313
 16.2.6 Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren 314
16.3 Einphasenwechselstrommotoren 316
 16.3.1 Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer 316
 16.3.2 Spaltpolmotoren 317
 16.3.3 Universalmotoren 317
16.4 Gleichstrommotoren 318
 16.4.1 Aufbau und Wirkungsweise 318
 16.4.2 Fremderregter Motor 319
 16.4.3 Nebenschlussmotor 319
 16.4.4 Reihenschlussmotor 319
 16.4.5 Doppelschlussmotor 320
 16.4.6 Drehzahlsteuerung und Drehrichtungs- umkehr bei Gleichstrommotoren 320
16.5 Servomotoren 321
 16.5.1 Gleichstromservomotoren 321
 16.5.2 Drehstromservomotoren 322
16.6 Wartung und Pflege von Elektromotoren 323
16.7 Betriebsstörungen bei Gleichstrom- motoren 325
16.8 Transformatoren 326
 16.8.1 Aufbau und Wirkungsweise 326
 16.8.2 Bauarten von Transformatoren 326
 16.8.3 Betriebsbedingungen von Transformatoren 327
 16.8.4 Dimensionierung von Transformatoren 330
 16.8.5 Drehstromtransformatoren 332
16.9 Wicklungen von Transformatoren und Elektromotoren 333
 16.9.1 Wickeln und isolieren von Kleintrans- formatoren 333
 16.9.2 Sicherheitsprüfung von Kleintrans- formatoren 334
 16.9.3 Wicklungen von Gleichstrommaschinen 335
 16.9.4 Wicklungen von Drehstrommaschinen 336
 16.9.5 Herstellen von Wicklungen 336
 16.9.6 Isolieren von Wicklungen 336
 16.9.7 Prüfen von Wicklungen 337

17 Primärelemente und Sekundär- elemente 339

17.1 Primärelemente (Trockenelemente) 339
17.2 Sekundärelemente 340
17.3 Ladetechniken von Akkumulatoren 342

18 Projektbearbeitung 343

Lernsituation 1: Drehfeldrichtungsanzeiger 344
Lernsituation 2: Elektroinstallation eines Hausanschlussraumes 346
 Projektbeschreibung 346
 Arbeitsschritte bei der Projektbearbeitung 346
Firmenverzeichnis 349
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch 350



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-Zeichen¹ 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.

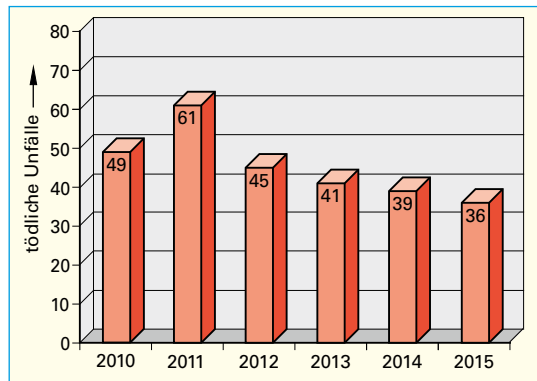


Bild 1: Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom

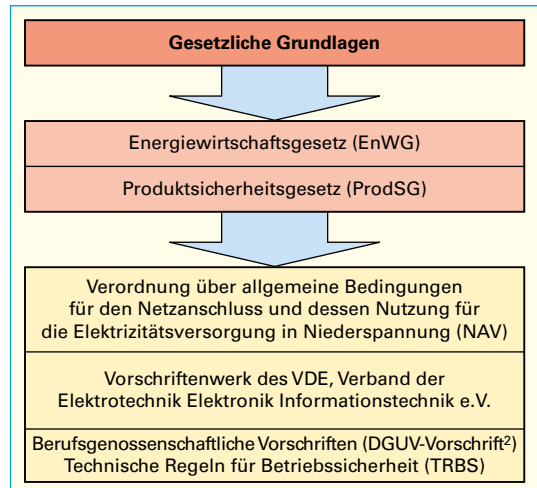


Bild 2: Gesetze und Vorschriften

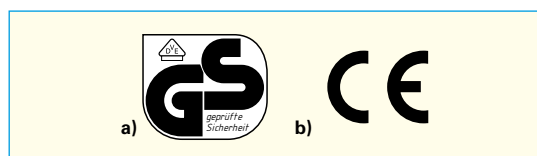


Bild 3: GS-Zeichen und CE-Zeichen

¹ CE, Abk. für: Communauté Européenne (franz.) = Europäische Union

² 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 auf Grund 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

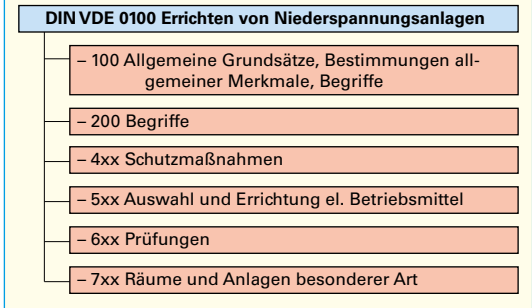
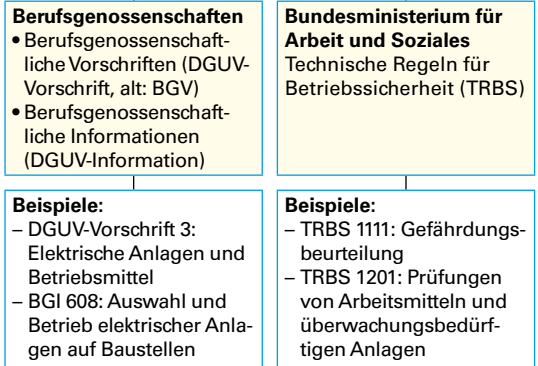


Bild: Gliederung der DIN VDE 0100 (Auszug)

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 **GHS¹-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/m³ oder mg/m³ angegeben, z. B. für Quecksilber 0,1 mg/m³.

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**).

- **Verbotsszeichen** 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**).

¹ 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	T 
	Sehr giftig	T+ 
	Ätzend	C 

Tabelle 2: Sicherheitszeichen

Form und Farbe	Bedeutung
	Verbot
	Gebot
	Warnung
	Rettung
	Brandschutz

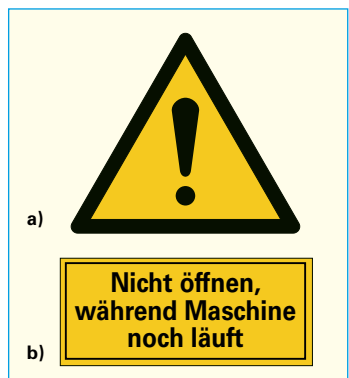


Bild: a: Warnzeichen mit
b: Zusatzzeichen



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 KurzschlieÙvorrichtungen 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 KurzschlieÙvorrichtungen (**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: Erdungsanschluss an einer Freileitung

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.



Bild 2: Abdecken spannungsführender Teile

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

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 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-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 20**

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	Elektrofachkraft (EFK), Elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP) und elektrotechnischer Laie (EL): – 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	Elektrofachkraft (EFK) und Elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP): – 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. Nur Elektrofachkraft (EFK): – 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 eines Bildzeichens auf der Isolation. Im Zuge der Harmonisierung innerhalb der Europäischen Union wurde das Zeichen des Isolators mit der Spannungsangabe 1000 V (**Bild 2a**) durch ein Doppeldreieck mit der Spannungsangabe 1000 V (**Bild 2b**) abgelöst. 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. 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

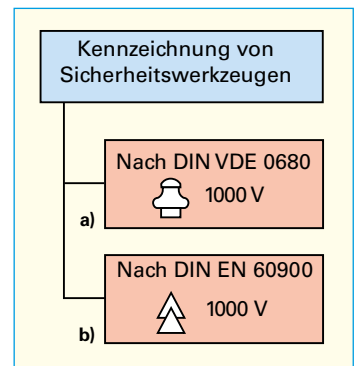


Bild 2: Bildzeichen und Spannungsangabe bei Sicherheitswerkzeugen



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



Neben der Sichtprüfung ist für elektrische Betriebsmittel eine regelmäßige Prüfung durch eine befähigte Elektrofachkraft auf ordnungsgemäßen Zustand notwendig. Das Gerät erhält nach der Überprüfung eine Prüfplakette, auf der das Datum der nächsten Überprüfung ersichtlich ist (**Bild 1**).

Die Zeitspanne für eine regelmäßige Überprüfung ortsveränderlicher elektrischer Werkzeuge ist vom Einsatzort und von den Betriebsbedingungen abhängig. Richtwerte der Prüffristen (**Seite 229**) können der DGV-Vorschrift 3 entnommen werden.

Leitern müssen standsicher aufgestellt und gegen Umkippen gesichert sein. Eine zusammenklappbare Stehleiter darf nicht als Anlegeleiter dienen, weil der frei hängende Schenkel ein Abrutschen begünstigt. Werden bei Arbeiten an elektrischen Anlagen Leitern aus Metall benutzt, muss, wegen der Leitfähigkeit, auf die Unfallgefahr durch elektrischen Schlag geachtet werden.

Schadhafte Leitern dürfen nicht weiterbenutzt werden. Behelfsmäßige Reparaturen an Leitern, wie das Aufnageln einer Latte auf angebrochene Holme oder Sprossen, oder das Bandagieren eines angerissenen Leiterteils sind verboten.

Bei Stehleitern müssen die Schenkel durch Spreizsicherungen gegen Auseinandergleiten gesichert sein (**Bild 2**). Werden Universalleitern als Anlegeleitern eingesetzt, muss darauf geachtet werden, dass die Abrutschsicherung (**Bild 2**) richtig und fest eingerastet ist.

Bei Anlegeleitern ist ein Anstellwinkel von 70° bis 75° einzuhalten. Nach DIN EN 131 müssen Leitern über einer Länge von 3 Metern, die als Anlegeleitern benutzt werden können, mit einer Quertraverse (**Bild 2**) versehen sein.

1.4.4 Schutzkleidung, Schutzausrüstung

Sicherheitsbeauftragte sorgen für die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und den Einsatz der Persönlichen Schutzausrüstung (PSA).

Persönliche Schutzkleidung und Schutzausrüstung (PSA) dienen der Erhaltung der Gesundheit und sollen Verletzungen und Erkrankungen vermeiden.

Beispiele für Schutzausrüstungen und deren Schutzwirkung:

- **Kopfschutz** verhindert Verletzungen des Kopfes durch herabfallende, umfallende, wegfliegende oder pendelnde Gegenstände.
- **Fußschutz**, z. B. Sicherheitsschuhe, ist dort erforderlich, wo mit Fußverletzungen durch mechanische, thermische, chemische oder elektrische Einwirkung gerechnet werden muss.
- **Körperschutz** wird durch Schutzmäntel, Schutzschürzen oder Schutzanzüge (**Bild 3**) erreicht.
- **Augen- und Gesichtsschutz** bieten Schutz vor dem Eindringen von Splintern, vor zu hoher Leuchtdichte sowie vor Einwirkung durch z. B. Laugen oder Säuren.



Bild 1: Prüfplakette für elektrische Betriebsmittel



Bild 2: Stehleiter



Bild 3: Elektrofachkraft mit isolierendem Schutzanzug

Wiederholungsfragen

- 1 Welcher Schutzabstand gilt für unter Spannung stehende Teile mit einer Nennspannung von 400 V?
- 2 Wann darf prinzipiell unter Spannung gearbeitet werden?
- 3 Woran erkennen Sie Sicherheitswerkzeuge für Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen?
- 4 Wodurch wird eine wiederkehrende Prüfung von elektrischen Betriebsmitteln gekennzeichnet?
- 5 Nennen Sie zwei Beispiele für die Verwendung von Schutzausrüstungen.