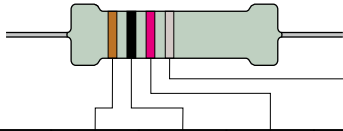


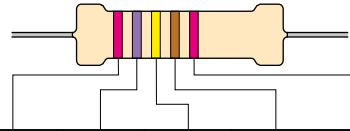
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren (nach DIN EN 60062)

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	$\pm 0,5$
	BU (bl)	6	6	10^6	$\pm 0,25$
	VT (vi)	7	7	10^7	$\pm 0,1$
	GY (gr)	8	8	10^8	—
	WH (ws)	9	9	10^9	—

Farbschlüssel für Metallschichtwiderstände



Kennfarbe	1. Ziffer	2. Ziffer	3. Ziffer	Multiplikator	Toleranz in %
	Widerstandswert in 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	$\pm 0,5$
	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 k Ω	3,3 k Ω	33 k Ω	0,33 M Ω	3,3 M Ω	33 M Ω
Kondensatoren	4p7	47p	n47	4n7	47n	μ 47	4 μ 7	47 μ	m47
	4,7 pF	47 pF	0,47 nF	4,7 nF	47 nF	0,47 μ F	4,7 μ F	47 μ F	0,47 mF



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Praxis Elektrotechnik

16. überarbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen sowie von Ingenieuren

Lektorat: Bernd Feustel

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

Europa-Nr.: 30812

Autoren:

Braukhoff, Peter

Reken

Feustel, Bernd

Kirchheim unter Teck

Käppel, Thomas

Münchberg

Neumann, Ronald

Oberkail

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, korrigierter Nachdruck 2024

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-7585-3174-3

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

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, 48268 Greven

Kapitelnummer und Symbole

● Allgemeines



















Vorwort	4
Vorbemerkungen zu den Lernfeldern	5
Inhaltsverzeichnis (ausführlich)	7
Sachwortverzeichnis deutsch – englisch	358

● Inhaltsverzeichnis (Kurzform)

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

- 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.

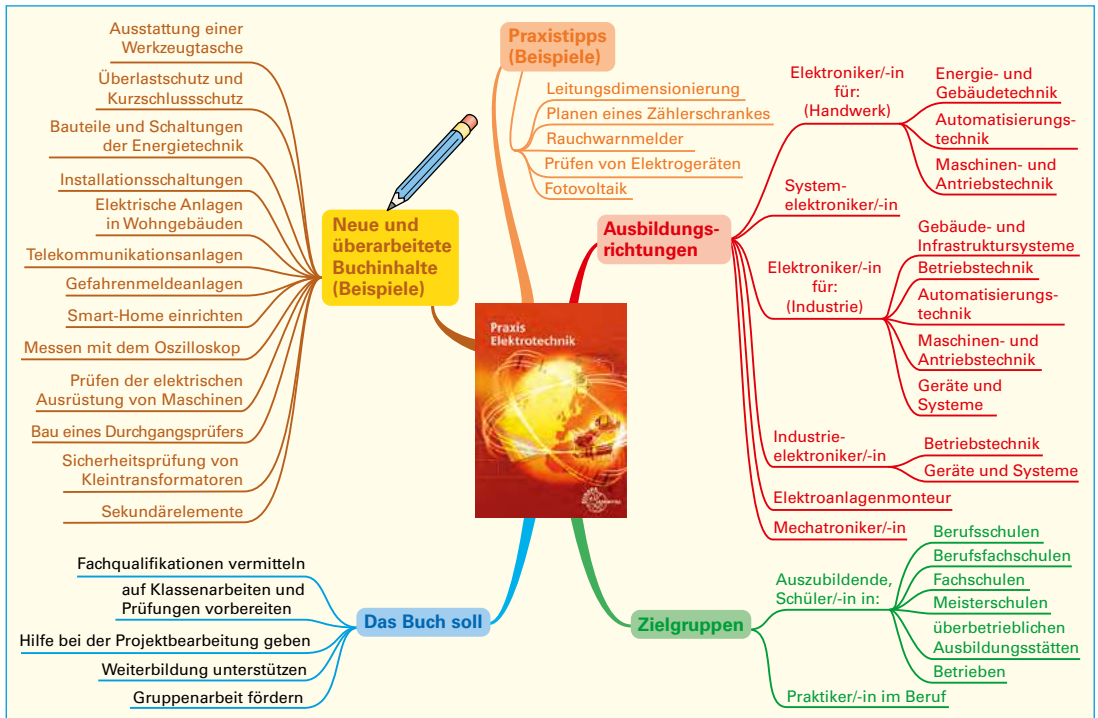
Das Mind-Map-Bild zeigt wichtige Informationen im Überblick.

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.



Rahmenlehrpläne enthalten:

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

Lernfelder beschreiben:

- Lernziele
- Lerninhalte
- Zeitrichtwerte

Lernfeldbearbeitung erfordert:

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

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

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

Beispiele zu Lernsituationen:

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

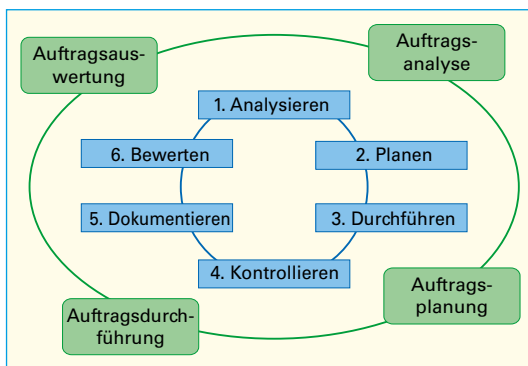


Bild: Arbeitsschritte einer Projektbearbeitung

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

Lernfeld	Elektroniker					Lernfeldinhalt (Beispiele)	Seitenhinweise
	EG ¹	MA ²	AT ³	BT ⁴	GS ⁵		
Grundstufe	1	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssicherheit 11 • Schaltzeichen, Schaltpläne 82 • Verbindungstechnik 52 • Messverfahren, Messen und Prüfen 202 • Elektronische Bauelemente 243
	2	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Verlegen von Leitungen und Kabeln 33 • Leitungen und Kabel 23 • Installationsschaltungen 99 • Leitungsdimensionierung 74 • Schutzmaßnahmen 220
	3	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Verbindungsprogrammierte Steuerungen .. 106 • Speicherprogrammierbare Steuerungen ... 116 • Aktoren, Sensoren 92, 116 • Ausführungen von Steuer- und Meldestromkreisen 106 • Schutzeinrichtungen 64
	4	x	x	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • 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 ¹	MA ²	AT ³	BT ⁴	GS ⁵			
Fachstufe I	5	x	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 222 • Schutzeinrichtungen 64 • Schutzarten 220, 312 • Prüfen von Betriebsmitteln 301, 307 • Gleichrichter, Netzgeräte 252, 259
	6	x	x	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 297 • Mess- und Prüfgeräte, Prüfprotokoll 202, 305 • Isolationswiderstände, Therm. Klassifizierung 345 • Bauteile der Elektronik 243 • Planung von Antrieben 311
	7	x	x	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 89, 116 • Gebäudesystemtechnik 171 • Steuerungstechnik 106 • Betriebsarten 313 • Elektrische Maschinen 311 • Kleinsteuerungen 114
	8	x	x	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 311 • Bauformen, Betriebsarten von Elektromotoren 312 • Anlassverfahren elektrischer Maschinen, Drehzahlsteuerung 319, 322 • Schutzeinrichtungen 64
Fachstufe II	9	x	x	x	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 23 • Telekommunikationsanlagen 144 • Gefahrenmeldeanlagen 162 • Antennen-Empfangsanlagen 154 • DSL-Anschluss, All-IP-Anschluss 149, 150 • Smart-Home 152 • Computertechnik 266 • Instandsetzung elektrischer Maschinen 331
	10	x	x	x	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 278 • Großgeräte 281 • Leuchtmittel für Innenräume 192 • Blitzschutz 177 • Verknüpfungssteuerungen 108 • Speicherprogrammierbare Steuerungen 116 • Unfallverhütungsvorschriften 12
	11	x	x	x	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 222 • Transformatoren, Schaltgruppen 334, 340 • Schutzpotenzialausgleich 125 • Hauptstromversorgungssystem 127 • Zählerplatz, Stromkreisverteiler 128, 129 • Fotovoltaikanlagen 198 • Gefahrenmeldeanlagen 162 • Wartung und Instandhaltung von Anlagen und Geräten 297, 301
	12	x	x	x	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 126 • Elektrische Anlagen in Wohngebäuden 124 • Installation von Räumen besonderer Art 182 • Breitband-Kommunikationsanlagen 160 • Prüfen von Wicklungen 345 • Betriebsstörungen elektrischer Maschinen 332
	13	x	x	x	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 220 • Prüfen von Schutzmaßnahmen 233 • Prüfgeräte 235 • Prüfprotokolle 238, 305 • Betriebsarten elektrischer Maschinen 313

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 Praxistipp: Ausstattung einer Werkzeugtasche	18 19
1.4.4	Schutzkleidung, Schutzausrüstung Praxistipp: Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen	21 22
2	Isolierte Leitungen und Kabel	23
2.1	Aufbau und Anforderungen an isolierte Leitungen und Kabel	23
2.2	Leitungen	25
2.3	Kabel	30
3	Verlegen von Leitungen und Kabeln	33
3.1	Grundsätze der Leitungsverlegung	33
3.2	Die klassischen Verlegearten	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	Elektroinstallation im Fertigbau	41
3.3.1	Leitungsverlegung im Beton	41
3.3.2	Leitungsverlegung in Hohlwänden	42
3.4	Leitungsverlegung in Installationskanälen	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	Unterflur-Installationssysteme	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	Brandschottung in elektrischen Anlagen	47
3.7	Verlegung auf Kabeltragegestellen Praxistipp: Mindesttrennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen	47 48
3.8	Verlegung im Erdreich	49
3.9	Verlegen von Freileitungen	50
3.10	Leitungsverlegung in Schaltschränken	51
3.10.1	Verlegung in Verdrahtungskanälen	51
3.10.2	Verlegung mit Aufsteckkämmen	51

4	Verbindungstechnik	52
4.1	Zurichten isolierter Leitungen	52
4.2	Schraubverbindungen	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	Lötfreie Verbindungstechniken	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	Weichlöten	60
5	Überlastschutz und Kurzschlusschutz	64
5.1	Schmelzsicherungen	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	Leitungsschutzschalter	68
5.3	Brandschutzschalter (AFDD)	70
5.4	Schutz von Motorstromkreisen	71
5.4.1	Motorschutzschalter	71
5.4.2	Thermisches Überlastrelais	72
5.4.3	Motorschutz durch Thermistoren	73
5.5	Überstromschutz von fest verlegten Kabeln und isolierten Leitungen	74
5.5.1	Strombelastbarkeit von fest verlegten Kabeln und Leitungen	74
5.5.2	Zuordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen Praxistipp: Leitungsdimensionierung	76 77
5.5.3	Überlastschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	79
5.5.4	Kurzschlusschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	79
5.6	Oberschwingungen	81
6	Bauteile und Schaltungen der Energietechnik	82
6.1	Technische Unterlagen	82
6.1.1	Betriebsmittelkennzeichnung	82
6.1.2	Schaltungsunterlagen	82
6.2	Stecksysteme	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	Befehls- und Meldegeräte	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	Praxistipp: Planen eines Zählerschranks	130
6.3.5	Näherungsschalter	92	Praxistipp: Zählerschrank mit Stromkreisverteiler und Multimediefeld	132
6.3.6	Schalter für Maschinen und Anlagen	93		
6.4	Elektromagnetische Schalter	94	7.4 Wohnungsinstallation	135
6.4.1	Relais	94	7.4.1 Elektroinstallation im Wohnbereich	135
6.4.2	Zeitrelais	96	7.4.2 Elektroinstallation in Decken und Fußböden	136
6.4.3	Schütze	97	7.4.3 Leitungsführung in Wänden außerhalb von Gebäuden	137
6.5	Installationsschaltungen	99	7.4.4 Elektroinstallation in der Küche	138
6.5.1	Installationsschaltungen mit Schaltern	99	7.4.5 Installationsformen	139
6.5.2	Beleuchtung und Betriebszustandsanzeige bei Installationsschaltern	102	7.4.6 Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	140
6.5.3	Installationsschaltungen mit elektromagnetischen Schaltern	103	Praxistipp: Ausstattungsumfang in Wohngebäuden	142
6.5.4	Bewegungsmelder	105	7.5 Telekommunikationsanlagen	144
6.5.5	Netzfreischalter	105	7.5.1 Hausrufanlagen	144
6.6	Steuer- und Meldestromkreise mit Relais oder Schütz	106	7.5.2 Haussprechanlagen	144
6.6.1	Betriebsbedingungen und Ausführung von Steuer- und Meldestromkreisen	106	7.5.3 Errichten von Telekommunikationsanlagen	147
6.6.2	Grundsaltungen mit Schützen	108	7.5.4 Analog-Anschluss	148
6.6.3	Folge- und Verriegelungsschaltung	108	7.5.5 DSL-Anschluss	149
6.6.4	Wendeschützschtaltung	109	7.5.6 All-IP-Anschluss	150
6.6.5	Stern-Dreieck-Schaltung	110	7.5.7 ISDN am All-IP-Anschluss	151
	Praxistipp: Stromlaufpläne lesen	111	7.5.8 VoIP am All-IP-Anschluss	151
6.6.6	Dahlanderschaltung	112	7.5.9 Smart Home	152
6.6.7	Klemmenplan	113	Praxistipp: Smart Home einrichten	153
6.7	Kleinsteuerungen	114	7.6 Antennen-Empfangs- und Verteilanlagen	154
6.7.1	Aufbau, Einbau und Anschluss	114	7.6.1 Antennenanlagen für terrestrischen Empfang	154
6.7.2	Programmierung	115	7.6.2 Satelliten-Empfangsanlagen	157
6.8	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	116	7.6.3 Digitale terrestrische Empfangsanlagen	159
6.8.1	Aufbau einer SPS	116	7.6.4 Breitband-Kommunikationsanlagen (BK-Anlagen)	160
6.8.2	Anschluss einer SPS	116	Praxistipp: Baugruppen und Anforderungen zum digitalen Sat-Empfang	161
6.8.3	Arbeitsweise einer speicherprogrammierbaren Steuerung	117	7.7 Gefahrenmeldeanlagen	162
6.8.4	Programmierung einer speicherprogrammierbaren Steuerung	117	7.7.1 Allgemeine Festlegungen	162
6.8.5	Sicherheitstechnische Anforderungen an speicherprogrammierbare Steuerungen (DIN EN 60204-1/VDE 0113-1)	118	7.7.2 Brandmeldeanlagen	163
6.8.6	Strukturierte Programmierung	119	7.7.3 Einbruchmeldeanlagen	166
6.8.7	Anwendungsbeispiel	120	7.7.4 Überfallmeldeanlagen	169
6.8.8	Bibliotheksfähige Bausteine	122	Praxistipp: Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern	170
7	Elektrische Anlagen in Wohngebäuden	124	7.8 Gebäudesystemtechnik	171
7.1	Hausanschluss	124	7.8.1 KNX-System	171
7.1.1	Kabelanschluss	124	7.8.2 KNX-Powernet	175
7.1.2	Hausanschlussraum	124	8	Blitzschutz
7.1.3	Hausanschlusswand	125	8.1 Äußerer Blitzschutz	177
7.1.4	Hausanschlussnische	125	8.2 Innerer Blitzschutz	179
7.2	Schutzpotenzialausgleich in Wohngebäuden	125	8.3 Trennungsabstand	181
7.2.1	Fundamenterder	126	8.4 Prüfen der Blitzschutzsysteme	181
7.2.2	Ausführung des Schutzpotenzialausgleichs	126	9	Sonderinstallationen
7.3	Hauptstromversorgungssysteme	127	9.1 Elektroinstallation in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten	182
7.3.1	Hauptleitungen	127	9.2 Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	184
7.3.2	Zählerplätze	128	9.3 Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	185
7.3.3	Steuerleitungen	129	9.4 Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	188
7.3.4	Stromkreisverteiler	129		

9.5 Elektrische Anlagen auf Baustellen 191

9.6 Leuchtmittel für Innenräume 192

9.6.1 Schaltungen von Leuchtstofflampen. 194

9.6.2 Niedervolt-Halogentechnik. 195

9.6.3 LED-Beleuchtung 197

9.7 Fotovoltaikanlagen 198

Praxistipp: Komponenten einer Fotovoltaikanlage auswählen 200

10 Messen in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln 202

10.1 Messen und Prüfen 202

10.2 Begriffe der Messtechnik 203

10.3 Analoge und digitale Anzeige 203

10.4 Messwerke 204

10.5 Messfehler 204

10.6 Messen von Stromstärke, Spannung und Widerstand 206

10.7 Messen mit Vielfach-Messinstrumenten .. 210

10.8 Messkategorien, Messen nichtsinusförmiger Wechselgrößen 211

10.9 Messen der elektrischen Leistung 212

10.10 Messen der elektrischen Arbeit 213

Praxistipp: Messen von Strom und Spannung 215

10.11 Messen mit dem Oszilloskop 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 220

11.1 Auswahl der Betriebsmittel 220

11.2 Schutz gegen elektrischen Schlag 221

11.3 Drehstromsysteme 222

11.4 Anforderungen an den Basisschutz 223

11.4.1 Basisschutz unter normalen Bedingungen ... 223

11.4.2 Basisschutz unter besonderen Bedingungen 223

11.5 Anforderungen an den Fehlerschutz ... 224

11.6 Schutz durch automatische Abschaltung im TN-, TT- und IT-System 225

11.6.1 TN-System 225

11.6.2 TT-System. 226

11.6.3 IT-System 226

11.7 Doppelte oder verstärkte Isolierung 228

11.8 Schutztrennung 228

11.9 Schutz durch Kleinspannung 229

11.10 Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) 229

11.10.1 Funktion von Fehlerstrom-Schutz-einrichtungen (RCDs). 230

11.10.2 Differenzstrom-Schutzeinrichtungen. 231

11.11 Besondere Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden 232

11.12 Prüfen der Schutzmaßnahmen 233

11.12.1 Prüfen durch Besichtigen 233

11.12.2 Prüfen durch Erproben und Messen 233

11.12.3 Prüfen durch Messen an Drehstromsystemen. 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 243

12.1 Gedruckte Schaltungen 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

12.2 Widerstände 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

12.3 Kondensatoren 249

12.3.1 Kennzeichnung und Abmessungen von Kondensatoren 250

12.3.2 Prüfen von Kondensatoren 250

12.4 Halbleiterbauelemente 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 266

13.1 Bestandteile und Funktionsweise eines Computers 266

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

13.3 Software für Personal-Computer 272

13.4 Computer-Netzwerke 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
	Praxistipp: Lokales Netzwerk (LAN) installieren.....	277

14 Elektrogeräte..... 278

14.1 Kleingeräte	278
14.1.1 Trocken- und Dampfbügeleisen.....	278
14.1.2 Haartrockner und Handrührgeräte	279
14.1.3 Funkentstörung bei Kleingeräten.....	280
14.2 Großgeräte	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
14.3 Elektrische Raumheizung	293

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

15.1 Fehlerarten	297
15.2 Fehlersuche in elektrischen Anlagen	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
15.3 Fehlersuche in elektrischen Geräten.....	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
15.4 Instand setzen von Elektrogeräten	303
15.5 Prüfen von instand gesetzten Elektrogeräten	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
Praxistipp: Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte.....	310

16 Elektrische Maschinen..... 311

16.1 Planung von Antrieben	311
16.1.1 Eigenschaften von Motoren	311
16.1.2 Schutzarten von Motoren	312
16.1.3 Betriebsarten	313
16.2 Drehstrom-Asynchronmotoren	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
Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors.....	321
16.2.6 Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren	322
16.3 Einphasenwechselstrommotoren	324
16.3.1 Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer.....	324
16.3.2 Spaltpolmotoren	325
16.3.3 Universalmotoren	325
16.4 Gleichstrommotoren.....	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 Drehrichtungsumkehr bei Gleichstrommotoren.....	328
16.5 Servomotoren	329
16.5.1 Gleichstromservomotoren	329
16.5.2 Drehstromservomotoren	330
16.6 Wartung und Pflege von Elektromotoren	331
16.7 Betriebsstörungen bei Gleichstrommotoren	333
16.8 Transformatoren	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
16.9 Wicklungen von Transformatoren und Elektromotoren	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

17.1 Primärelemente (Trockenelemente)	347
17.2 Sekundärelemente	348
17.3 Ladetechniken von Akkumulatoren	350

18 Projektbearbeitung..... 351

Lernsituation 1: Drehfeldrichtungsanzeiger.....	352
Lernsituation 2: Elektroinstallation eines Hausanschlussraumes.....	354
Projektbeschreibung	354
Arbeitsschritte bei der Projektbearbeitung.....	354
Bildquellenverzeichnis	357
Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch.....	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-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.

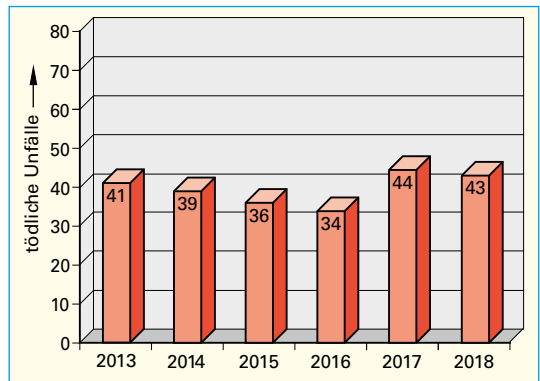


Bild 1: Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom

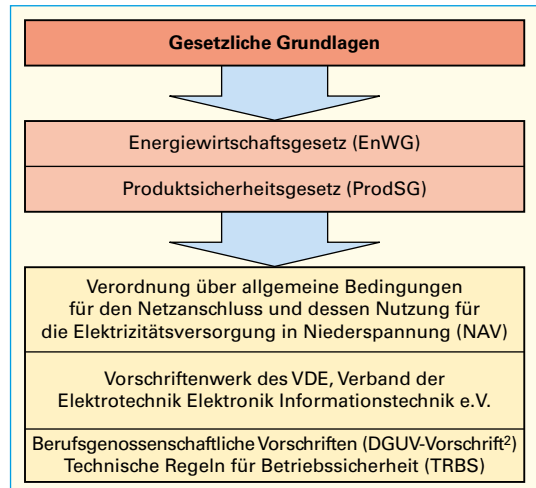


Bild 2: Gesetze und Vorschriften

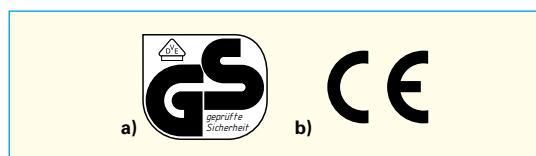


Bild 3: GS-Zeichen und CE-Zeichen

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 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

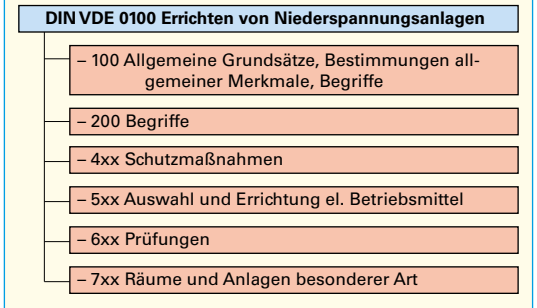


Bild: Gliederung der DIN VDE 0100 (Auszug)

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

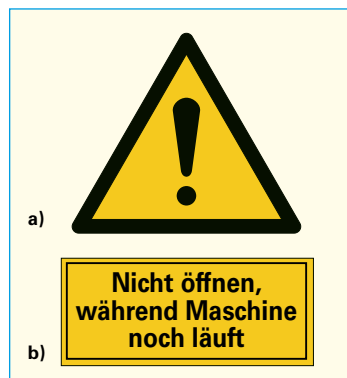


Bild: a: Warnzeichen mit
b: Zusatzzeichen



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 abzusperrn. 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: Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtung

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-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 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	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 Abschrankungen. – Herausnehmen oder Einsetzen von nicht gegen direktes Berühren geschützten Sicherungseinsätzen, z.B. NH-Sicherungen, mit geeigneten Hilfsmitteln, wenn dies gefahrlos möglich ist. – Anspritzen unter Spannung stehender Teile bei der Brandbekämpfung. – Arbeiten an Akkumulatoren unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen. – Abklopfen von Raureif, z.B. an Freileitungen, mithilfe geeigneter isolierender Stangen. 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 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

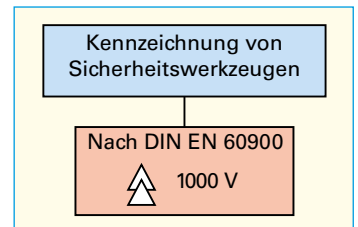


Bild 2: Bildzeichen und Spannungsangabe bei Sicherheitswerkzeugen



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

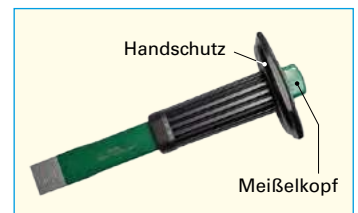


Bild 4: Meißel



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**).

1 Kombizange

2 Spitzzange

3 Rundzange

4 Crimpzange für Aderendhülsen

5 Seitenschneider

6 Abisolierzange

7 Automatische Abisolierzange

8 Universal-Abmantelwerkzeug

9 Abmantelwerkzeug

10 Wasserpumpenzange

11 zweipoliger Spannungsprüfer

12 Meißel

13 Wasserwaage

14 Mini-Wasserwaage

15 Schlosserhammer

16 Schraubendrehersatz

17 Puksäge

18 Spachtel

19 Gipsbecher

20 Meißelhammer

Werkzeugtasche

Kabelmesser

Schaltschrankschlüssel

Gliedermaßstab

Bild: Inhalt einer Werkzeugtasche (Beispiel)