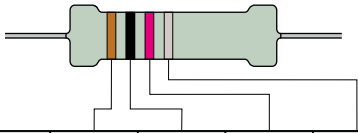


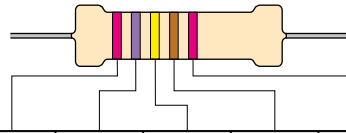
Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren (nach DIN EN 60062)

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

17. 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:

Blomberg, Andreas	Rheda-Wiedenbrück
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

17. Auflage 2026

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-3366-2

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

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

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

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Ertstadt
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfoto: Heinrich Kopp AG, Elektrotechnik – Elektronik, 63796 Kahl
Druck: LUC GmbH, 59379 Selm

● **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	84
7 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden	126
8 Blitzschutz	179
9 Sonderinstallationen	184
10 Messen in elektrischen Anlagen und an Betriebsmitteln	204
11 Schutzmaßnahmen	222
12 Schaltungen und Bauteile der Elektronik	245
13 Computertechnik	267
14 Elektrogeräte	279
15 Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten ..	298
16 Elektrische Maschinen	312
17 Primär- und Sekundärelemente	348
Lernsituationen	352

● **Praxistipps**

• Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen	22
• Mindesttrennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen	48
• Leitungsdimensionierung	78
• Stromlaufpläne lesen	113
• Planen eines Zählerschranks	132
• Ausstattungsumfang in Wohngebäuden	144
• Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern	172
• Komponenten einer Photovoltaikanlage auswählen ...	202
• Messen mit Vielfach-Messinstrumenten	217
• Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden	241
• Lokales Netzwerk (LAN) installieren	278
• Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte	311
• Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors	322

Kapitelnummer und Symbole

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



LS



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 17. 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.

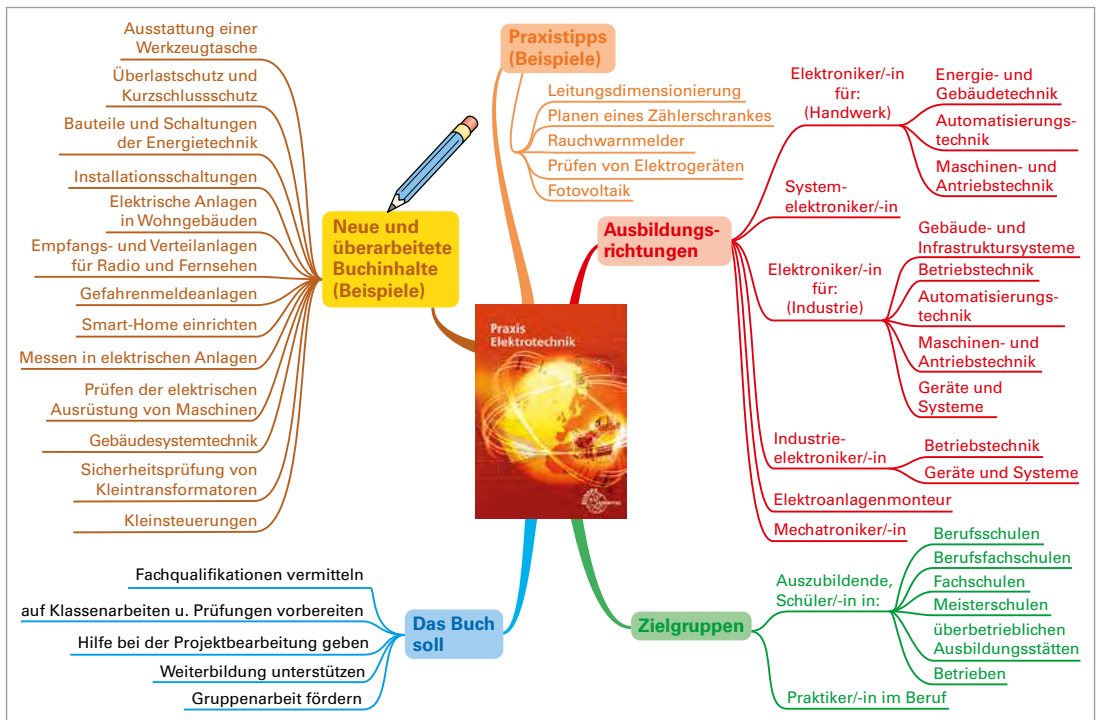
Das Mind-Map-Bild zeigt wichtige Informationen im Überblick.

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

i 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:

- 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**.

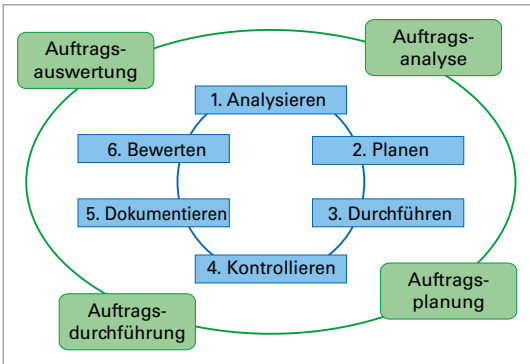


Bild: Arbeitsschritte einer Projektbearbeitung

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	• Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssicherheit 11 • Schaltzeichen, Schaltpläne 84 • Verbindungstechnik 52 • Messverfahren, Messen und Prüfen 204 • Elektronische Bauelemente 245
	2	x	x	x	x	• Elektrische Installationen planen und ausführen	<ul style="list-style-type: none"> • Verlegen von Leitungen und Kabeln 33 • Leitungen und Kabel 23 • Installationsschaltungen 101 • Leitungsdimensionierung 75 • Schutzmaßnahmen 222
	3	x	x	x	x	• Steuerungen analysieren und ausführen	<ul style="list-style-type: none"> • Verbindungsprogrammierte Steuerungen .. 108 • Speicherprogrammierbare Steuerungen ... 118 • Aktoren, Sensoren 94, 118 • Ausführungen von Steuer- und Meldestromkreisen 108 • Schutzeinrichtungen 64
	4	x	x	x	x	• Informationstechnische Systeme bereitstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Zweidraht-Bus-Sprechanlagen 148 • DSL-Anlage 151 • Computertechnik 267

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"> • Drehstromsysteme 224 • Schutzeinrichtungen 64 • Schutzarten 222, 313 • Prüfen von Betriebsmitteln .. 302, 308 • Gleichrichter, Netzgeräte ... 254, 260
	6	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 kopieren, herstellen und prüfen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geräte- und Anlagenprüfung 298 • Mess- und Prüfgeräte, Prüfprotokoll 204, 306 • Isolationswiderstände, Therm. Klassifizierung 346 • Bauteile der Elektronik 245 • Planung von Antrieben 312
	7	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 91, 118 • Gebäudesystemtechnik 173 • Steuerungstechnik 108 • Betriebsarten 314 • Elektrische Maschinen 312 • Kleinsteuerungen 116
	8	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 312 • Bauformen, Betriebsarten von Elektromotoren 313 • Anlassverfahren elektrischer Maschinen, Drehzahlsteuerung 320, 323 • Schutzeinrichtungen 64
Fachstufe II	9	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 146 • Gefahrenmeldeanlagen 164 • Antennen-Empfangsanlagen 156 • DSL-Anschluss, All-IP-Anschluss 151, 152 • Smart-Home 154 • Computertechnik 267 • Instandsetzung elektrischer Maschinen 332
	10	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 279 • Großgeräte 282 • Leuchtmittel für Innenräume 194 • Blitzschutz 179 • Verknüpfungssteuerungen 110 • Speicherprogrammierbare Steuerungen 118 • Unfallverhütungsvorschriften 12
	11	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 224 • Transformatoren, Schaltgruppen 335, 341 • Schutzpotenzialausgleich 127 • Hauptstromversorgungssystem .. 129 • Zählerplatz, Stromkreisverteiler 130, 131 • Photovoltaikanlagen 200 • Gefahrenmeldeanlagen 164 • Wartung und Instandhaltung von Anlagen und Geräten .. 298, 302
	12	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"> • Fundamentender 128 • Elektrische Anlagen in Wohngebäuden 126 • Installation von Räumen besonderer Art 184 • Breitband-Kommunikationsanlagen 162 • Prüfen von Wicklungen 346 • Betriebsstörungen elektrischer Maschinen 333
	13	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 222 • Prüfen von Schutzmaßnahmen ... 235 • Prüfgeräte 237 • Prüfprotokolle 240, 306 • Betriebsarten elektrischer Maschinen 314

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.

Inhaltsverzeichnis

1	Unfall- und Arbeitssicherheit	11	3.10.1	Verlegung in Verdrahtungskanälen	51
1.1	Elektrische Energie und ihre Gefahren	11	3.10.2	Verlegung mit Aufsteckkämmen	51
1.1.1	Energiewirtschaftsgesetz	11	4	Verbindungstechnik	52
1.1.2	Produktsicherheitsgesetz(ProdSG)	11	4.1	Zurichten isolierter Leitungen	52
1.1.3	Unfallverhütung	12	4.2	Schraubverbindungen	53
1.1.4	VDE-Vorschriftenwerk	12	4.2.1	Arten von Schraubverbindungen	53
1.2	Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz	13	4.2.2	Schrauben, Muttern, Schraubenprofile und Schraubensicherungen	53
1.2.1	Gefahrstoffkennzeichnung	13	4.2.3	Lösen festsitzender Schraubverbindungen .	54
1.2.2	Sicherheitszeichen	13	4.2.4	Biegen von Ösen	55
1.3	Die fünf Sicherheitsregeln	15	4.3	Lötfreie Verbindungstechniken	56
1.4	Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	17	4.3.1	Crimpen	56
1.4.1	Sicherheit beim Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlagenteilen .	17	4.3.2	Schneidklemmtechnik	57
1.4.2	Sicherheit beim Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen .	17	4.3.5	Klemmenverbindungen	58
1.4.3	Sicherer Umgang mit Werkzeug und Gerät	18	4.4	Weichlöten	60
	Praxistipp: Ausstattung einer Werkzeugtasche	19	5	Überlastschutz und Kurzschlusschutz	64
1.4.4	Schutzkleidung, Schutzausrüstung	21	5.1	Schmelzsicherungen	64
	Praxistipp: Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen	22	5.1.1	Schraubsicherungssysteme	64
			5.1.2	NH-Sicherungssystem	66
			5.1.3	Betriebsklassen von Niederspannungs- sicherungen	67
2	Isolierte Leitungen und Kabel	23	5.1.4	Geräteschutzsicherungen	67
2.1	Aufbau und Anforderungen an isolierte Leitungen und Kabel	23	5.2	Leitungsschutzschalter	68
2.2	Leitungen	25	5.3	Brandschutzschalter (AFDD)	71
2.3	Kabel	30	5.4	Schutz von Motorstromkreisen	72
3	Verlegen von Leitungen und Kabeln	33	5.4.1	Motorschutzschalter	72
3.1	Grundsätze der Leitungsverlegung	33	5.4.2	Thermisches Überlastrelais	73
3.2	Die klassischen Verlegearten	33	5.4.3	Motorschutz durch Thermistoren	74
3.2.1	Leitungsverlegung auf Putz	33	5.5	Überstromschutz von fest verlegten Kabeln und isolierten Leitungen	75
3.2.2	Leitungsverlegung im Putz	37	5.5.1	Strombelastbarkeit von fest verlegten Kabeln und Leitungen	75
3.2.3	Leitungsverlegung unter Putz	38	5.5.2	Zuordnung von Überstrom- Schutzeinrichtungen	77
3.2.4	Leitungsverlegung in Installationsrohren .	39		Praxistipp: Beispiel 1 Einfache Leitungsdimensionierung	78
3.3	Elektroinstallation im Fertigbau	41		Praxistipp: Beispiel 2 Erschwerte Leitungsdimensionierung	79
3.3.1	Leitungsverlegung im Beton	41	5.5.3	Überlastschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	81
3.3.2	Leitungsverlegung in Hohlwänden	42	5.5.4	Kurzschlusschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	81
3.4	Leitungsverlegung in Installationskanälen	43	5.6	Oberschwingungen	83
3.4.1	Verlegung in Leitungskanälen	43	6	Bauteile und Schaltungen der Energietechnik	84
3.4.2	Verlegung in Geräteinbaukanälen	44	6.1	Technische Unterlagen	84
3.4.3	Verlegung in Sockelleistenkanälen	45	6.1.1	Betriebsmittelkennzeichnung	84
3.4.4	Verlegung in Aufbodenkanälen	45	6.1.2	Schaltungsunterlagen	84
3.5	Unterflur-Installationssysteme	45	6.2	Stecksysteme	86
3.5.1	Estrichüberdecktes Kanalsystem	46	6.2.1	Zweipolige Steckvorrichtungen mit und ohne Schutzkontakt	86
3.5.2	Estrichbündiges Kanalsystem	46	6.2.2	Herstellen einer Schutzkontakt-Verlänge- rungsleitung	88
3.5.3	Imbeton-Kanalsystem	46	6.2.3	Perilex-Steckvorrichtungen	88
3.5.4	Doppelboden-System	46			
3.6	Brandschottung in elektrischen Anlagen ..	47			
3.7	Verlegung auf Kabeltragegestellen	47			
	Praxistipp: Mindesttrennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen	48			
3.8	Verlegung im Erdreich	49			
3.9	Verlegen von Freileitungen	50			
3.10	Leitungsverlegung in Schaltschränken	51			

6.2.4	Kragensteckvorrichtungen	89	7.3.3	Steuerleitungen	131
6.3	Befehls- und Meldegeräte.	91	7.3.4	Stromkreisverteiler	131
6.3.1	Schalter und Taster	91		Praxistipp: Planen eines Zählerschranks 132	
6.3.2	Installationsschalter	92		Praxistipp: Zählerschrank mit Strom-	
6.3.3	Drucktaster und Leuchtmelder	93		kreisverteiler und Multimediafeld	134
6.3.4	Positionsschalter	93	7.4	Wohnungsinstallation.	137
6.3.5	Näherungsschalter	94	7.4.1	Elektroinstallation im Wohnbereich.	137
6.3.6	Schalter für Maschinen und Anlagen	95	7.4.2	Elektroinstallation in Decken und Fußböden	138
6.4	Elektromagnetische Schalter.	96		138
6.4.1	Relais	96	7.4.3	Leitungsführung in Wänden außerhalb von	139
6.4.2	Zeitrelais	98		Gebäuden	139
6.4.3	Schütze	99	7.4.4	Elektroinstallation in der Küche	140
6.5	Installationsschaltungen.	101	7.4.5	Installationsformen	141
6.5.1	Installationsschaltungen mit Schaltern.	101	7.4.6	Elektroinstallation an Orten mit Badewanne	142
6.5.2	Beleuchtung und Betriebszustandsanzeige	104		oder Dusche	142
	bei Installationsschaltern	104		Praxistipp: Ausstattungsumfang in	
6.5.3	Installationsschaltungen mit elektro-			Wohngebäuden.	144
	magnetischen Schaltern	105	7.5	Telekommunikationsanlagen.	146
6.5.4	Bewegungsmelder	107	7.5.1	Hausrufanlagen	146
6.5.5	Netzfreeschalter	107	7.5.2	Haussprechanlagen	146
6.6	Steuer- und Meldestromkreise mit Relais		7.5.3	Errichten von Telekommunikationsanlagen	149
	oder Schütz.	108		149
6.6.1	Betriebsbedingungen und Ausführung von		7.5.4	Analog-Anschluss	150
	Steuer- und Meldestromkreisen.	108	7.5.5	DSL-Anschluss	151
6.6.2	Grundsaltungen mit Schützen	110	7.5.6	All-IP-Anschluss	152
6.6.3	Folge- und Verriegelungsschaltung.	110	7.5.7	ISDN am All-IP-Anschluss	153
6.6.4	Wendeschützschaltung	111	7.5.8	VoIP am All-IP-Anschluss	153
6.6.5	Stern-Dreieck-Schaltung	112	7.5.9	Smart Home	154
	Praxistipp: Stromlaufpläne lesen.	113		Praxistipp: Smart Home einrichten.	155
6.6.6	Dahlanderschaltung	114	7.6	Empfangs- und Verteilanlagen für Radio	
6.6.7	Klemmenplan	115		und Fernsehen.	156
6.7	Kleinsteuerungen.	116	7.6.1	Empfangsantennen	156
6.7.1	Aufbau, Einbau und Anschluss	116	7.6.2	Antennenanlagen	157
6.7.2	Programmierung	117	7.6.3	Terrestrische Empfangsanlagen	159
6.8	Speicherprogrammierbare Steuerungen		7.6.4	Satelliten-Empfangsanlagen	160
	(SPS)	118	7.6.5	Breitband-Kommunikationsanlagen	162
6.8.1	Aufbau einer SPS	118		(BK-Anlagen)	162
6.8.2	Anschluss einer SPS	118	7.6.6	Internetbasierender Empfang	163
6.8.3	Arbeitsweise einer speicherprogrammier-		7.6.7	Messen in Empfangsanlagen	163
	baren Steuerung	119	7.7	Gefahrenmeldeanlagen.	164
6.8.4	Programmierung einer speicher-		7.7.1	Allgemeine Festlegungen	164
	programmierbaren Steuerung	119	7.7.2	Brandmeldeanlagen	165
6.8.5	Sicherheitstechnische Anforderungen an		7.7.3	Einbruchmeldeanlagen	168
	speicherprogrammierbare Steuerungen		7.7.4	Überfallmeldeanlagen	171
	(DIN EN 60204-1/VDE 0113-1)	120		Praxistipp: Auswahl, Montage und	
6.8.6	Strukturierte Programmierung	121		Wartung von Rauchwarnmeldern	172
6.8.7	Anwendungsbeispiel	122	7.8	Gebäudesystemtechnik	173
6.8.8	Bibliotheksfähige Bausteine	124	7.8.1	KNX-System	173
			7.8.2	KNX-Powernet	177
7	Elektrische Anlagen in		8	Blitzschutz	179
	Wohngebäuden.	126	8.1	Äußerer Blitzschutz.	179
7.1	Hausanschluss	126	8.2	Innerer Blitzschutz.	181
7.1.1	Kabelanschluss	126	8.3	Trennungsabstand.	183
7.1.2	Hausanschlussraum	126	8.4	Prüfen der Blitzschutzsysteme	183
7.1.3	Hausanschlusswand	127	9	Sonderinstallationen	184
7.1.4	Hausanschlussnische	127	9.1	Elektroinstallation in landwirtschaftlichen	
7.2	Schutzpotenzialausgleich in			und gartenbaulichen Betriebsstätten	184
	Wohngebäuden.	127	9.2	Elektroinstallation in feuergefährdeten	
7.2.1	Fundamenterder	128		Betriebsstätten.	186
7.2.2	Ausführung des Schutzpotenzialausgleichs	128			
7.3	Hauptstromversorgungssysteme	129			
7.3.1	Hauptleitungen	129			
7.3.2	Zählerplätze	130			

9.3	Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	187	11.10.1	Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	232
9.4	Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Bereichen	190	11.10.2	Differenzstrom-Schutzeinrichtungen	233
9.5	Elektrische Anlagen auf Baustellen	193	11.11	Besondere Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	234
9.6	Leuchtmittel für Innenräume	194	11.12	Prüfen der Schutzmaßnahmen	235
	Praxistipp: Umrüstung von Leuchtstofflampen auf LED	196	11.12.1	Prüfen durch Besichtigen	235
9.6.2	Niedervolt-Halogen-technik	197	11.12.2	Prüfen durch Erproben und Messen	235
	Praxistipp: Dimmen von LED-Leuchtmitteln	198	11.12.3	Prüfen durch Messen an Drehstromsystemen	236
9.6.3	LED-Beleuchtung	199	11.12.4	Prüfen von RCDs	238
9.7	Photovoltaikanlagen	200	11.12.5	Prüfen bei Kleinspannung und Schutztrennung	238
	Praxistipp: Komponenten einer Photovoltaikanlage auswählen	202	11.12.6	Isolationswiderstand Z_X in nicht leitender Umgebung	239
10	Messen in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln	204	11.12.7	Wiederkehrende Prüfungen	240
10.1	Messen und Prüfen	204		Praxistipp: Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden	241
10.2	Begriffe der Messtechnik	205	11.12.8	Prüfen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen	243
10.3	Analoge und digitale Anzeige	205	12	Schaltungen und Bauteile der Elektronik	245
10.4	Messwerke	206	12.1	Leiterplatten	245
10.5	Messfehler	206	12.1.1	Aufbau einer Leiterplatte	245
10.6	Messen von Stromstärke, Spannung und Widerstand	208	12.1.2	Herstellen von Leiterplatten	245
10.7	Messen mit Vielfach-Messinstrumenten ..	212		Praxistipp: Bau eines Durchgangsprüfers	246
10.8	Messkategorien, Messen nichtsinusförmiger Wechselgrößen	213	12.1.3	Bestücken der Leiterplatte	247
10.9	Messen der elektrischen Leistung	214	12.1.4	SMD-Technik	248
10.10	Messen der elektrischen Arbeit	215	12.2	Widerstände	249
	Praxistipp: Messen mit Vielfach-Messinstrumenten	217	12.2.1	Festwiderstände	249
10.11	Messen mit dem Oszilloskop	218	12.2.2	Einstellbare Widerstände	250
10.11.1	Inbetriebnahme eines digitalen Oszilloskops	218	12.2.3	Nichtlineare Widerstände	250
10.11.2	Messen von Spannungen	219	12.3	Kondensatoren	251
10.11.3	Messen der Frequenz	220	12.3.1	Kennwerte, Kennzeichnung und Abmessungen von Kondensatoren	252
10.11.4	Messen von Strömen	220	12.3.2	Prüfung von Kondensatoren	252
10.11.5	Messen der Phasenverschiebung	220	12.4	Halbleiterbauelemente	253
10.11.6	Kennlinienaufnahme mit dem Oszilloskop ..	221	12.4.1	Dioden	253
11	Schutzmaßnahmen	222	12.4.2	Gleichrichterschaltungen	254
11.1	Auswahl der Betriebsmittel	222	12.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	256
11.2	Schutz gegen elektrischen Schlag	223	12.4.4	Transistoren	257
11.3	Drehstromsysteme	224	12.4.5	Spannungsstabilisierungen	260
11.4	Anforderungen an den Basisschutz	225	12.4.6	Thyristoren	261
11.4.1	Basisschutz unter normalen Bedingungen ..	225	12.4.7	Triacs	262
11.4.2	Basisschutz unter besonderen Bedingungen ..	225	12.4.8	Diacs	263
11.5	Anforderungen an den Fehlerschutz	226	12.4.9	Kühlung von Halbleiterbauelementen	264
11.6	Schutz durch automatische Abschaltung im TN-, TT- und IT-System	227	12.4.10	Optoelektronische Bauelemente	265
11.6.1	TN-System	227	12.4.11	Integrierte Schaltungen (IC)	266
11.6.2	TT-System	228	13	Computertechnik	267
11.6.3	IT-System	228	13.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	267
11.7	Doppelte oder verstärkte Isolierung	230	13.2	Hardware für Personal-Computer (PCs) ..	268
11.8	Schutztrennung	230	13.2.1	Chipsatz eines PCs	268
11.9	Schutz durch Kleinspannung	231	13.2.2	Mainboard	269
11.10	Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	231	13.2.3	Mikroprozessor und Arbeitsspeicher	269
			13.2.4	Schnittstellen und Anschlüsse	270
			13.2.5	Peripheriegeräte	271
			13.3	Software für Personal-Computer	273

13.4 Computer-Netzwerke	274	16.2.2	Eigenschaften von Asynchronmotoren.	317
13.4.1 Netzwerkverbindung	274	16.2.3	Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer	319
13.4.2 Netzwerkeinstellungen	275	16.2.4	Polumschaltbare Asynchronmotoren	319
13.4.3 Netzwerkdrucker einrichten	276	16.2.5	Drehstrommotoren an Wechselspannung	321
13.4.4 Internetzugang einrichten	276		Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors	322
13.4.5 WLAN	277	16.2.6	Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren	323
Praxistipp: Lokales Netzwerk (LAN) installieren	278	16.3 Einphasenwechselstrommotoren		325
14 Elektrogeräte	279	16.3.1	Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer	325
14.1 Kleingeräte	279	16.3.2	Spaltpolmotoren	326
14.1.1 Trocken- und Dampfbügeleisen	279	16.3.3	Universalmotoren	326
14.1.2 Haartrockner und Handrührgeräte	280	16.4 Gleichstrommotoren		327
14.1.3 Funkenstörung bei Kleingeräten	281	16.4.1	Aufbau und Wirkungsweise	327
14.2 Elektrogroßgeräte	282	16.4.2	Fremderregter Motor	328
14.2.1 Elektroherd	282	16.4.3	Nebenschlussmotor	328
14.2.2 Mikrowellengerät	285	16.4.4	Reihenschlussmotor	328
14.2.3 Waschmaschinen	286	16.4.5	Doppelschlussmotor	329
14.2.4 Wäschetrockner	287	16.4.6	Drehzahlsteuerung und Drehrichtungs-umkehr bei Gleichstrommotoren	329
14.2.5 Geschirrspülmaschine	288	16.5 Servomotoren		330
14.2.6 Kühlgeräte	289	16.5.1	Gleichstromservomotoren	330
14.2.7 Geräte zur Warmwasserversorgung	290	16.5.2	Drehstromservomotoren	331
14.3 Elektrische Raumheizung	294	16.6 Wartung und Pflege von Elektromotoren .		332
15 Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten	298	16.7 Betriebsstörungen bei Gleichstrommotoren		334
15.1 Fehlerarten	298	16.8 Transformatoren		335
15.2 Fehlersuche in elektrischen Anlagen	299	16.8.1	Aufbau und Wirkungsweise	335
15.2.1 Mechanische Fehler	299	16.8.2	Bauarten von Transformatoren	335
15.2.2 Leiterunterbrechungen	299	16.8.3	Betriebsbedingungen von Transformatoren	336
15.2.3 Auffinden von Kurzschlüssen	300	16.8.4	Dimensionierung von Transformatoren	339
15.2.4 Auffinden von Körperschlüssen, Erdschlüssen und Leiterschlüssen	301	16.8.5	Drehstromtransformatoren	341
15.3 Fehlersuche in elektrischen Geräten	302	16.9 Wicklungen von Transformatoren und Elektromotoren		342
15.3.1 Systematische Fehlersuche	302	16.9.1	Wickeln und isolieren von Kleintransformatoren	342
15.3.2 Fehlerarten und Fehlerursachen in elektrischen Geräten	303	16.9.2	Sicherheitsprüfung von Kleintransformatoren	343
15.3.3 Fehlersuche am Beispiel einer Kochplatte .	303	16.9.3	Wicklungen von Gleichstrommaschinen . .	344
15.4 Instand setzen von Elektrogeräten	304	16.9.4	Wicklungen von Drehstrommaschinen	345
15.5 Prüfen von instand gesetzten Elektrogeräten	308	16.9.5	Herstellen von Wicklungen	345
15.5.1 Sichtprüfung	308	16.9.6	Isolieren von Wicklungen	345
15.5.2 Schutzleiterprüfung	308	16.9.7	Prüfen von Wicklungen	346
15.5.3 Messen des Isolationswiderstandes	309	17 Primärelemente und Sekundärelemente		348
15.5.4 Messen des Schutzleiterstromes und des Berührungstromes	309	17.1 Primärelemente (Trockenelemente)		348
15.5.5 Alternative Methode	310	17.2 Sekundärelemente		349
15.5.6 Funktionsprüfung	310	17.3 Ladetechniken von Akkumulatoren		351
Praxistipp: Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte	311	Lernsituation 1: Drehfeldrichtungsanzeiger		352
16 Elektrische Maschinen	312	Lernsituation 2: Elektroinstallation eines Hausanschlussraumes		354
16.1 Planung von Antrieben	312	Bildquellenverzeichnis		357
16.1.1 Eigenschaften von Motoren	312	Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch		358
16.1.2 Schutzarten von Motoren	313			
16.1.3 Betriebsarten	314			
16.2 Drehstrom-Asynchronmotoren	315			
16.2.1 Kurzschlussläufer-Motoren	315			



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.

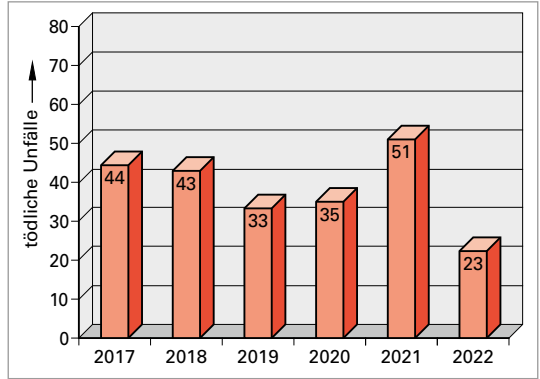


Bild 1: Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom

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).

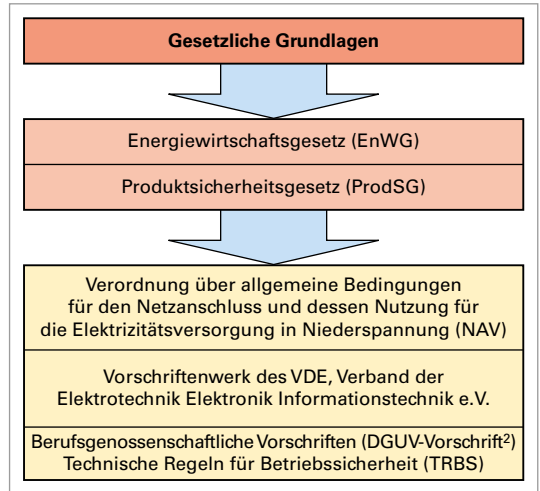


Bild 2: Gesetze und Vorschriften

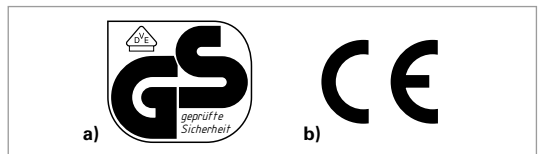


Bild 3: GS-Zeichen und CE-Zeichen

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.

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)

Beispiele:

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

Bundesministerium für Arbeit und Soziales

Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

Beispiele:

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

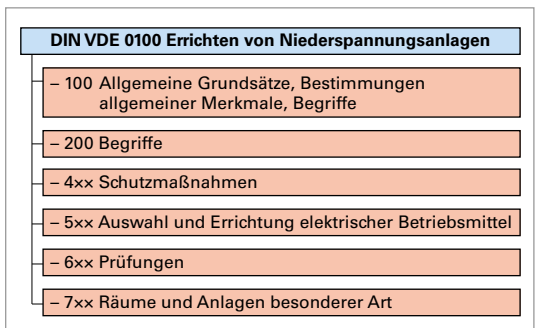


Bild: Gliederung der DIN VDE 0100 (Auszug)

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**).

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

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

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

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 Hoch entzündlich	F F+
	Umweltgefährlich	
	Giftig Sehr giftig	T T+
	Ätzend	C

Tabelle 2: Sicherheitszeichen

Form und Farbe	Bedeutung
	Verbot
	Gebot
	Warnung
	Rettung
	Brandschutz



Bild: a: Warnzeichen mit b: Zusatzzeichen



Auswahl von Sicherheitszeichen

(nach DIN EN ISO 7010)

Verbotsschilder



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

Gebotsschilder



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

5 Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder 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 Kurzschliesvorrichtungen sind immer zuerst mit der Erde und dann erst mit dem zu erdenden und kurzzuschlieenden Anlagenteil zu verbinden.

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

Da Erdungs- und Kurzschliesvorrichtungen (**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.

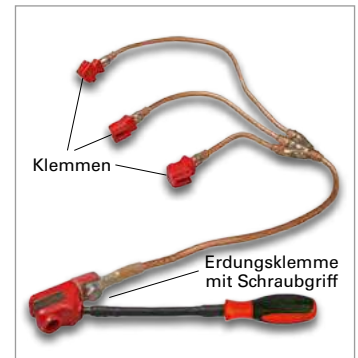


Bild 1: Erdungs- und Kurzschliesvorrichtung

⑤ Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken und abschrnken

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 Gummitchern 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 Sicherheitseinsätzen, 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,
- durchgescheuerte, poröse, geknickte oder angeschnittene Isolierung der Anschlussleitung.



Bild 1: Sicherheitswerkzeug

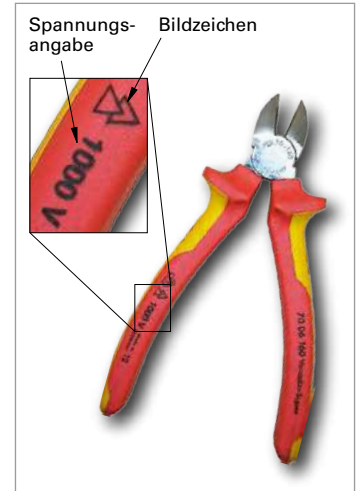


Bild 2: Bildzeichen und Spannungsangabe bei Sicherheitswerkzeugen



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

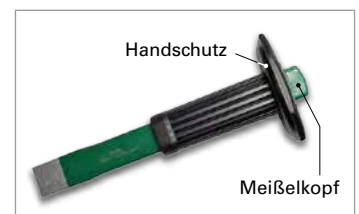


Bild 4: Meißel



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 Fuksäge

18 Spachtel

19 Gipsbecher

20 Meißelhammer

Werkzeugtasche

Kabelmesser

Bild: Inhalt einer Werkzeugtasche (Beispiel)

PRAXISTIPP: Ausstattung einer Werkzeugtasche