



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Praxis Elektrotechnik

14. 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 |
| Tkotz, Klaus | Kronach |

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Bernd Feustel

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Autoren und Firmen (Firmenverzeichnis Seite 334)

- 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

14. Auflage 2017

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-3486-1

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfoto: Heinrich Kopp AG, Elektrotechnik – Elektronik, 63796 Kahl

Druck: Dardedze Holografija, LV-1063 Riga (Lettland)

Wegweiser zur Praxis Elektrotechnik

● Allgemeines

| | |
|--|-----|
| Vorwort | 4 |
| Vorbemerkungen zu den Lernfeldern | 5 |
| Inhaltsverzeichnis (ausführlich) | 7 |
| Sachwortverzeichnis deutsch – englisch | 335 |

Kapitelnummer und Symbole

● Inhaltsverzeichnis (Kurzform)

| | |
|--|-----|
| 1 Unfall- und Arbeitssicherheit | 11 |
| 2 Isolierte Leitungen und Kabel | 21 |
| 3 Verlegen von Leitungen und Kabeln | 31 |
| 4 Verbindungstechnik | 49 |
| 5 Überlastschutz und Kurzschlusschutz | 61 |
| 6 Bauteile und Schaltungen der Energietechnik | 78 |
| 7 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden | 116 |
| 8 Blitzschutz | 157 |
| 9 Sonderinstallationen | 162 |
| 10 Messen in elektrischen Anlagen und an Betriebsmitteln | 182 |
| 11 Schutzmaßnahmen | 201 |
| 12 Schaltungen und Bauteile der Elektronik | 222 |
| 13 Computertechnik | 246 |
| 14 Elektrogeräte | 258 |
| 15 Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten .. | 276 |
| 16 Elektrische Maschinen | 290 |
| 17 Primär- und Sekundärelemente | 325 |
| 18 Projektbearbeitung | 328 |

● Praxistipps

| | |
|--|-----|
| • Schutzabstände zu spannungsführenden Teilen | 20 |
| • Trennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen | 46 |
| • Leitungsdimensionierung | 73 |
| • Stromlaufpläne lesen | 103 |
| • Planen eines Zählerschranks | 122 |
| • Ausstattungsumfang in Wohngebäuden | 129 |
| • Umstellung vom analogen zum digitalen Sat-Empfang | 146 |
| • Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern | 151 |
| • Komponenten einer Photovoltaikanlage auswählen | 180 |
| • Messen von Strom und Spannung | 196 |
| • Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden | 220 |
| • Lokales Netzwerk (LAN) installieren | 257 |
| • Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte | 289 |
| • Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors | 300 |

- 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 14. Auflage wurde gründlich überarbeitet (siehe Mind-Map-Bild). Bewährt haben sich die Praxistipps zur Unterstützung der beruflichen Tätigkeit, z.B. Leitungsdimensionierung oder Planen eines Zählerschrankes (Übersicht Praxistipps, Seite 3).

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

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

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

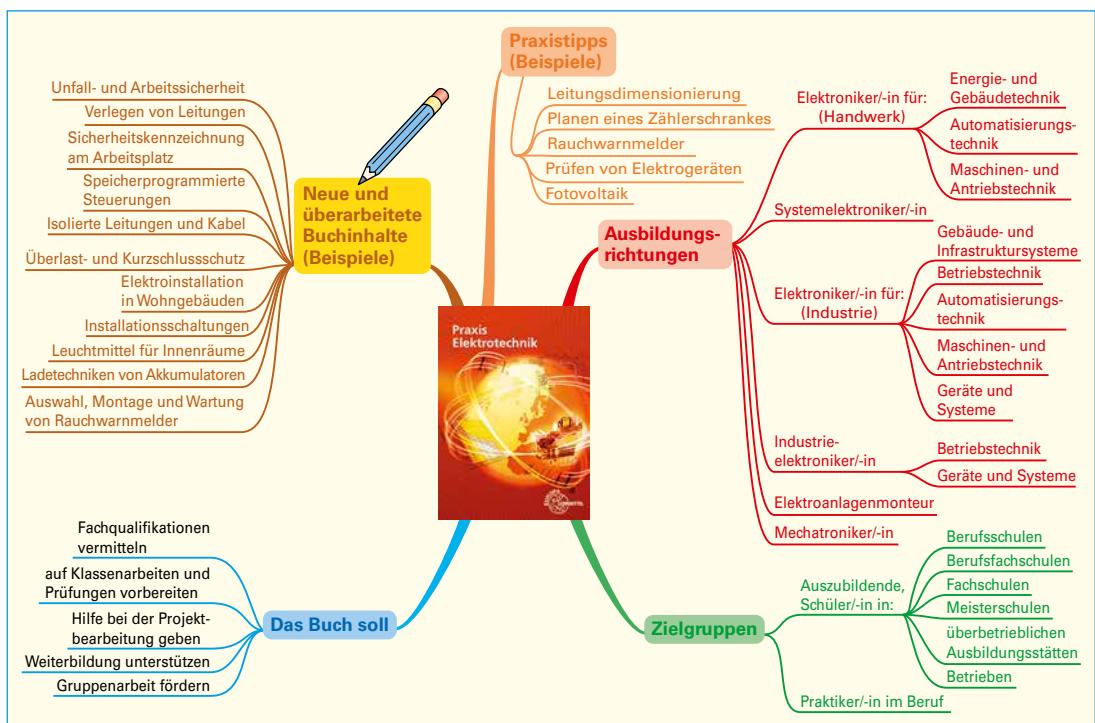
Weitere Bücher der Fachbuchreihe zur Vertiefung

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



Alle Normen nach dem neuesten Stand, z.B.

- Betrieb elektrischer Anlagen, wiederkehrende Prüfungen (DIN VDE 0105, Teil 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 Studententafeln. Diese organisatorischen Maßnahmen werden durch das jeweilige Bundesland getroffen.



Rahmenlehrpläne enthalten:

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

Lernfelder beschreiben:

- Lernziele
- Lerninhalte
- Zeitrichtwerte

Lernfeldbearbeitung erfordert:

- Projektbearbeitung (Seite 328)
- Lernsituationen (Seite 329)

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 329**.
- Lernfeld 2: Elektrische Installationen planen und ausführen, **Seite 331**.

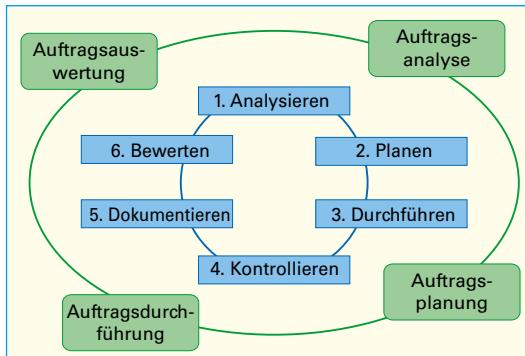


Bild: Arbeitsschritte einer Projektbearbeitung

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 78 • Verbindungstechnik 49 • Messverfahren, Messen und Prüfen 182 • Elektronische Bauelemente 222 |
| | 2 | x | x | x | x | • Elektrische Installationen planen und ausführen | <ul style="list-style-type: none"> • Verlegen von Leitungen und Kabeln 31 • Leitungen und Kabel 21 • Installationsschaltungen 95 • Leitungsdimensionierung 70 • Schutzmaßnahmen 201 |
| | 3 | x | x | x | x | • Steuerungen analysieren und ausführen | <ul style="list-style-type: none"> • Verbindungsprogrammierte Steuerungen 99 • Speicherprogrammierbare Steuerungen 108 • Aktoren, Sensoren 88, 108 • Ausführungen von Steuer- und Meldestromkreisen 99 • Schutzeinrichtungen 61 |
| | 4 | x | x | x | x | • Informationstechnische Systeme bereitstellen | <ul style="list-style-type: none"> • Zweiadr Bus-Sprechanlagen 133 • ISDN-Anlagen, DSL-Anlage 136, 138 • Computertechnik 246 |

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)

Vorbemerkungen zu den Lernfeldern

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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | | | | | | | |

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 | 4 | Verbindungstechnik | 49 |
| 1.1 | Elektrische Energie und ihre Gefahren | 11 | 4.1 | Zurichten isolierter Leitungen | 49 |
| 1.1.1 | Energiewirtschaftsgesetz | 11 | 4.2 | Schraubverbindungen | 50 |
| 1.1.2 | Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) | 11 | 4.2.1 | Arten von Schraubverbindungen | 50 |
| 1.1.3 | Unfallverhütung | 12 | 4.2.2 | Schrauben, Muttern, Schraubenprofile und Schraubensicherungen | 50 |
| 1.1.4 | VDE-Vorschriftenwerk | 12 | 4.2.3 | Lösen festsitzender Schraubverbindungen | 51 |
| 1.2 | Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz | 13 | 4.2.4 | Biegen von Ösen | 52 |
| 1.2.1 | Gefahrstoffkennzeichnung | 13 | 4.3 | Lötfreie Verbindungstechniken | 53 |
| 1.2.2 | Sicherheitszeichen | 13 | 4.3.1 | Crimpen | 53 |
| 1.3 | Die fünf Sicherheitsregeln | 15 | 4.3.2 | Schneidklemmtechnik | 54 |
| 1.4 | Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen | 17 | 4.3.3 | Termi-Point-Verbindung | 54 |
| 1.4.1 | Sicherheit beim Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Anlagen- teilen | 17 | 4.3.4 | Wire-Wrap-Verbindung | 54 |
| 1.4.2 | Sicherheit beim Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen | 17 | 4.3.5 | Klemmenverbindungen | 55 |
| 1.4.3 | Sicherer Umgang mit Werkzeug und Gerät | 18 | 4.4 | Weichlöten | 57 |
| 1.4.4 | Schutzkleidung, Schutzausrüstung | 19 | | | |
| | Praxistipp: Schutzabstände zu spannungs- führenden Teilen | 20 | | | |
| 2 | Isolierte Leitungen und Kabel | 21 | 5 | Überlastschutz und Kurzschluss- schutz | 61 |
| 2.1 | Aufbau und Anforderungen an isolierte Leitungen und Kabel | 21 | 5.1 | Schmelzsicherungen | 61 |
| 2.2 | Leitungen | 23 | 5.1.1 | Schraubsicherungssysteme | 61 |
| 2.3 | Kabel | 28 | 5.1.2 | NH-Sicherungssystem | 63 |
| 3 | Verlegen von Leitungen und Kabeln | 31 | 5.1.3 | Betriebsklassen von Niederspannungs- sicherungen | 64 |
| 3.1 | Grundsätze der Leitungsverlegung | 31 | 5.1.4 | Geräteschutzsicherungen | 64 |
| 3.2 | Die klassischen Verlegearten | 31 | 5.2 | Leitungsschutzschalter | 65 |
| 3.2.1 | Leitungsverlegung auf Putz | 31 | 5.3 | Überlastschutz von Asynchronmotoren | 67 |
| 3.2.2 | Leitungsverlegung im Putz | 35 | 5.3.1 | Motorschutzschalter | 67 |
| 3.2.3 | Leitungsverlegung unter Putz | 36 | 5.3.2 | Thermisches Überlastrelais | 68 |
| 3.2.4 | Leitungsverlegung in Installationsrohren | 37 | 5.3.3 | Motorschutz durch Thermistoren | 69 |
| 3.3 | Elektroinstallation im Fertigbau | 39 | 5.4 | Überstromschutz von fest verlegten Kabeln und isolierten Leitungen | 70 |
| 3.3.1 | Leitungsverlegung im Beton | 39 | 5.4.1 | Strombelastbarkeit von fest verlegten Kabeln und Leitungen | 70 |
| 3.3.2 | Leitungsverlegung in Hohlwänden | 40 | 5.4.2 | Zuordnung von Überstrom-Schutz- einrichtungen | 72 |
| 3.4 | Leitungsverlegung in Installationskanälen | 41 | Praxistipp: Leitungsdimensionierung | 73 | |
| 3.4.1 | Verlegung in Leitungskanälen | 41 | 5.4.3 | Überlastschutz von Kabeln und isolierten Leitungen | 75 |
| 3.4.2 | Verlegung in Geräteeinbaukanälen | 42 | 5.4.4 | Kurzschlusschutz von Kabeln und isolierten Leitungen | 75 |
| 3.4.3 | Verlegung in Sockelleistenkanälen | 43 | 5.5 | Oberschwingungen | 77 |
| 3.4.4 | Verlegung in Aufbodenkanälen | 43 | | | |
| 3.5 | Unterflur-Installationssysteme | 43 | | | |
| 3.5.1 | Estrichüberdecktes Kanalsystem | 44 | | | |
| 3.5.2 | Estrichbündiges Kanalsystem | 44 | | | |
| 3.5.3 | Imbeton-Kanalsystem | 44 | | | |
| 3.5.4 | Doppelboden-System | 44 | | | |
| 3.6 | Brandschottung in elektrischen Anlagen | 45 | | | |
| 3.7 | Verlegung auf Kabeltragegestellen | 45 | | | |
| | Praxistipp: Mindesttrennstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen | 46 | | | |
| 3.8 | Verlegung im Erdreich | 47 | | | |
| 3.9 | Verlegen von Freileitungen | 48 | | | |
| 6 | Bauteile und Schaltungen der Energietechnik | 78 | | | |
| 6.1 | Technische Unterlagen | 78 | | | |
| 6.1.1 | Betriebsmittelkennzeichnung | 78 | | | |
| 6.1.2 | Schaltungsunterlagen | 78 | | | |
| 6.2 | Stecksysteme | 80 | | | |
| 6.2.1 | Zweipolare Steckvorrichtungen mit und ohne Schutzkontakt | 80 | | | |
| 6.2.2 | Herstellen einer Schutzkontakte- Verlängerungsleitung | 82 | | | |
| 6.2.3 | Perilex-Steckvorrichtungen | 82 | | | |
| 6.2.4 | Kragensteckvorrichtungen | 83 | | | |
| 6.3 | Befehls- und Meldegeräte | 85 | | | |
| 6.3.1 | Schalter und Taster | 85 | | | |
| 6.3.2 | Installationsschalter | 86 | | | |
| 6.3.3 | Drucktaster und Leuchtmelder | 87 | | | |

| | | | | | |
|--------------|---|-----|--|--|-----|
| 6.3.4 | Positionsschalter | 87 | 7.3.4 | Stromkreisverteiler..... | 121 |
| 6.3.5 | Näherungsschalter..... | 88 | Praxistipp: Planen eines Zählerschrances. | 122 | |
| 6.3.6 | Schalter für Maschinen und Anlagen | 89 | 7.4 | Wohnungsinstallation | 124 |
| 6.4 | Elektromagnetische Schalter | 90 | 7.4.1 | Elektroinstallation im Wohnbereich..... | 124 |
| 6.4.1 | Relais | 90 | 7.4.2 | Elektroinstallation in der Küche | 125 |
| 6.4.2 | Zeitrelais | 92 | 7.4.3 | Installationsformen | 126 |
| 6.4.3 | Schütze | 93 | 7.4.4 | Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche | 127 |
| 6.5 | Installationsschaltungen | 95 | Praxistipp: Ausstattungsumfang in Wohngebäuden | 129 | |
| 6.5.1 | Installationsschaltungen mit Schaltern | 95 | 7.5 | Telekommunikationsanlagen | 131 |
| 6.5.2 | Beleuchtung und Betriebszustands- anzeige bei Installationsschaltern | 96 | 7.5.1 | Hausrufanlagen | 131 |
| 6.5.3 | Installationsschaltungen mit elektro- magnetischen Schaltern | 97 | 7.5.2 | Haussprechanlagen | 131 |
| 6.5.4 | Bewegungsmelder..... | 98 | 7.5.3 | Errichten von Telekommunikationsanlagen.... | 134 |
| 6.5.5 | Netzfreeschalter..... | 98 | 7.5.4 | Analoge Telekommunikationsanlagen ... | 135 |
| 6.6 | Steuer- und Meldestromkreise mit Relais oder Schütz | 99 | 7.5.5 | Digitale Telekommunikationsanlagen ... | 136 |
| 6.6.1 | Betriebsbedingungen und Ausführung von Steuer- und Meldestromkreisen | 99 | 7.5.6 | DSL-Technologie | 137 |
| 6.6.2 | Grundschaltungen mit Schützen | 101 | 7.5.7 | All-IP-Anschluss | 138 |
| 6.6.3 | Folge- und Verriegelungsschaltung..... | 101 | 7.6 | Antennen und Empfangsanlagen | 139 |
| 6.6.4 | Stern-Dreieck-Schaltung | 102 | 7.6.1 | Antennenanlagen für terrestrischen Empfang | 139 |
| | Praxistipp: Stromlaufpläne lesen | 103 | 7.6.2 | Satelliten-Empfangsanlagen | 142 |
| 6.6.5 | Dahlanderschaltung | 104 | 7.6.3 | Digitale terrestrische Empfangsanlagen .. | 144 |
| 6.6.6 | Klemmenplan | 105 | 7.6.4 | Breitband-Kommunikationsanlagen (BK-Anlagen) | 145 |
| 6.7 | Kleinsteuerungen | 106 | Praxistipp: Baugruppen und Anforde- rungen zum digitalen Sat-Empfang | 146 | |
| 6.7.1 | Aufbau, Einbau und Anschluss..... | 106 | 7.7 | Gefahrenmeldeanlagen | 147 |
| 6.7.2 | Programmierung | 107 | 7.7.1 | Einbruchmeldeanlagen | 147 |
| 6.8 | Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) | 108 | 7.7.2 | Brandmeldeanlagen | 150 |
| 6.8.1 | Aufbau einer SPS..... | 108 | Praxistipp: Auswahl, Montage und Wartung von Rauchwarnmeldern..... | 151 | |
| 6.8.2 | Anschluss einer SPS | 108 | 7.8 | Gebäudesystemtechnik | 152 |
| 6.8.3 | Arbeitsweise einer speicherprogrammier- baren Steuerung..... | 109 | 7.8.1 | KNX-System | 152 |
| 6.8.4 | Programmierung einer speicher- programmierbaren Steuerung | 109 | 7.8.2 | KNX-Powernet | 155 |
| 6.8.5 | Sicherheitstechnische Anforderungen an speicherprogrammierbare Steuerungen (DIN VDE 0113) | 110 | 8 | Blitzschutz | 157 |
| 6.8.6 | Strukturierte Programmierung..... | 111 | 8.1 | Äußerer Blitzschutz | 157 |
| 6.8.7 | Anwendungsbeispiel | 112 | 8.2 | Innerer Blitzschutz | 159 |
| 6.8.8 | Bibliotheksfähige Bausteine | 114 | 8.3 | Trennungsabstand | 161 |
| 7 | Elektrische Anlagen in Wohn- gebäuden | 116 | 8.4 | Prüfen der Blitzschutzsysteme | 161 |
| 7.1 | Hausanschluss | 116 | 9 | Sonderinstallationen | 162 |
| 7.1.1 | Kabelanschluss..... | 116 | 9.1 | Elektroinstallation in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten | 162 |
| 7.1.2 | Hausanschlussraum..... | 116 | 9.2 | Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten | 164 |
| 7.1.3 | Hausanschlusswand | 117 | 9.3 | Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen | 165 |
| 7.1.4 | Hausanschlussnische..... | 117 | 9.4 | Elektroinstallation in explosions- gefährdeten Bereichen | 168 |
| 7.2 | Schutzzpotenzialausgleich in Wohngebäuden | 117 | 9.5 | Elektrische Anlagen auf Baustellen | 171 |
| 7.2.1 | Fundamenterde | 118 | 9.6 | Leuchtmittel für Innenräume | 172 |
| 7.2.2 | Ausführung des Schutzzpotenzial- ausgleichs | 118 | 9.6.1 | Schaltungen von Leuchtstofflampen | 174 |
| 7.3 | Hauptstromversorgungssysteme | 119 | 9.6.2 | Niedervolt-Halogentechnik | 175 |
| 7.3.1 | Hauptleitungen | 119 | 9.6.3 | LED-Beleuchtung | 177 |
| 7.3.2 | Zählerplätze | 120 | 9.7 | Fotovoltaikanlagen | 178 |
| 7.3.3 | Steuerleitungen | 121 | | | |

| | | |
|---|---|------------|
| Praxistipp: Komponenten einer Photovoltaikanlage auswählen | 180 | |
| 10 | Messen in elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln | 182 |
| 10.1 | Messen und Prüfen | 182 |
| 10.2 | Begriffe der Messtechnik | 183 |
| 10.3 | Analoge und digitale Anzeige | 183 |
| 10.4 | Messwerke | 184 |
| 10.5 | Messfehler | 184 |
| 10.6 | Messen von Stromstärke, Spannung und Widerstand | 186 |
| 10.7 | Messen mit Vielfach-Messinstrumenten | 191 |
| 10.8 | Messkategorien, Messen nichtsinusförmiger Wechselgrößen | 192 |
| 10.9 | Messen der elektrischen Leistung | 193 |
| 10.10 | Messen der elektrischen Arbeit | 194 |
| | Praxistipp: Messen von Strom und Spannung | 196 |
| 10.11 | Messen mit dem Elektronenstrahl-Oszilloskop | 197 |
| 10.11.1 | Inbetriebnahme des Elektronenstrahl-Oszilloskops | 197 |
| 10.11.2 | Spannungsmessungen | 198 |
| 10.11.3 | Messen der Frequenz und der Zeit | 199 |
| 10.11.4 | Messen von Strömen | 199 |
| 10.11.5 | Messen der Phasenverschiebung | 199 |
| 10.11.6 | Kennlinienaufnahme | 200 |
| 11 | Schutzmaßnahmen | 201 |
| 11.1 | Auswahl der Betriebsmittel | 201 |
| 11.2 | Schutz gegen elektrischen Schlag | 202 |
| 11.3 | Drehstromsysteme | 203 |
| 11.4 | Anforderungen an den Basisschutz | 204 |
| 11.4.1 | Basisschutz unter normalen Bedingungen | 204 |
| 11.4.2 | Basisschutz unter besonderen Bedingungen | 204 |
| 11.5 | Anforderungen an den Fehlerschutz | 205 |
| 11.6 | Schutz durch automatische Abschaltung im TN-, TT- und IT-System | 206 |
| 11.6.1 | TN-System | 206 |
| 11.6.2 | TT-System | 207 |
| 11.6.3 | IT-System | 207 |
| 11.7 | Doppelte oder verstärkte Isolierung | 209 |
| 11.8 | Schutztrennung | 209 |
| 11.9 | Schutz durch Kleinspannung | 210 |
| 11.10 | Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) | 210 |
| 11.10.1 | Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) | 211 |
| 11.10.2 | Differenzstrom-Schutzeinrichtungen | 212 |
| 11.11 | Besondere Schutzberehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden | 213 |
| 11.12 | Prüfen der Schutzmaßnahmen | 214 |
| 11.12.1 | Prüfen durch Besichtigen | 214 |
| 11.12.2 | Prüfen durch Erproben und Messen | 214 |
| 11.12.3 | Prüfen durch Messen an Drehstromsystemen | 215 |
| 11.12.4 | Prüfen von RCDs | 217 |
| 11.12.5 | Prüfen bei Kleinspannung und Schutztrennung | 217 |
| 11.12.6 | Isolationswiderstand in nicht leitender Umgebung | 218 |
| 11.12.7 | Wiederkehrende Prüfungen | 219 |
| | Praxistipp: Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen in Wohngebäuden | 220 |
| 12 | Schaltungen und Bauteile der Elektronik | 222 |
| 12.1 | Gedruckte Schaltungen | 222 |
| 12.1.1 | Aufbau der Leiterplatte | 222 |
| 12.1.2 | Herstellen gedruckter Schaltungen | 222 |
| 12.1.3 | Erstellen einer Leiterplatte am Beispiel eines Durchgangsprüfers | 223 |
| 12.1.4 | Zurichten elektronischer Bauelemente | 224 |
| 12.1.5 | SMD-Technik | 225 |
| 12.2 | Widerstände | 227 |
| 12.2.1 | Festwiderstände | 227 |
| 12.2.2 | Einstellbare Widerstände | 228 |
| 12.2.3 | Nichtlineare Widerstände | 228 |
| 12.2.4 | Prüfen von Widerständen | 229 |
| 12.3 | Kondensatoren | 229 |
| 12.3.1 | Kennzeichnung und Abmessungen von Kondensatoren | 230 |
| 12.3.2 | Prüfen von Kondensatoren | 230 |
| 12.4 | Halbleiterbauelemente | 231 |
| 12.4.1 | Dioden | 231 |
| 12.4.2 | Gleichrichterschaltungen | 232 |
| 12.4.3 | Z-Dioden (Begrenzerdioden) | 234 |
| 12.4.4 | Transistoren | 235 |
| 12.4.5 | Spannungsstabilisierungen | 239 |
| 12.4.6 | Thyristoren | 240 |
| 12.4.7 | Triacs | 241 |
| 12.4.8 | Diac | 242 |
| 12.4.9 | Kühlung von Halbleiterbauelementen | 243 |
| 12.4.10 | Optoelektronische Bauelemente | 244 |
| 12.4.11 | Integrierte Schaltungen (IC) | 245 |
| 13 | Computertechnik | 246 |
| 13.1 | Bestandteile und Funktionsweise eines Computers | 246 |
| 13.2 | Hardware für Personal-Computer (PC) | 247 |
| 13.2.1 | Chipsatz eines PC | 247 |
| 13.2.2 | Mainboard | 248 |
| 13.2.3 | Mikroprozessor und Arbeitsspeicher | 248 |
| 13.2.4 | Schnittstellen und Anschlüsse | 249 |
| 13.2.5 | Peripherie | 250 |
| 13.3 | Software für Personal-Computer | 252 |
| 13.4 | Computer-Netzwerke | 253 |
| 13.4.1 | Netzwerkverbindung | 253 |
| 13.4.2 | Netzwerkeinstellungen | 254 |
| 13.4.3 | Netzwerkdrucker einrichten | 255 |
| 13.4.4 | Internetzugang einrichten | 255 |
| 13.4.5 | WLAN | 256 |
| | Praxistipp: Lokales Netzwerk (LAN) installieren | 257 |

| | | | | | |
|-------------|---|------------|---|---|------------|
| 14 | Elektrogeräte | 258 | Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors | 300 | |
| 14.1 | Kleingeräte | 258 | 16.2.6 | Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren | 301 |
| 14.1.1 | Elektrowärmegeräte | 258 | 16.3 | Einphasenwechselstrommotoren | 303 |
| 14.1.2 | Geräte mit elektromotorischem Antrieb | 260 | 16.3.1 | Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer | 303 |
| 14.1.3 | Funkentstörung bei Kleingeräten | 261 | 16.3.2 | Spaltpolmotoren | 304 |
| 14.2 | Großgeräte | 262 | 16.3.3 | Universalmotoren | 304 |
| 14.2.1 | Elektroherd | 262 | 16.4 | Gleichstrommotoren | 305 |
| 14.2.2 | Mikrowellengerät | 265 | 16.4.1 | Aufbau und Wirkungsweise | 305 |
| 14.2.3 | Waschmaschinen | 266 | 16.4.2 | Fremderregter Motor | 306 |
| 14.2.4 | Wäschetrockner | 267 | 16.4.3 | Nebenschlussmotor | 306 |
| 14.2.5 | Geräte zur Warmwasserversorgung | 268 | 16.4.4 | Reihenschlussmotor | 306 |
| 14.3 | Elektrische Raumheizung | 272 | 16.4.5 | Doppelschlussmotor | 307 |
| 15 | Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten | 276 | 16.4.6 | Drehzahlsteuerung und Drehrichtungs-umkehr bei Gleichstrommotoren | 307 |
| 15.1 | Fehlerarten | 276 | 16.5 | Servomotoren | 308 |
| 15.2 | Fehlersuche in elektrischen Anlagen | 277 | 16.5.1 | Gleichstromservomotoren | 308 |
| 15.2.1 | Mechanische Fehler | 277 | 16.5.2 | Drehstromservomotoren | 309 |
| 15.2.2 | Leiterunterbrechungen | 277 | 16.6 | Wartung und Pflege von Elektromotoren | 310 |
| 15.2.3 | Auffinden von Kurzschläßen | 278 | 16.7 | Betriebsstörungen bei Gleichstrom-motoren | 312 |
| 15.2.4 | Auffinden von Körperschlüssen, Erdschlüssen und Leiterschlüssen | 279 | 16.8 | Transformatoren | 313 |
| 15.3 | Fehlersuche in elektrischen Geräten | 280 | 16.8.1 | Aufbau und Wirkungsweise | 313 |
| 15.3.1 | Systematische Fehlersuche | 280 | 16.8.2 | Bauarten von Transformatoren | 313 |
| 15.3.2 | Fehlerarten und Fehlerursachen in elektrischen Geräten | 281 | 16.8.3 | Betriebsbedingungen von Transformatoren | 314 |
| 15.3.3 | Fehlersuche am Beispiel einer Kochplatte | 281 | 16.8.4 | Dimensionierung von Transformatoren | 317 |
| 15.4 | Instand setzen von Elektrogeräten | 282 | 16.8.5 | Drehstromtransformatoren | 319 |
| 15.5 | Prüfen von instand gesetzten Elektrogeräten | 286 | 16.9 | Wicklungen von Transformatoren und Elektromotoren | 320 |
| 15.5.1 | Sichtprüfung | 286 | 16.9.1 | Wickeln, isolieren und prüfen von Kleintransformatoren | 320 |
| 15.5.2 | Schutzleiterprüfung | 286 | 16.9.2 | Wicklungen von Gleichstrommaschinen | 321 |
| 15.5.3 | Messen des Isolationswiderstandes | 287 | 16.9.3 | Wicklungen von Drehstrommaschinen | 322 |
| 15.5.4 | Messen des Schutzleiterstromes und des Berührungsstromes | 287 | 16.9.4 | Herstellen von Wicklungen | 322 |
| 15.5.5 | Ersatz-Ableitstrommessung | 288 | 16.9.5 | Isolieren von Wicklungen | 322 |
| 15.5.6 | Funktionsprüfung | 288 | 16.9.6 | Prüfen von Wicklungen | 323 |
| | Praxistipp: Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte | 289 | | | |
| 16 | Elektrische Maschinen | 290 | 17 | Primärelemente und Sekundär-elemente | 325 |
| 16.1 | Planung von Antrieben | 290 | 17.1 | Primärelemente (Trockenelemente) | 325 |
| 16.1.1 | Eigenschaften von Motoren | 290 | 17.2 | Sekundärelemente | 326 |
| 16.1.2 | Schutzzarten von Motoren | 291 | 17.3 | Ladetechniken von Akkumulatoren | 327 |
| 16.1.3 | Betriebsarten | 292 | | | |
| 16.2 | Drehstrom-Asynchronmotoren | 293 | 18 | Projektbearbeitung | 328 |
| 16.2.1 | Kurzschlussläufer-Motoren | 293 | Lernsituation 1: Drehfeldrichtungsanzeiger | 329 | |
| 16.2.2 | Eigenschaften von Asynchronmotoren | 295 | Lernsituation 2: Elektroinstallation eines Hausanschlussraumes | 331 | |
| 16.2.3 | Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer | 297 | | | |
| 16.2.4 | Polumschaltbare Asynchronmotoren | 297 | Firmenverzeichnis | 334 | |
| 16.2.5 | Drehstrommotoren an Wechselspannung | 299 | Sachwortverzeichnis Deutsch – Englisch | 335 | |



1 Unfall- und Arbeitssicherheit

1.1 Elektrische Energie und ihre Gefahren

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

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

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

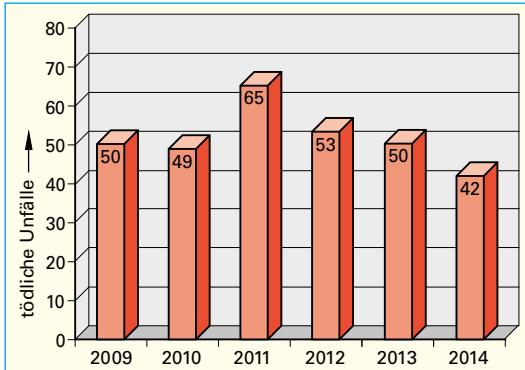


Bild 1: Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom

1.1.1 Energiewirtschaftsgesetz

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

1.1.2 Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)

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

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

In den Ländern der Europäischen Union (EU) müssen alle in Verkehr gebrachten und in Betrieb genommenen Maschinen den Europäischen Maschinenrichtlinien entsprechen und das CE-Zeichen¹ tragen (**Bild 3b**).

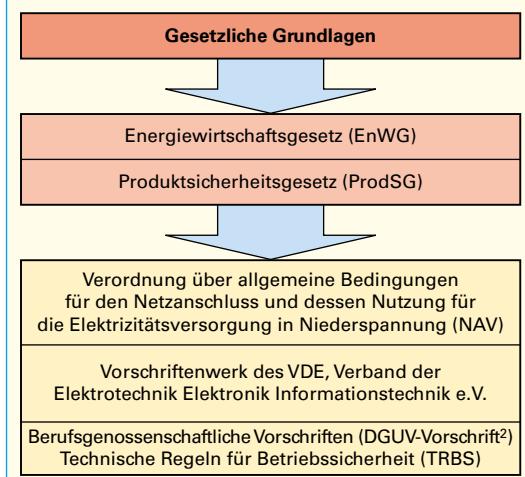


Bild 2: Gesetze und Vorschriften

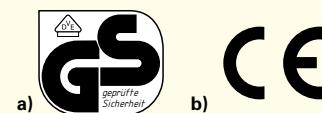


Bild 3: GS-Zeichen und CE-Zeichen

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 AVBEltV.

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, Teil 200 werden Personen in folgende Gruppen eingeteilt.

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

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

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

Berufsgenossenschaften

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

Bundesministerium für Arbeit und Soziales

Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

Beispiele:

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

Beispiele:

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

DIN VDE 0100 Errichten von Niederspannungsanlagen

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

Bild: Gliederung der DIN VDE 0100 (Auszug)

Tabelle: Beispiele für VDE-Prüfzeichen

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



1.2 Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz

1.2.1 Gefahrstoffkennzeichnung

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

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

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

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

Um das gesundheitliche Risiko beim Umgang mit Gefahrgut einzuschränken wurde der **Arbeitsplatzgrenzwert** (AGW) festgelegt. Er gibt die durchschnittliche Konzentration eines Arbeitsstoffes in der Luft am Arbeitsplatz an, bei der eine akute oder chronische Schädigung der Gesundheit der Beschäftigten nicht zu erwarten ist. Dabei geht man von einer täglich achtstündigen Einwirkdauer an fünf Tagen der Woche aus. Der Arbeitsplatzgrenzwert ersetzt die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) und wird in ml/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 Verbots-, Gebots-, Warn-, Rettungs- oder Brandschutzzeichen handelt (**Tabelle 2**).

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

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

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

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

Tabelle 1: Gefahrensymbole

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

Tabelle 2: Sicherheitszeichen

| Form und Farbe | Bedeutung |
|----------------|-------------|
| | Verbot |
| | Gebot |
| | Warnung |
| | Rettung |
| | Brandschutz |



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

b) **Zusatzzeichen**

Bild: a: Warnzeichen mit
b: Zusatzzeichen

**Auswahl von Sicherheitszeichen**

(nach DIN EN ISO 7010)

Verbotszeichen

Zutritt für Unbefugte verboten



Für Flurförderzeuge verboten



Keine offene Flamme, Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten



Mit Wasser löschen verboten



Berühren verboten



Rauchen verboten



Für Fußgänger verboten



Kein Trinkwasser



Schalten verboten



Abstellen oder Lagern verboten

Gebotszeichen

Augenschutz benutzen



Kopfschutz benutzen



Gehörschutz benutzen



Atemschutz benutzen



Fußschutz benutzen



Handschutz benutzen



Schutzkleidung benutzen



Gesichtsschutz benutzen



Netzstecker ziehen



Vor Wartung oder Reparatur freischalten

Warnzeichen

Allgemeines Warnzeichen



Warnung vor optischer Strahlung



Warnung vor Gasflaschen



Warnung vor Rutschgefahr



Warnung vor Handverletzungen



Warnung vor feuergefährlichen Stoffen



Warnung vor explosionsgefährlichen Stoffen



Warnung vor giftigen Stoffen



Warnung vor ätzenden Stoffen



Warnung vor radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung



Warnung vor 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



Augenspülleinrichtung



Arzt

Brandschutzzeichen

Löscheschlauch



Feuerleiter



Feuerlöscher



Brandmeldetelefon



Mittel und Geräte zur Brandbekämpfung



1.3 Die fünf Sicherheitsregeln

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

① Freischalten

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

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

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

② Gegen Wiedereinschalten sichern

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

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

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

③ Spannungsfreiheit feststellen

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

Über unbekannte oder nicht beachtete Messleitungen, nicht abgeschaltete Geräte, mechanisch blockierte Schalter- oder Schützkontakte sowie über Ersatzstromversorgungsanlagen kann Rückspannung an die Arbeitsstelle gelangen und zu Unfällen führen. Die Spannungsfreiheit muss deshalb allpolig, zwischen allen Außenleitern L1–L3, dem Neutralleiter N und dem Schutzeleiter 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
- Erdeln und kurzschließen
- Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken



Bild 1: Die 5 Sicherheitsregeln



Bild 2: Elektrofachkraft beim Ziehen eines NH-Sicherungseinsatzes



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

Bild 3: Verbotszeichen „Schalten verboten“ mit Zusatzzeichen



Bild 4: Überprüfen der Spannungsfreiheit mit einem zweipoligen Spannungsprüfer



④ Erden und Kurzschließen

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

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

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

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



Bild 1: Erdungsanschluss an einer Freileitung

⑤ Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken und abschranken

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



Bild 2: Abdecken spannungsführender Teile

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.

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

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

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

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

Wiederholungsfragen

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



1.4 Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen

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

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

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

Tabelle 1: Schutzabstände (nach DIN VDE 0105)

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

Gefahrenzone und Annäherungszone: [Seite 20](#)

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

1.4.2 Sicherheit beim Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen

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

Daher sind Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagenteilen nur in besonderen Ausnahmefällen zulässig (DIN VDE 0105, Teil 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 eines Bildzeichens auf der Isolation. Im Zuge der Harmonisierung innerhalb der Europäischen Union wurde das Zeichen des Isolators mit der Spannungsangabe 1000 V (**Bild 2a**) durch ein Doppeldreieck mit der Spannungsangabe 1000 V (**Bild 2b**) abgelöst. Außer dem Bildzeichen sind als zusätzliche Angaben das Herstellungsjahr (mindestens die beiden letzten Ziffern des Jahres) sowie ein Typenkurzzeichen und ein Herkunftszeichen erforderlich.

Sicherheitswerkzeuge bieten erhöhten Berührungsschutz.



Bild 1: Sicherheitswerkzeug

1.4.3 Sicherer Umgang mit Werkzeug und Gerät

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

Gute und sichere Arbeit erfordert einwandfreies und zweckmäßiges Werkzeug.

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

Eine vorbeugende Instandhaltung sollte auch für die täglich benutzten Handwerkzeuge durchgeführt werden. Bohrwerkzeuge müssen immer scharf geschliffen, Meißelköpfe grätfrei sein. 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 Anchlussleitung.

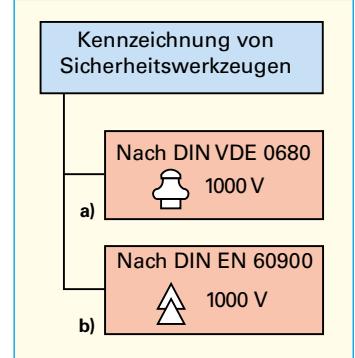


Bild 2: Bildzeichen und Spannungsangabe bei Sicherheitswerkzeugen



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



Schutzausrüstung

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

Die Zeitspanne für eine regelmäßige Überprüfung ortsveränderlicher elektrischer Werkzeuge ist vom Einsatzort und von den Betriebsbedingungen abhängig. Richtwerte der Prüffristen ([Seite 219](#)) können der DGUV-Vorschrift 3 entnommen werden.

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

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

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

Bei Anlegeleitern ist ein Anstellwinkel von 70° bis 75° einzuhalten.



Bild 1: Prüfplakette für elektrische Betriebsmittel



Bild 2: Stehleiter



Bild 3: Elektrofachkraft mit isolierendem Schutanzug

1.4.4 Schutzkleidung, Schutzausrüstung

Schutzausrüstung bzw. Schutzkleidung verhindern eine gesundheitliche Schädigung des Arbeitnehmers. In Unternehmen werden Sicherheitsbeauftragte bestellt, um die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und den Einsatz der Persönlichen Schutzausrüstung (PSA) zu überwachen.

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

Beispiele für Schutzausrüstungen und deren Schutzwirkung:

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

Wiederholungsfragen

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



Situationsbeschreibung:

In einer Energieversorgungsanlage (Freiluftanlage) sind Inspektions- und Wartungsarbeiten erforderlich. Vor dem Arbeitsbeginn ist es erforderlich, die Mitarbeiter auf die einzuhaltenen Sicherheitsabstände zu unter Spannung stehenden Teile hinzuweisen und die Grenzen des Arbeitsbereiches deutlich anzugeben.

Neben den Arbeiten im spannungsfreien Zustand können auch Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile, als auch Arbeiten unter Spannung erforderlich sein, z.B. bei Arbeiten an Photovoltaikanlagen.

Von Arbeiten unter Spannung (AuS) spricht man, wenn der Arbeitende unter Spannung stehende Teile berührt oder mit Teilen seines Körpers oder mit Werkzeugen, Ausrüstungen und Geräten in die Gefahrenzone eindringt.

Der Abstand D_L legt die äußere Begrenzung der **Gefahrenzone** fest (**Bild 1**).

Bei Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile dringt der Arbeitende mit Körperteilen, Werkzeugen, Ausrüstung oder Geräten in die Annäherungszone (**Bild 1**) ein, jedoch ohne die Gefahrenzone zu erreichen.

Der Abstand D_V legt die äußere Begrenzung der **Annäherungszone** fest (**Bild 1**).

Grundsätzlich ist bei Arbeiten unter Spannung und in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen, die Sicherstellung des Gesundheitsschutzes aller an den Arbeiten beteiligten Personen zu gewährleisten.

Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen dürfen nur speziell ausgebildete Elektrofachkräfte (EFK) ausführen.

Sollen Arbeiten unter Spannung ausgeführt werden, muss eine Gefahr durch Explosion oder Brand ausgeschlossen sein.

Weiterhin ist es erforderlich, Mindestabstände zu unter Spannung stehenden Teilen einzuhalten.

Die Gefahrenzone sowie die Annäherungszone können durch isolierende Schutzvorrichtungen begrenzt werden (**Bild 2**).

Richtwerte für die jeweiligen Mindestabstände der beiden Zonen sind in der **Tabelle** enthalten. Diese Werte gelten bei Abständen in Freiluftanlagen.

Umwelteinflüsse wie z.B. Regen, Schnee, Gewitter oder Nebel wirken sich negativ auf diese Mindestabstände aus. So sollte z.B. bei starken Winden oder bei feuchter Luft, die Arbeit eingestellt werden.

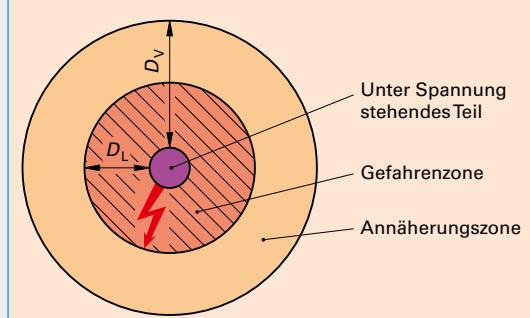


Bild 1: Annäherungs- und Gefahrenzone

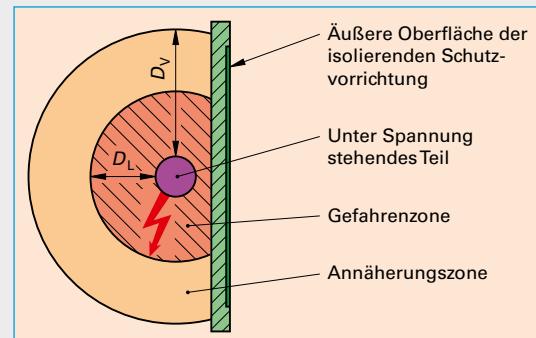


Bild 2: Begrenzung der Annäherungs- und der Gefahrenzone

Tabelle: Richtwerte für die Begrenzung von Gefahrenzone D_L und Annäherungszone D_V
(Nach DIN VDE 0105, Teil 100, Auszug)

| Netz-Nennspannung in kV | ≤ 1 | 10 | 20 | 110 | 220 | 380 |
|--|------------------|------|------|------|------|------|
| D_L Äußere Grenze der Gefahrenzone in mm | keine Berührung* | 150 | 220 | 1000 | 1600 | 2500 |
| D_V Äußere Grenze der Annäherungszone in mm | 300 | 1150 | 1220 | 2000 | 3000 | 4000 |

* In der Nähe unter Spannung stehender Teile darf nur gearbeitet werden, wenn sichergestellt ist, dass unter Spannung stehende Teile nicht berührt werden können oder die Gefahrenzone D_L nicht erreicht wird.