



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
Düsselderger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30812

Autoren:

Braukhoff, Peter

Feustel, Bernd

Käppel, Thomas

Tkocz, Klaus

Reken

Kirchheim unter Teck

Münchberg

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)

● Allgemeines

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

● 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 Fotovoltaikanlage 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

Kapitelnummer und Symbole

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



Liebe Leserin, lieber Leser,

das Buch **Praxis Elektrotechnik** vermittelt das für die fachpraktische Ausbildung erforderliche Grund- und Fachwissen in den anerkannten energietechnischen Elektroberufen des Handwerks und der Industrie.

Das Buch baut auf die Ausbildungsordnungen und die Ausbildungspläne der Bundesländer auf. Die 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 Zählerschranks (Übersicht Praxistipps, Seite 3).

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

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

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

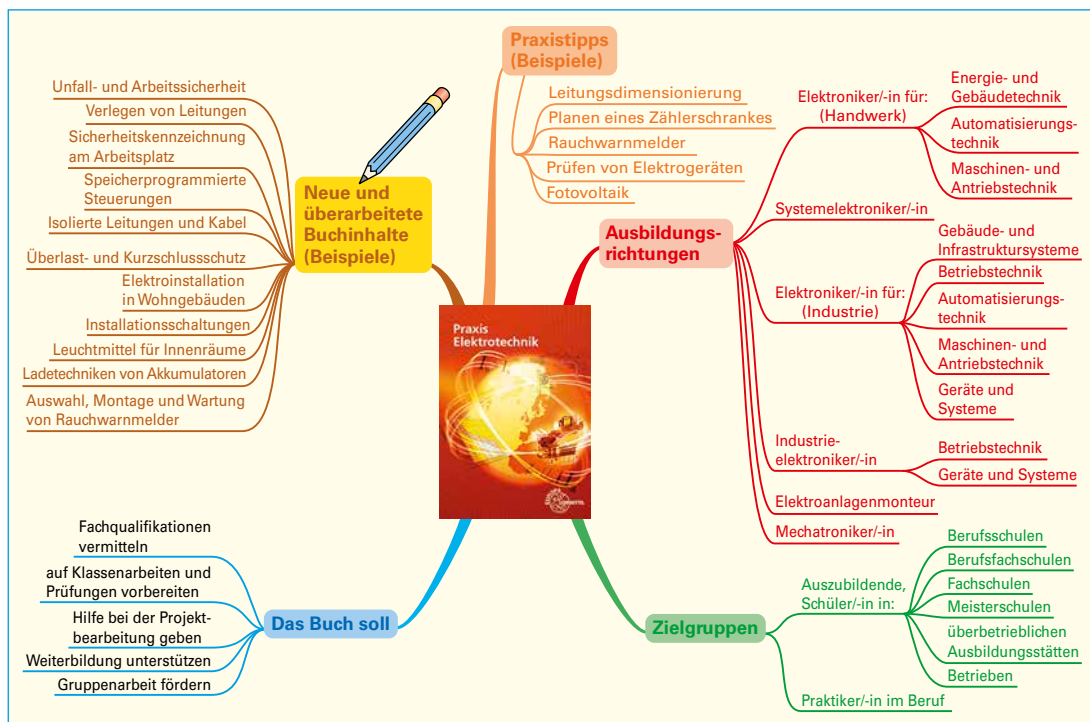
Weitere Bücher der Fachbuchreihe zur Vertiefung

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



Alle Normen nach dem neuesten Stand, z. B.

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

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

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

Beispiele zu Lernsituationen:

- Lernfeld 1: Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen, **Seite 329**.
- Lernfeld 2: Elektrische Installationen planen und ausführen, **Seite 331**.

**Rahmenlehrpläne enthalten:**

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

Lernfelder beschreiben:

- Lernziele
- Lerninhalte
- Zeitrichtwerte

Lernfeldbearbeitung erfordert:

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

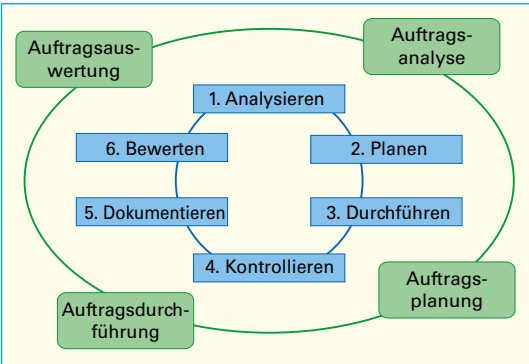


Bild: Arbeitsschritte einer Projektbearbeitung

Tabelle: Führer durch die Lernfelder der Grundstufe, Lernfeld 1 bis 4									
Lernfeld		Elektroniker					Lernfeldinhalt (Beispiele)	Seitenhinweise	
		EG ¹	MA ²	AT ³	BT ⁴	GS ⁵			
Grundstufe	1	x	x	x	x	x	• Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen	• Arbeitssicherheit	11
							• Schaltzeichen, Schaltpläne	78	
							• Verbindungstechnik	49	
							• Messverfahren, Messen und Prüfen	182	
							• Elektronische Bauelemente	222	
	2	x	x	x	x	x	• Elektrische Installationen planen und ausführen	• Verlegen von Leitungen und Kabeln	31
							• Leitungen und Kabel	21	
							• Installationsschaltungen	95	
							• Leitungsdimensionierung	70	
							• Schutzmaßnahmen	201	
	3	x	x	x	x	x	• Steuerungen analysieren und ausführen	• Verbindungsprogrammierte Steuerungen ..	99
							• Speicherprogrammierbare Steuerungen ...	108	
							• Aktoren, Sensoren	88, 108	
							• Ausführungen von Steuer- und Meldestromkreisen	99	
							• Schutzeinrichtungen	61	
	4	x	x	x	x	x	• Informationstechnische Systeme bereitstellen	• Zweidraht-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)									

Tabelle: Führer durch die Lernfelder der Fachstufe I und II, Lernfeld 5 bis 13

Lernfeld		Elektroniker				Lernfeldinhalt (Beispiele)	Seitenhinweise
	EG ¹	MA ²	AT ³	BT ⁴	GS ⁵		
Fachstufe I	5	x	x	x		x <ul style="list-style-type: none">• Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten• Energieversorgung für Geräte und Systeme realisieren und deren Sicherheit gewährleisten	<ul style="list-style-type: none">• Netzsysteme 203• Schutzeinrichtungen 61• Schutzarten 201, 291• Prüfen von Betriebsmitteln 280, 286• Gleichrichter, Netzgeräte 232, 239
	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 konzipieren, herstellen und prüfen	<ul style="list-style-type: none">• Geräte- und Anlagenprüfung 276• Mess- und Prüfgeräte, Prüfprotokoll 182, 284• Isolationswiderstände, Therm. Klassifizierung 323• Bauteile der Elektronik 222• Planung von Antrieben 290
	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 84, 108• Gebäudesystemtechnik 152• Steuerungstechnik 99• Betriebsarten 292• Elektrische Maschinen 290• Kleinststeuerungen 106
	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 290• Bauformen, Betriebsarten von Elektromotoren 291• Anlassverfahren elektrischer Maschinen, Drehzahlsteuerung. 298, 300• Schutzeinrichtungen 61
Fachstufe II	9	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 21• Telekommunikationsanlagen 131• Gefahrenmeldeanlagen 147• Antennenanlagen 139• ISDN-Anlagen, DSL-Technologie 136, 137• Computertechnik 246• Instandsetzung elektrischer Maschinen 310
	10	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">• Elektrowärmegeräte 258, 268• Hausgeräte 262• Leuchtmittel für Innenräume 172• Blitzschutz 157• Verknüpfungsteuerungen 101• Speicherprogrammierbare Steuerungen 108• Unfallverhütungsvorschriften 12
	11	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 203• Transformatoren, Schaltgruppen 313, 319• Schutzpotenzialausgleich 117• Hauptstromversorgungssystem .. 119• Zählerplatz, Stromkreisverteiler 120, 121• Fotovoltaikanlagen 178• Gefahrenmeldeanlagen 147• Wartung und Instandhaltung von Anlagen und Geräten 276, 280
	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 118• Elektrische Anlagen in Wohngebäuden 116• Installation von Räumen besonderer Art 162• Breitband-Kommunikationsanlagen 145• Prüfen elektrischer Maschinen 323• Betriebsstörungen elektrischer Maschinen 312
	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 201• Prüfen von Schutzmaßnahmen ... 214• Prüfgeräte 216• Prüfprotokolle 219, 284• Betriebsarten elektrischer Maschinen 292
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 Anlagenteilen	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	5	Überlastschutz und Kurzschluss-schutz	61
	Praxistipp: Schutzabstände zu spannungs-führenden Teilen	20	5.1	Schmelzsicherungen	61
2	Isolierte Leitungen und Kabel	21	5.1.1	Schraubsicherungssysteme	61
2.1	Aufbau und Anforderungen an isolierte Leitungen und Kabel	21	5.1.2	NH-Sicherungssystem	63
2.2	Leitungen	23	5.1.3	Betriebsklassen von Niederspannungs-sicherungen	64
2.3	Kabel	28	5.1.4	Geräteschutzsicherungen	64
3	Verlegen von Leitungen und Kabeln	31	5.2	Leitungsschutzschalter	65
3.1	Grundsätze der Leitungsverlegung	31	5.3	Überlastschutz von Asynchronmotoren	67
3.2	Die klassischen Verlegearten	31	5.3.1	Motorschutzschalter	67
3.2.1	Leitungsverlegung auf Putz	31	5.3.2	Thermisches Überlastrelais	68
3.2.2	Leitungsverlegung im Putz	35	5.3.3	Motorschutz durch Thermistoren	69
3.2.3	Leitungsverlegung unter Putz	36	5.4	Überstromschutz von fest verlegten Kabeln und isolierten Leitungen	70
3.2.4	Leitungsverlegung in Installationsrohren	37	5.4.1	Strombelastbarkeit von fest verlegten Kabeln und Leitungen	70
3.3	Elektroinstallation im Fertigbau	39	5.4.2	Zuordnung von Überstrom-Schutz-einrichtungen	72
3.3.1	Leitungsverlegung im Beton	39		Praxistipp: Leitungsdimensionierung	73
3.3.2	Leitungsverlegung in Hohlwänden	40	5.4.3	Überlastschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	75
3.4	Leitungsverlegung in Installationskanälen	41	5.4.4	Kurzschlusschutz von Kabeln und isolierten Leitungen	75
3.4.1	Verlegung in Leitungskanälen	41	5.5	Oberschwingungen	77
3.4.2	Verlegung in Geräteinbaukanälen	42	6	Bauteile und Schaltungen der Energietechnik	78
3.4.3	Verlegung in Sockelleistenkanälen	43	6.1	Technische Unterlagen	78
3.4.4	Verlegung in Aufbodenkanälen	43	6.1.1	Betriebsmittelkennzeichnung	78
3.5	Unterflur-Installationssysteme	43	6.1.2	Schaltungsunterlagen	78
3.5.1	Estrichüberdecktes Kanalsystem	44	6.2	Stecksysteme	80
3.5.2	Estrichbündiges Kanalsystem	44	6.2.1	Zweipolige Steckvorrichtungen mit und ohne Schutzkontakt	80
3.5.3	Imbeton-Kanalsystem	44	6.2.2	Herstellen einer Schutzkontakt-Verlängerungsleitung	82
3.5.4	Doppelboden-System	44	6.2.3	Perilex-Steckvorrichtungen	82
3.6	Brandschottung in elektrischen Anlagen	45	6.2.4	Kragensteckvorrichtungen	83
3.7	Verlegung auf Kabeltragegestellen	45	6.3	Befehls- und Meldegeräte	85
	Praxistipp: Mindesttrennabstände zwischen Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen	46	6.3.1	Schalter und Taster	85
3.8	Verlegung im Erdreich	47	6.3.2	Installationsschalter	86
3.9	Verlegen von Freileitungen	48	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 Zählerschranks	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	Grundsaltungen 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	Kleinststeuerungen	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
			8.4	Prüfen der Blitzschutzsysteme	161
7	Elektrische Anlagen in Wohn- gebäuden	116	9	Sonderinstallationen	162
7.1	Hausanschluss	116	9.1	Elektroinstallation in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten	162
7.1.1	Kabelanschluss	116	9.2	Elektroinstallation in feuergefährdeten Betriebsstätten	164
7.1.2	Hausanschlussraum	116	9.3	Elektroinstallation in medizinisch genutzten Bereichen	165
7.1.3	Hausanschlusswand	117	9.4	Elektroinstallation in explosions- gefährdeten Bereichen	168
7.1.4	Hausanschlussnische	117	9.5	Elektrische Anlagen auf Baustellen	171
7.2	Schutzpotenzialausgleich in Wohngebäuden	117	9.6	Leuchtmittel für Innenräume	172
7.2.1	Fundamenterder	118	9.6.1	Schaltungen von Leuchtstofflampen	174
7.2.2	Ausführung des Schutzpotenzial- ausgleichs	118	9.6.2	Niedervolt-Halogentechnik	175
7.3	Hauptstromversorgungssysteme	119	9.6.3	LED-Beleuchtung	177
7.3.1	Hauptleitungen	119	9.7	Fotovoltaikanlagen	178
7.3.2	Zählerplätze	120			
7.3.3	Steuerleitungen	121			

Praxistipp: Komponenten einer Foto-voltaikanlage 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 Niederspannung	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 Schutzvorkehrungen 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 Niederspannung 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
14.1	Kleingeräte	258
14.1.1	Elektrowärmegeräte	258
14.1.2	Geräte mit elektromotorischem Antrieb ..	260
14.1.3	Funkentstörung bei Kleingeräten	261
14.2	Großgeräte	262
14.2.1	Elektroherd	262
14.2.2	Mikrowellengerät	265
14.2.3	Waschmaschinen	266
14.2.4	Wäschetrockner	267
14.2.5	Geräte zur Warmwasserversorgung	268
14.3	Elektrische Raumheizung	272
15	Fehlersuche in elektrischen Anlagen und Geräten	276
15.1	Fehlerarten	276
15.2	Fehlersuche in elektrischen Anlagen	277
15.2.1	Mechanische Fehler	277
15.2.2	Leiterunterbrechungen	277
15.2.3	Auffinden von Kurzschlüssen	278
15.2.4	Auffinden von Körperschlüssen, Erdschlüssen und Leiterschlüssen	279
15.3	Fehlersuche in elektrischen Geräten	280
15.3.1	Systematische Fehlersuche	280
15.3.2	Fehlerarten und Fehlerursachen in elektrischen Geräten	281
15.3.3	Fehlersuche am Beispiel einer Kochplatte ..	281
15.4	Instand setzen von Elektrogeräten	282
15.5	Prüfen von instand gesetzten Elektrogeräten	286
15.5.1	Sichtprüfung	286
15.5.2	Schutzleiterprüfung	286
15.5.3	Messen des Isolationswiderstandes	287
15.5.4	Messen des Schutzleiterstromes und des Berührungstromes	287
15.5.5	Ersatz-Ableitstrommessung	288
15.5.6	Funktionsprüfung	288
	Praxistipp: Prüfen netzbetriebener Elektrogeräte	289
16	Elektrische Maschinen	290
16.1	Planung von Antrieben	290
16.1.1	Eigenschaften von Motoren	290
16.1.2	Schutzarten von Motoren	291
16.1.3	Betriebsarten	292
16.2	Drehstrom-Asynchronmotoren	293
16.2.1	Kurzschlussläufer-Motoren	293
16.2.2	Eigenschaften von Asynchronmotoren ..	295
16.2.3	Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifringläufer	297
16.2.4	Polumschaltbare Asynchronmotoren	297
16.2.5	Drehstrommotoren an Wechselspannung	299

	Praxistipp: Anschließen eines Drehstrom-Asynchronmotors	300
16.2.6	Drehzahlsteuerung bei Drehstrommotoren	301
16.3	Einphasenwechselstrommotoren	303
16.3.1	Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer	303
16.3.2	Spaltpolmotoren	304
16.3.3	Universalmotoren	304
16.4	Gleichstrommotoren	305
16.4.1	Aufbau und Wirkungsweise	305
16.4.2	Fremderregter Motor	306
16.4.3	Nebenschlussmotor	306
16.4.4	Reihenschlussmotor	306
16.4.5	Doppelschlussmotor	307
16.4.6	Drehzahlsteuerung und Drehrichtungs-umkehr bei Gleichstrommotoren	307
16.5	Servomotoren	308
16.5.1	Gleichstromservomotoren	308
16.5.2	Drehstromservomotoren	309
16.6	Wartung und Pflege von Elektromotoren ..	310
16.7	Betriebsstörungen bei Gleichstrommotoren	312
16.8	Transformatoren	313
16.8.1	Aufbau und Wirkungsweise	313
16.8.2	Bauarten von Transformatoren	313
16.8.3	Betriebsbedingungen von Transformatoren	314
16.8.4	Dimensionierung von Transformatoren ..	317
16.8.5	Drehstromtransformatoren	319
16.9	Wicklungen von Transformatoren und Elektromotoren	320
16.9.1	Wickeln, isolieren und prüfen von Kleintransformatoren	320
16.9.2	Wicklungen von Gleichstrommaschinen	321
16.9.3	Wicklungen von Drehstrommaschinen ..	322
16.9.4	Herstellen von Wicklungen	322
16.9.5	Isolieren von Wicklungen	322
16.9.6	Prüfen von Wicklungen	323
17	Primärelemente und Sekundärelemente	325
17.1	Primärelemente (Trockenelemente)	325
17.2	Sekundärelemente	326
17.3	Ladetechniken von Akkumulatoren	327
18	Projektbearbeitung	328
	Lernsituation 1: Drehfeldrichtungsanzeiger	329
	Lernsituation 2: Elektroinstallation eines Hausanschlussraumes	331
	Firmenverzeichnis	334
	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**).

1.1.1 Energiewirtschaftsgesetz

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

1.1.2 Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)

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

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

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

Das CE-Zeichen vergibt der Hersteller für seine Produkte selbst. Er ist verpflichtet, für diese Produkte eine Dokumentation und eine Bedienungsanleitung zu erstellen, die Sicherheitsanforderungen der Europäischen Richtlinien zu erfüllen und in einer Erklärung anzugeben, nach welchen Richtlinien die Maschine hergestellt und geprüft wurde (Konformitätserklärung).

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

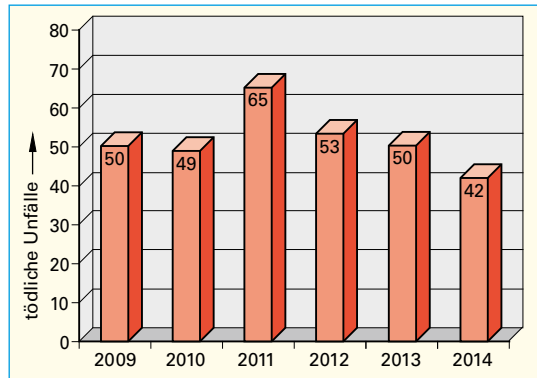


Bild 1: Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom

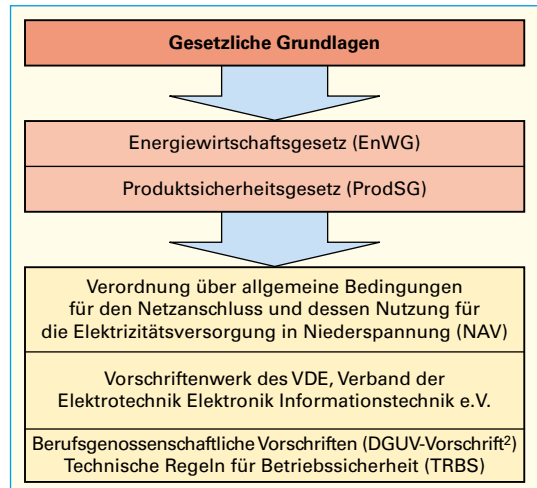


Bild 2: Gesetze und Vorschriften

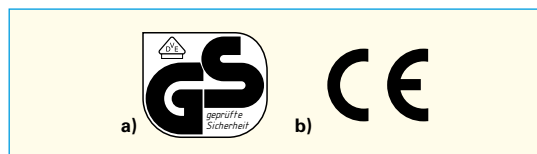


Bild 3: GS-Zeichen und CE-Zeichen

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

² DGUV, Abk. für: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung



1.1.3 Unfallverhütung

Die **Unfallverhütungsvorschriften** (UVV) werden unter Leitung der fachlich zuständigen Berufsgenossenschaft erarbeitet. Die **Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften** (DGUV-Vorschrift, alt: BGV) enthalten z.B. die Unfallverhütungsvorschrift DGUV-Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (**Übersicht**). Sie schreibt die von den Berufsgenossenschaften geforderten Maßnahmen, z.B. bei der Prüfung elektrischer Anlagen vor.

Der Versicherte, d.h. der Arbeitnehmer, ist verpflichtet, die Unfallverhütungsvorschriften zu beachten und Anweisungen des Arbeitgebers für arbeitsmedizinisch und sicherheitstechnisch richtiges Verhalten zu befolgen.

Die **Technischen Regeln der Betriebssicherheit** (**Übersicht**) geben dem Arbeitgeber eine Hilfe, z.B. bei der Festlegung der Prüfstände für Wiederholungsprüfungen an Anlagen oder Betriebsmitteln. Die TRBS werden vom **Bundesministerium für Arbeit und Soziales** (BMAS) bekannt gegeben.

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, eine befähigte Person für die Durchführung der Prüfungen an Anlagen und Betriebsmitteln zu benennen und die Einhaltung der 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 **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**).

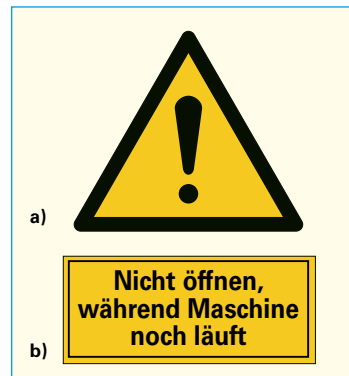
¹ GHS, Abk. für: Globally Harmonised System (engl.) = Global harmonisiertes System

Tabelle 1: Gefahrensymbole

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

Tabelle 2: Sicherheitszeichen

Form und Farbe	Bedeutung
	Verbot
	Gebot
	Warnung
	Rettung
	Brandschutz



**Bild: a: Warnzeichen mit
b: Zusatzzeichen**

**Auswahl von Sicherheitszeichen**

(nach DIN EN ISO 7010)

Verbotszeichen

Zutritt für Unbefugte verboten



Für Flurförderzeuge verboten



Keine offene Flamme, Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten



Mit Wasser löschen verboten



Berühren verboten



Rauchen verboten



Für Fußgänger verboten



Kein Trinkwasser



Schalten verboten



Abstellen oder Lagern verboten

Gebotszeichen

Augenschutz benutzen



Kopfschutz benutzen



Gehörschutz benutzen



Atemschutz benutzen



Fußschutz benutzen



Handschutz benutzen



Schutzkleidung benutzen



Gesichtsschutz benutzen



Netzstecker ziehen



Vor Wartung oder Reparatur freischalten

Warnzeichen

Allgemeines Warnzeichen



Warnung vor optischer Strahlung



Warnung vor Gasflaschen



Warnung vor Rutschgefahr



Warnung vor Handverletzungen



Warnung vor feuergefährlichen Stoffen



Warnung vor explosionsgefährlichen Stoffen



Warnung vor giftigen Stoffen



Warnung vor ätzenden Stoffen



Warnung vor radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung



Warnung vor schwebender Last



Warnung vor elektrischer Spannung



Warnung vor nicht-ionisierender Strahlung



Warnung vor Gefahren durch das Aufladen von Batterien



Warnung vor automatischem Anlauf

Rettungszeichen

Notausgang rechts



Sammelstelle



Erste Hilfe



Augenspüleinrichtung



Arzt

Brandschutzzeichen

Löschschlauch



Feuerleiter



Feuerlöscher



Brandmeldetelefon



Mittel und Geräte zur Brandbekämpfung



1.3 Die fünf Sicherheitsregeln

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

① Freischalten

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

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

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

② Gegen Wiedereinschalten sichern

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

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

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

③ Spannungsfreiheit feststellen

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

Über unbekannte oder nicht beachtete Messleitungen, nicht abgeschaltete Geräte, mechanisch blockierte Schalter- oder 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 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 abschränken

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

In Niederspannungsanlagen ist ein Abdecken, z. B. mit Gummitüchern oder Kunststofffolien, Abdeckplatten oder Formstücken möglich (**Bild 2**). Diese müssen ausreichend isolierend sein und allen mechanischen Beanspruchungen standhalten. Bei der Befestigung der Abdeckungen ist darauf zu achten, dass ein Verrutschen auszuschließen ist.

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



Bild 2: Abdecken spannungsführender Teile

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

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

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

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

Wiederholungsfragen

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



1.4 Sicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen

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

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

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

Tabelle 1: Schutzabstände (nach DIN VDE 0105)

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



Gefahrenzone und Annäherungszone: **Seite 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 Abschränkungen. – Herausnehmen oder Einsetzen von nicht gegen direktes Berühren geschützten Sicherungseinsätzen, z.B. NH-Sicherungen, mit geeigneten Hilfsmitteln, wenn dies gefahrlos möglich ist. – Anspritzen unter Spannung stehender Teile bei der Brandbekämpfung. – Arbeiten an Akkumulatoren unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen. – Abklopfen von Raureif, z.B. an Freileitungen, mithilfe geeigneter isolierender Stangen. Nur Elektrofachkraft (EFK): – Fehlereingrenzung in Hilfsstromkreisen, z.B. Signalverfolgung, sowie die Funktionsprüfung bei Geräten und Schaltungen. – Sonstige Arbeiten, wenn ein zwingender Grund vorhanden ist und zusätzlich die Anweisung einer verantwortlichen Person vorliegt.

Bei allen Arbeiten sind persönliche Schutzausrüstungen, Werkzeuge, Vorrichtungen und Geräte zu benutzen, die für die Art der Tätigkeit, die Spannungshöhe und die Umfeldbedingungen geeignet sind.

Sind Arbeiten unter Spannung (AuS) notwendig, ist stets isoliertes Sicherheitswerkzeug zu verwenden (**Bild 1**).

Die Entscheidung, ob unter Spannung gearbeitet werden muss, darf nicht vom ausführenden Monteur getroffen werden, sondern nur von der Aufsicht führenden Person.

Eine Kennzeichnung für isoliertes Sicherheitswerkzeug erfolgt durch den Aufdruck eines Bildzeichens auf der Isolation. Im Zuge der Harmonisierung innerhalb der Europäischen Union wurde das Zeichen des Isolators mit der Spannungsangabe 1000 V (**Bild 2a**) durch ein Doppeldreieck mit der Spannungsangabe 1000 V (**Bild 2b**) abgelöst. Außer dem Bildzeichen sind als zusätzliche Angaben das Herstellungsjahr (mindestens die beiden letzten Ziffern des Jahres) sowie ein Typenkurzzeichen und ein Herkunftszeichen erforderlich.

Sicherheitswerkzeuge bieten erhöhten Berührungsschutz.

1.4.3 Sicherer Umgang mit Werkzeug und Gerät

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

Gute und sichere Arbeit erfordert einwandfreies und zweckmäßiges Werkzeug.

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

Eine vorbeugende Instandhaltung sollte auch für die täglich benutzten Handwerkzeuge durchgeführt werden. Bohrwerkzeuge müssen immer scharf geschliffen, Meißelköpfe gratfrei sein. Der Hammer muss mit dem Stiel fest verkeilt sein. Schraubenschlüssel und Schraubendreher sind passend zu den entsprechenden Muttern und Schrauben zu wählen.

Falsche Werkzeugauswahl führt z.B. zu Beschädigungen an Verbindungselementen und Werkzeugen und damit zu einer erheblichen Verletzungsgefahr, z.B. durch Abrutschen.

Handgeführte Elektrowerkzeuge sind eine häufige Unfallursache und bedürfen deshalb einer besonders sorgfältigen Pflege.

Elektrowerkzeuge sind vor jedem Einsatz durch den Benutzer einer Sichtprüfung auf äußere Beschädigungen zu unterziehen.

Gefahren drohen beispielsweise durch:

- Schadhafte Steckvorrichtungen,
- nicht fachgerechte oder unvollständige Instandsetzung,
- abgebrochene oder fehlende Teile des Gehäuses oder der Umhüllung,
- freiliegende Einzeladern an Leitungseinführungen, z.B. am Knickschutz,
- durchgeschauerte, poröse, geknickte oder angeschnittene Isolierung der Anschlussleitung.



Bild 1: Sicherheitswerkzeug

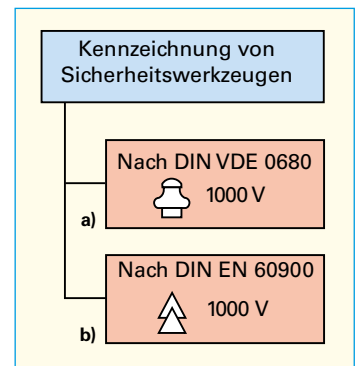


Bild 2: Bildzeichen und Spannungsangabe bei Sicherheitswerkzeugen



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



Neben der Sichtprüfung ist für elektrische Betriebsmittel eine regelmäßige Prüfung durch eine befähigte Elektrofachkraft auf ordnungsgemäßen Zustand notwendig. Das Gerät erhält nach der Überprüfung eine Prüfplakette, auf der das 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 Leiterteils sind verboten.

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

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



Bild 1: Prüfplakette für elektrische Betriebsmittel



Bild 2: Stehleiter

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



Bild 3: Elektrofachkraft mit isolierendem Schutzanzug

Wiederholungsfragen

- 1 Welcher Schutzabstand gilt für unter Spannung stehende Teile mit einer Nennspannung von 400 V?
- 2 Wann darf prinzipiell unter Spannung gearbeitet werden?
- 3 Woran erkennen Sie Sicherheitswerkzeuge für Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen?
- 4 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 einzuhaltenden Sicherheitsabstände zu unter Spannung stehenden Teilen 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 Fotovoltaikanlagen.

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.

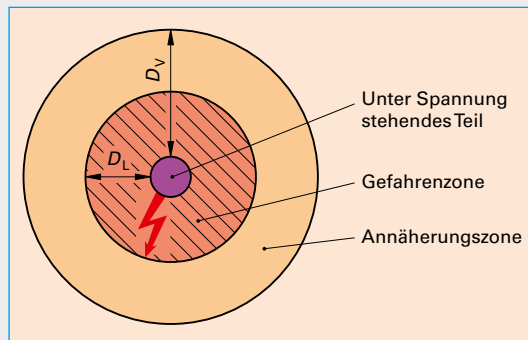


Bild 1: Annäherungs- und Gefahrenzone

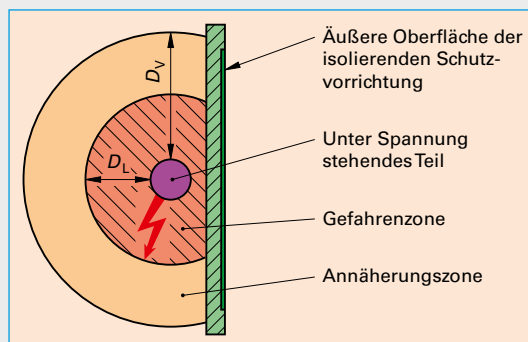


Bild 2: Begrenzung der Annäherungs- und der Gefahrenzone

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.