



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Elektro- und Sicherheitstechnik

für Meister, Techniker und Ingenieure

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren
(siehe Rückseite)

Verlag Europa-Lehrmittel · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselderger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 32375

Autoren:

Dr. Bauer, Thorsten	34369 Hofgeismar
Hansmann, Marc	76646 Bruchsal
Kraft, Florian	76275 Ettlingen
Link, Matthias	76187 Karlsruhe
Oebel, Florian	76275 Ettlingen

Lektorat:

Alexander Barth

Projektleitung:

Andreas Nies

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

1. Auflage 2024
Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-3237-5

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

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagmotive: Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG, Blieskastel; Florian Kraft
Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

Inhalt

1. Fachliche Voraussetzungen für Elektroinstallationsbetriebe	5	4.13 Schutz gegen thermische Auswirkungen.	129
2. Rechtlicher Rahmen	8	4.14 Schutz gegen Störlichtbögen in Schaltanlagen.	132
2.1 Hierarchie der rechtlichen Bestimmungen.	8	5. Kabel- und Leitungsanlagen	134
2.2 Abstufungen technischer Standards – Technik Klauseln.	9	5.1 Bezeichnungen von Kabeln und Leitungen.	134
2.3 Regelwerke der Elektrotechnik	11	5.2 Auswahl und Errichtung von Kabel- und Leitungsanlagen.	140
2.4 Bauordnungen und Sonderbauordnungen.	25	5.3 Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen.	142
2.5 Rechtsgrundlagen zur Plombierung	44	5.4 Funktionserhalt.	149
2.6 Kennzeichnungen – Prüf- und Qualitätssiegel	45	5.5 Spannungsfall in Verbraucheranlagen	150
3. Arbeiten an elektrischen Anlagen	50	5.6 Elektrische Verbindungen.	152
3.1 Gefahren des elektrischen Stromes	50	5.7 Abstände von Kabeln- und Leitungsanlagen zu anderen technischen Anlagen.	155
3.2 Grundlagen des Arbeitsschutzes	53	5.8 Instandhaltung und Reinigung von Kabel- und Leitungsanlagen.	156
3.3 Organisation in der Elektrotechnik	54	6. Steckvorrichtungen, Schalter und Installationsgeräte	158
3.4 Arbeitsmethoden.	61	6.1 Steckdosen und Stecker	158
3.5 Störlichtbogenschutz	78	6.2 Steckverbindungen für Industrie und Gewerbe	160
3.6 Spannungs- und Netzebenen.	79	6.3 Schalter	162
3.7 Asbest bei Arbeiten im Bestandsbau	81	6.4 Steckverbindungen zum Laden von Elektromobilen	162
4. Schaltanlagen und Verteiler	84	7. Projektierung und Anmeldung elektrischer Anlagen	166
4.1 Schutzklassen.	84	7.1 Anmeldung von elektrischen Anlagen	166
4.2 Schutzgrad	85	7.2 Hausanschlusseinrichtungen.	168
4.3 Schutzart	85	7.3 Erdungsanlagen.	175
4.4 Überstrom- und Kurzschlusschutz	88	7.4 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden	181
4.5 Projektierung und Bau von Schaltanlagen.	103	7.5 Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art	198
4.6 Auftrennung PEN	104		
4.7 Zählerplätze	105		
4.8 Messeinrichtungen	113		
4.9 Schutzmaßnahmen	117		
4.10 Basisschutz	118		
4.11 Fehlerschutz	119		
4.12 Zusätzlicher Schutz gegen elektrischen Schlag	121		

7.6	Erzeugungsanlagen und Speicher. . .	204
7.7	E-Mobilität.	214
8.	Blitz- und Überspannungsschutz	222
8.1	Äußerer Blitzschutz.	223
8.2	Innerer Blitz- und Überspannungsschutz.	227
9.	Prüfung und Inbetriebnahme von elektrischen Anlagen	232
9.1	Erstprüfung nach DIN VDE 0100-600	233
9.2	Mess- und Prüfgeräte.	249
9.3	Wiederkehrende Prüfung.	250
10.	Aufgaben	257
10.1	Rechtlicher Rahmen für Elektroinstallationen.	258
10.2	Elektrischer Unfall im Ferienhaus. . .	259
10.3	Gefährliche Körperdurchströmung. .	260
10.4	Betrieb von elektrischen Anlagen. . .	261
10.5	Spannungsfall auf Leitungen (Grundlagen).	262
10.6	Leitwert, Leiterlänge und Spannungsfall.	263
10.7	Leitungsdimensionierung 1.	264
10.8	Leitungsdimensionierung 2.	265
10.9	Leitungsdimensionierung 3.	266
10.10	Leitungsdimensionierung 4.	267
10.11	Leitungsdimensionierung 5.	268
10.12	Erdungstypen.	269
10.13	Fundamenterder.	270
10.14	Elektromobile – Ladezeiten.	271
10.15	Elektromobilität – Energiekosten. . .	272
10.16	Drehstromasynchronmotor und Motorschutzschalter.	273
10.17	Unsymmetrische Last und Oberschwingungen.	274
10.18	Zählerplätze VDE AR-N 4100.	275
10.19	Erstprüfung.	276
10.20	Wiederkehrende Prüfung.	277
10.21	Äußerer Blitzschutz.	278
	Abkürzungsverzeichnis.	279
	Sachwortverzeichnis.	282
	Bildquellenverzeichnis.	288

1. Fachliche Voraussetzungen für Elektroinstallationsbetriebe

Um elektrische Anlagen für Menschen und Nutztiere sicher betreiben und unzulässige Netzurückwirkungen vermeiden zu können, müssen Elektroinstallationsbetriebe eine ausreichende fachliche Qualifikation besitzen. Diese wird im § 13 der „Niederspannungsanschlussverordnung“ (NAV) gefordert und bezieht sich auf das Errichten, Erweitern, Ändern und Instandhalten von elektrischen Anlagen. Daher dürfen Arbeiten an elektrischen Anlagen nur durch den Netzbetreiber oder durch einen im Installateurverzeichnis eines Netzbetreibers eingetragenen Elektroinstallationsbetrieb ausgeführt werden.

Voraussetzung für die Eintragung ist seit 2003 das bestandene Prüfungsfach „Elektro- und Sicherheitstechnik“ (ETSI) in der Meisterprüfung. Dies gilt im Handwerk für die Meister in den Bereichen Elektrotechnik, Elektromaschinenbau und Informationstechnik.

Für Meisterprüfungen im Elektrohandwerk, die vor 2003 abgelegt wurden, gelten folgende Regelungen: Elektroinstallateur-Meister bis 2003 und Elektrotechniker-Meister von 1998 bis 2003 haben die Eintragungsvoraussetzungen ebenfalls erfüllt. Für alle anderen Meister im Elektrohandwerk vor 2003 besteht die Möglichkeit, einen separaten Sachkundenachweis für den Anschluss elektrischer Anlagen an das Niederspannungsnetz zu erwerben.

Auch nachfolgende Berufsgruppen können den Sachkundenachweis erwerben, um in das Installateurverzeichnis eingetragen zu werden.

- Ingenieure
- Master und Bachelor
- Techniker und Industriemeister in der Fachrichtung Elektrotechnik

Dies gilt auch für Ausübungsberechtigungen nach § 7b Handwerksordnung (HwO) und Ausnahmegewilligungen gemäß § 8 und § 9. Die Ausübungsberechtigungen gelten für Altgesellen im Elektrohandwerk mit mindestens sechs Jahren Berufserfahrung (G6). Ausnahmegewilligungen werden individuell erteilt, beispielsweise für bestimmte Angehörige des europäischen Wirtschaftsraumes (siehe **Tabelle 1**).

1) Wer hat den TREI-Schein oder die gleichwertige Qualifikation schon?	1) Meisterprüfungen im Elektrohandwerk Meister (Elektroinstallateur) bis 2003 Meister (Elektrotechniker) 1998–2003
2) Wer braucht den TREI-Schein bzw. darf teilnehmen?	1) Andere Meisterprüfung im Elektrohandwerk bis einschließlich 2003 2) Die Anerkennungen gemäß § 7 (2) Handwerksordnung (HwO) in Verbindung mit der Verordnung über die Anerkennung von Prüfungen für die Eintragung in die Handwerksrolle vom 29.06.2005 in der Fachrichtung Elektrotechnik, zum Beispiel: Ingenieure, Master, Bachelor, Techniker und Industriemeister 3) Eine Ausübungsberechtigung gemäß § 7a Handwerksordnung (HwO), wie zum Beispiel: Installateur- und Heizungsbauer nach ZVEH/ZVSHK-Vereinbarung oder Altgesellen aus dem Elektrohandwerk mit mindestens sechs Jahren Berufserfahrung (G6) 4) Eine Ausnahmegewilligung gemäß § 8 Handwerksordnung (HwO) aus dem Elektrohandwerk oder § 9 Handwerksordnung (HwO) in Verbindung mit der Verordnung über die für Staatsangehörige eines Mitgliedstaates der Europäischen Union oder eines anderen Vertragsstaates des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum oder der Schweiz geltenden Voraussetzungen für die Ausübung eines zulassungspflichtigen Handwerks (EU/EWR HwV) vom 20.12.2007 (z. B. EU/EWR-Angehörige)

Tabelle 1: Sachkundenachweis



Sollte bei bestandener Meisterprüfung das Fach ETSI schlechter als „ausreichend“ bewertet worden sein, besteht auch hier die Möglichkeit zum Erwerb des Sachkundenachweises. Ist auch diese Prüfung dreimal nicht mit mindestens „ausreichend“ absolviert worden, ist die Teilnahme an diesem Eintragungsverfahren nicht mehr möglich.

Die Kurse zum Erwerb des Sachkundenachweises werden ausschließlich in autorisierten Schulungsstätten des „Zentralverbandes der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke“ (ZVEH) angeboten. Sie werden als sogenannter „TREI-Lehrgang“ (Technische Regeln Elektro-Installation) bezeichnet. Die Inhalte werden vom Bundesinstallateurausschuss in der Bundes-Muster-Verfahrensordnung (Ausgabe 2020) festgelegt:

Teil A: Schriftlicher Kenntnissnachweis über folgende Themeninhalte:

1. Rechtlicher Rahmen
2. Allgemein anerkannte Regeln der Technik und Arbeitssicherheit
3. Prüfen und Inbetriebnahme von elektrischen Anlagen
4. Schaltanlagen und Verteiler
5. Projektierung und Anmeldung elektrischer Anlagen

Teil B: Praktische Prüfung

Durchführung einer nach DIN VDE vorgeschriebenen Prüfung, Messung und Fehlersuche mit entsprechender Erstellung eines Prüf- und Inbetriebnahmeprotokolls

Teil C: Fachgespräch

mit dem Bezug auf die Teile A und B

Dabei müssen mindestens 50% der möglichen Punkte in jedem Prüfungsteil erreicht werden. Wird ein Teil mit weniger als der Hälfte der Punkte absolviert, wird der Teilnehmer von der restlichen Prüfung ausgeschlossen und muss alle Teile wiederholen.

Für die Teilnahme an der Prüfung muss ein schriftlicher Antrag beim ZVEH gestellt werden. Diesen Antrag kann nur einreichen, wer die Voraussetzungen zur Eintragung in die Handwerksrolle erfüllt.

Ausnahmen von diesem Verfahren bilden gemäß §7a HwO Installateur- und Heizungsbauermeister. Diese müssen einen 240-Stunden-Grundlehrgang „Elektroinstallationstechnik für Installateur- und Heizungsbauermeister“ durchführen. Darauf aufbauend können sie den 80-stündigen TREI-Lehrgang absolvieren und den Sachkundenachweis erwerben. Dieses Verfahren existiert ebenfalls für Elektromeister, die den Sachkundenachweis der „Technische Regeln für Gasinstallationen“ (TRGI) erwerben wollen.

Inhalt

2.	Rechtlicher Rahmen	8
2.1	Hierarchie der rechtlichen Bestimmungen	8
2.2	Abstufungen technischer Standards – Technik Klauseln	9
2.2.1	Allgemein anerkannte Regeln der Technik	10
2.2.2	Stand der Technik	10
2.2.3	Stand von Wissenschaft und Forschung	10
2.3	Regelwerke der Elektrotechnik	11
2.3.1	DIN-Normen	11
2.3.2	VDE-Vorschriftenwerk	12
2.3.3	Vorschriften der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung	15
2.3.4	Betriebssicherheitsverordnung	16
2.3.5	Technische Regeln für Betriebssicherheit	17
2.3.6	Produktsicherheitsgesetz	18
2.3.7	Handwerksordnung	18
2.3.8	Energiewirtschaftsgesetz	18
2.3.9	Stromgrundversorgerverordnung	19
2.3.10	Messstellenbetriebsgesetz	19
2.3.11	Erneuerbare-Energien-Gesetz	20
2.3.12	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz	21
2.3.13	Niederspannungsanschlussverordnung	21
2.3.14	Richtlinien der VdS Schadensverhütung GmbH	24
2.4	Bauordnungen und Sonderbauordnungen	25
2.4.1	Musterbauordnung	26
2.4.2	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie	27
2.4.3	Verordnungen für Sonderbauten	31
2.5	Rechtsgrundlagen zur Plombierung	44
2.6	Kennzeichnungen – Prüf- und Qualitätssiegel	45
2.6.1	CE-Kennzeichnung	45
2.6.2	GS-Siegel	46
2.6.3	VDE Zeichen	46
2.6.4	EU-Energielabel	46
2.6.5	Blauer Engel	47
2.6.6	EU-Ecolabel	47
2.6.7	TCO-Siegel	47
2.6.8	Energy-Star	48
2.6.9	OVE-Siegel	48
2.6.10	UL- & UR-Kennzeichnung	48
2.6.11	FCC-Siegel	48

2. Rechtlicher Rahmen



Für das Errichten und Betreiben von elektrischen Anlagen sowie die Herstellung und den Vertrieb von elektrischen Betriebsmitteln sind zahlreiche Gesetze, Verordnungen, Regeln und Richtlinien zu beachten.

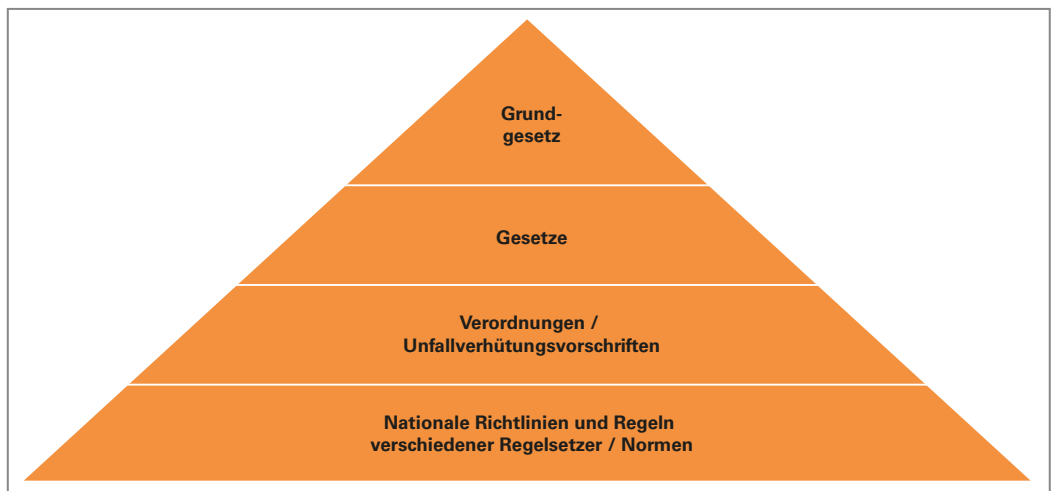
2.1 Hierarchie der rechtlichen Bestimmungen

Nach der Struktur der abgebildeten Gesetzespyramide (**Bild 1**) sind in der Bundesrepublik Deutschland alle rechtlichen Vorgaben angeordnet. Das Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland steht mit seiner Forderung nach körperlicher Unversehrtheit über allem.

Nachrangig folgen die Gesetze. Beispielsweise werden hier das „Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung“ (Energiewirtschaftsgesetz), das „Gesetz zur Neuordnung der Sicherheit von technischen Arbeitsmitteln und Verbraucherprodukten“ (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz, ProdSG) und das „Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln“ (EMVG) eingeordnet.

Wie in der Gesetzespyramide dargestellt, befinden sich unterhalb von Gesetzen die Verordnungen, wie beispielsweise die „Niederspannungsanschlussverordnung“ (NAV). Während Gesetze immer mehrheitlich durch ein Parlament beschlossen werden, können Verordnungen durch nachgeordnete Stellen (z. B. durch Ministerien, Bezirksregierungen, Regierungspräsidien) erlassen werden. Gesetze werden generell sehr allgemein gehalten. Sie werden erst durch Verordnungen präzisiert. Eine Ausnahme hierzu bildet das „Arbeitssicherheitsgesetz“ (ASiG), hier existiert keine nachrangige Verordnung.

Auf derselben Hierarchieebene der Verordnungen befinden sich die Unfallverhütungsverschriften. Diese werden als autonomes Recht von der „Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung“ (DGUV) herausgegeben. Der Begriff „autonom“ stammt vom griechischen „autonomos“ ab und kann als „eigenständig“ oder „selbstbestimmt“ beschrieben werden.



1 Gesetzespyramide

Der Dachverband der gesetzlichen Unfallversicherer erstellt eigenständig sein Regelwerk aus Vorschriften, Regeln und Informationen. Beispielsweise hat die DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ für jede Elektrofachkraft zentrale Bedeutung und ist eine verbindliche Rechtsvorschrift.

Gesetze, Verordnungen und Unfallverhütungsvorschriften werden kostenlos im Netz bereitgestellt, z. B.: www.gesetze-im-internet.de <https://publikationen.dguv.de/dguv/>. Dagegen sind Richtlinien, Normen und Regeln häufig nur über deren Urheber (z. B. Deutsches Institut für Normung – DIN, Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – VDE oder VdS Schadensverhütung GmbH, vormals Verband der Schadenversicherer e. V.) erhältlich.

2.2 Abstufungen technischer Standards – Technik Klauseln

Technische Regeln sind im weitesten Sinne Empfehlungen, Handlungsanleitungen oder Vorschläge zur Einhaltung von Gesetzen und Verordnungen. Sie dienen im Wesentlichen

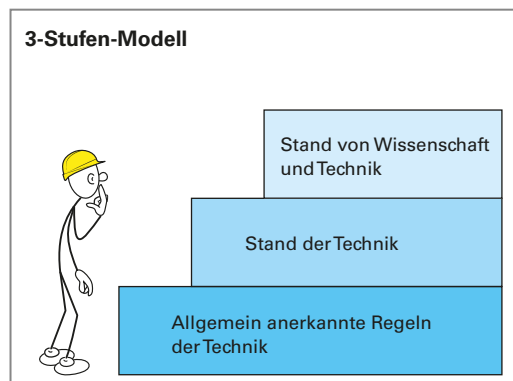
- der technischen Sicherheit zum Schutz von Gesundheit, Leben und Sachgütern,
- der Sicherung von Qualitätsstandards von Produkten und Dienstleistungen,
- dem Schutz der Umwelt sowie
- der Vergleichbarkeit von Dienstleistungen und Produkten.

In Ausschreibungen und Verträgen finden sich sehr häufig Technik Klauseln. Diese verweisen auf unterschiedliche technische Standards. Im deutschsprachigen Raum sind sie gemäß eines 3-Stufen-Modells (Bild 1) geordnet:

- Allgemein anerkannte Regeln der Technik
- Stand der Technik
- Stand von Wissenschaft und Technik

Diese Stufen wurden vom Bundesverfassungsgericht (BVerfGE) in der sogenannten „Kalkar-Entscheidung“ am 08. August 1978 verbindlich definiert (BVerfGE 49, 89 ff.). Dabei ging es um die Genehmigungsfähigkeit des Atomkraftwerks „Schneller Brüter“ (Bild 2). Obwohl der Ursprung in der Kernkraftindustrie lag, hatte dieses Urteil auch weitreichende Auswirkungen auf andere Gewerke und damit ebenso auf die Elektrotechnik.

Die technischen Standards und Technik Klauseln finden im Strafrecht für die Bestimmung von pflichtwidrigem Handeln, insbesondere bei der Prüfung der Fahrlässigkeit, Anwendung. So werden beispielsweise im §319 des Strafgesetzbuches (StGB) die „anerkannten Regeln der Technik bei der Baugefährdung“ explizit genannt.



1 Technische Standards



2 AKW „Schneller Brüter“ in Kalkar



Inhalt

3.	Arbeiten an elektrischen Anlagen	50
3.1	Gefahren des elektrischen Stromes	50
3.2	Grundlagen des Arbeitsschutzes	53
3.3	Organisation in der Elektrotechnik	54
3.3.1	Personen in der Elektrotechnik	54
3.3.2	Rollendefinitionen	57
3.3.3	Zur Prüfung befähigte Personen	60
3.4	Arbeitsmethoden	61
3.4.1	Annäherungs- und Gefahrenzone	61
3.4.2	Schutzabstände	62
3.4.3	Spannungsfreier Zustand	63
3.4.4	Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile	70
3.4.5	Arbeiten unter Spannung	71
3.4.6	Arbeiten in unterirdischen Kabelkellern und Kabelschächten	77
3.5	Störlichtbogenschutz	78
3.6	Spannungs- und Netzebenen	79
3.7	Asbest bei Arbeiten im Bestandsbau	81



3. Arbeiten an elektrischen Anlagen

Die DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ und die DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“ bilden den Rahmen für den Umgang mit elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln. Sie sind somit auch die Grundlage für ein sicheres Arbeiten. Für elektrotechnische Unternehmen inkl. der Geschäftsführung ist daher eine besondere Beachtung durch die Belegschaft von hoher Wichtigkeit.



Von zentraler Bedeutung sind für den Unternehmer die Erstellung und Fortschreibung von Gefährdungsbeurteilungen. Die Grundlage dazu liegt im § 5 des „**Arbeitsschutzgesetzes**“ (ArbSchG). Des Weiteren müssen anstehende Arbeiten unter allen Mitwirkenden besprochen werden. Alle Materialien, Werkzeuge, Geräte und Schutzausstattungen müssen in einwandfreiem Zustand sein und ihrer Bestimmung entsprechend eingesetzt werden. Ein wichtiges organisatorisches Element für die Sicherheit am Arbeitsplatz ist die Unterweisung durch die Vorgesetzten. Diese müssen gemäß § 4 der DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ vor Aufnahme der Tätigkeit sowie regelmäßig in angemessenen Zeitabständen oder nach Unfällen, jedoch mindestens jährlich, die Mitarbeiter hinsichtlich möglicher Gefahren unterweisen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Mitarbeiter die Unterweisung verinnerlicht haben und ein entsprechender Nachweis über die Unterweisung geführt wird. Die Vorgesetzten sind für die Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften zuständig und verantwortlich. Diese Vorgaben müssen vor Ort durch den Vorgesetzten ebenfalls regelmäßig überprüft und dokumentiert werden.

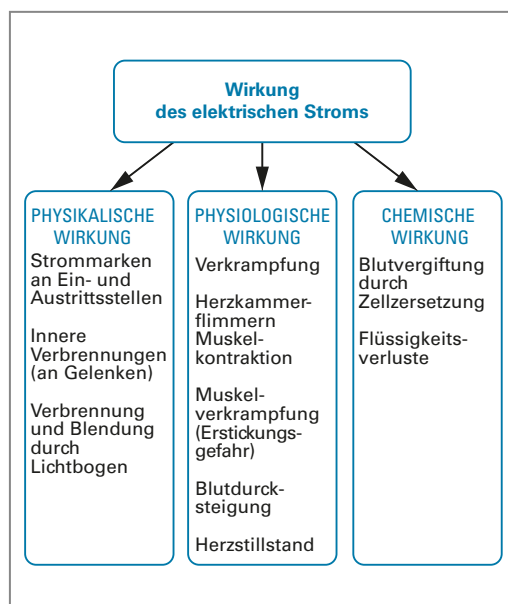
3.1 Gefahren des elektrischen Stromes

Die eigene Sicherheit und die Sicherheit anderer sind die wichtigsten Grundsätze beim Umgang mit elektrischer Energie. Bei Unfällen mit elektrischem Strom können Menschen unterschiedlichen Gefahren (**Bild 1**) ausgesetzt sein, beispielsweise durch Einwirkung eines elektrischen Schlags, Lichtbogeneinwirkung oder die Sekundärwirkung.

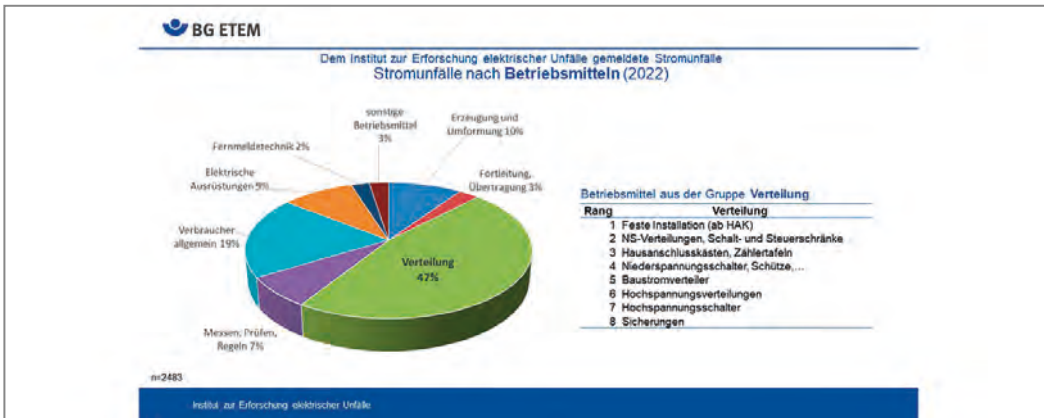
Beim Betreiben von elektrischen Anlagen gibt es zwei wesentliche Risiken:

- gefährliche Körperdurchströmungen,
- überhöhte Temperaturen, die zu Verbrennungen führen und Anlagenbrände verursachen können.

Grundsätzlich entstehen Gefahren dadurch, dass aktive Teile oder unterschiedliche Potentiale berührt werden oder Isolationsfestigkeiten unterschritten werden.



1 Wirkung des elektrischen Stromes



1 Stromunfälle nach Betriebsmitteln

Viele Unfälle werden nicht als „Stromunfälle“ (**Bild 1**) bezeichnet, weil diese nur durch eine kurzzeitige Körperdurchströmung ausgelöst wurden und damit Sekundärunfälle zur Folge hatten, zum Beispiel der Sturz von einer Leiter nach einem elektrischen Schlag.

Die Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper hängt von verschiedenen Faktoren (**Bild 2**) ab:

- Stromlaufbahn durch den Körper
- Stromart und -stärke
- Spannungsart und -ebene
- Einwirkdauer
- Frequenz

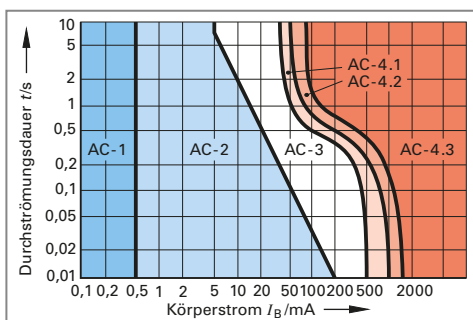
Daraus resultierend kann es zu physikalischen, physiologischen und chemischen Auswirkungen kommen. Die Verkrampfung der Handmuskulatur, der Weg des Stromes durch den Körper und die maximal zulässige Berührungsspannung von $50 V_{AC}$ und $120 V_{DC}$ spielen hierbei eine wichtige Rolle. Bei Rettungsversuchen im Zusammenhang mit (durch elektrischen Strom verursachten) Unfällen ist die Erste Hilfe insbesondere an diesen Wirkungen auszurichten.

Wird ein menschlicher Körper von einem elektrischen Strom durchflossen, kann es zu einer Verkrampfung der Handmuskulatur kommen, die ein eigenständiges Lösen der Hand unmöglich macht, die Stromstärke übersteigt die sogenannte „Loslassschwelle“. Aus diesem Grund liegt die maximal zulässige Berührungsspannung bei $50 V_{AC}$ bzw. $120 V_{DC}$.

Durch die Netzfrequenz von $f = 50 \text{ Hz}$ kann es zu Herzkammerflimmern kommen.

Stromgefährdung

vgl. VDE V 0140-479-1



2 Zeit/Stromstärke-Bereiche Wechselstrom

Zone	Physiologische Wirkung
AC-1	Normalerweise keine Wirkung.
AC-2	Normalerweise keine schädliche Wirkung.
AC-3	Meist kein organischer Schaden, Krampfartige Muskelreaktionen möglich und Schwierigkeiten beim Atmen.
AC-4.1	Wahrscheinlich von Herzkammerflimmern, ansteigend bis etwa 5%
AC-4.2	Wahrscheinlich von Herzkammerflimmern, ansteigend bis etwa 50%
AC-4.3	Wahrscheinlich von Herzkammerflimmern, über 50%
AC-4	AC-4 besteht aus den Bereichen AC-4.1, AC-4.1, AC-4.2, AC-4.3

Inhalt

4.	Schaltanlagen und Verteiler	84
4.1	Schutzklassen	84
4.2	Schutzgrad	85
4.3	Schutzart	85
4.3.1	Prüfverfahren der Schutzarten	87
4.4	Überstrom- und Kurzschlusschutz	88
4.4.1	Schmelzsicherungen	89
4.4.2	Automatische Sicherungen	95
4.4.3	Motorschutzschalter	98
4.4.4	Selektivität	100
4.4.5	Selektivitätsbetrachtung zum Überstromschutz	101
4.4.6	Selektivitätsbetrachtung zum Fehlerstromschutz	102
4.5	Projektierung und Bau von Schaltanlagen	103
4.6	Auftrennung PEN	104
4.7	Zählerplätze	105
4.7.1	Aufbau	105
4.7.2	Anlagenseitiger Anschlussraum	107
4.7.3	Zählerfeld	108
4.7.4	Raum für Zusatzanwendungen	110
4.7.5	Netzseitiger Anschlussraum	112
4.7.6	Abschlusspunkt Zählerplatz	112
4.7.7	Anordnung von Zählerschränken	113
4.8	Messeinrichtungen	113
4.8.1	Ferraris-Zähler	113
4.8.2	Elektronischer Haushaltszähler	114
4.8.3	Tarifsteuerung	114
4.8.4	Intelligente Messsysteme	115
4.8.5	Spezielle Messeinrichtungen	117
4.9	Schutzmaßnahmen	117
4.10	Basisschutz	118
4.10.1	Basisisolierung	118
4.10.2	Abdeckung oder Umhüllung	118
4.10.3	Schutz durch Hindernisse	119
4.10.4	Anordnung außerhalb des Handbereiches	119
4.11	Fehlerschutz	119
4.11.1	Automatische Abschaltung	120
4.11.2	Zusätzliche Isolierung	120
4.11.3	Schutzpotentialausgleich	120
4.12	Zusätzlicher Schutz gegen elektrischen Schlag	121
4.12.1	Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD)	123
4.12.2	RCD Typen A und AC	126
4.12.3	RCD Typ B	127
4.12.4	RCD Typ B+	128
4.12.5	RCD Typ F	128
4.12.6	Steckdose mit eingebautem RCD	128
4.13	Schutz gegen thermische Auswirkungen	129
4.14	Schutz gegen Störlichtbögen in Schaltanlagen	132



4. Schaltanlagen und Verteiler

Der Schwerpunkt bei den grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen an Schaltanlagen und Verteilern liegt beim Schutz vor Überlast und Kurzschluss.

Bei Überlast kommt es zu erhöhten Temperaturen der Betriebsmittel, die die Betriebssicherheit beeinträchtigen und zu Bränden führen können. Im Kurzschlussfall können extrem starke Ströme fließen, die zu hohen Kraftwirkungen zwischen den Betriebsmitteln führen und so große Schäden verursachen können.



1 Schaltanlage

4.1 Schutzklassen

Zum Schutz gegen elektrischen Schlag sind für alle elektrischen Betriebsmittel in der DIN EN 61140 drei Schutzklassen definiert. Die Schutzklassen (**Tabelle 1**) beschreiben Maßnahmen, welche Menschen und Nutztiere gegen gefährliche Berührungsspannungen an Teilen schützen, die im regulären Betrieb nicht unter Spannung stehen.

Bei Betriebsmitteln der Schutzklasse I sind alle leitfähigen Gehäuseteile mit dem Schutzleitersystem verbunden. Berührt ein fehlerhaftes aktives Teil leitfähige Gehäuseteile, entsteht ein Körperschluss. Bedingt durch den geringen elektrischen Widerstand des Schutzleitersystems fließt nun ein großer Fehlerstrom I_F gegen das Erdpotential ab. Dadurch wird das Überschutzorgan ausgelöst und der Stromkreis abgeschaltet.



Schutzklasse I



Schutzklasse II



Schutzklasse III

Tabelle 1: Symbole Schutzklassen



Elektrische Betriebsmittel mit einer doppelten bzw. verstärkten Isolierung entsprechen der Schutzklasse II. In der Kennzeichnung nach „IEC 60417“ wird dies durch zwei Quadrate symbolisiert. Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse II, wie beispielsweise Handbohrmaschinen, besitzen mit einem CEE 7/16 Eurostecker oder einem CEE 7/17 Konturenstecker (siehe Kap. 6.1) meist keinen Anschluss für einen Schutzleiter.

Die beiden Quadrate symbolisieren die doppelte Isolierung, welche nicht beschädigt werden darf. Dies kann am Beispiel von Abzweigdosen in „Auf-Putz-Ausführung“ sehr anschaulich verdeutlicht werden. Damit das Verschrauben der Abzweigdose mit der Wand die Schutzklasse nicht aufhebt, können die Schrauben beispielsweise außerhalb des Klemmraumes angebracht werden. Sind die Schrauben im Inneren des Klemmraumes angebracht, so sind diese mit den stets mitgelieferten Isolierkappchen abzudecken.

Mit der „Sicherheitskleinspannung“ (SELV – **S**afety **E**xtra **L**ow **V**oltage) arbeiten elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse III. Die maximalen Betriebsspannungen betragen bei Wechselspannung 50 Volt und bei Gleichspannung 120 Volt. Dadurch werden selbst beim direkten Berühren aktiver Teile lebensbedrohliche Körperdurchströmungen ausgeschlossen. Ist es notwendig, dass die elektrischen Betriebsmittel der Schutzklasse III geerdet werden müssen, so erfolgt der Anschluss an die „Funktionskleinspannung“ (PELV – **P**rotective **E**xtra **L**ow **V**oltage). Dabei ist eine sichere Trennung der Funktionskleinspannung vom Niederspannungsnetz gewährleistet. Funktionskleinspannungen ohne sichere Trennung vom Niederspannungsnetz werden als FELV (**F**unctional **E**xtra **L**ow **V**oltage) bezeichnet.

4.2 Schutzgrad

Mit dem Begriff „Schutzgrad“ wird der Widerstand von Gehäusen elektrischer Betriebsmittel gegen Kräfte von außen beschrieben. In der VDE 0470-100 wird ein System zu deren Klassifizierung beschrieben, welche erlaubt, den zu erwartenden Schutz vor mechanischen Beanspruchungen zu beurteilen. So können Umfang und Schutzgrad unter Berücksichtigung der zu erwartenden möglichen mechanischen Beanspruchung gewählt werden. Die hier genormten Prüfverfahren erlauben es, Betriebsmittel verschiedener Hersteller vergleichen zu können. Dieser Schutzgrad wird durch eine Klassifizierung nach IK-Code angegeben. Die nichtlineare Skala des IK-Codes reicht dabei von IK01 mit einer Beanspruchungsenergie von 0,15 Joule bis hin zu IK11 mit 50 Joule. Die Prüfung wird dabei mit genormten Hämmern, wie zum Beispiel Feder-, Pendel- oder Freifallhämmern durchgeführt.

4.3 Schutzart

Bei der „Schutzart“ wird der Schutz gegen Berührung aktiver Teile gegen Eindringen fester Fremdkörper und Wasser (**Tabelle 1, Seite 86**) definiert. Da das Eindringen von Fremdkörpern oder Wasser immer mit einer einwirkenden Kraft von außen verbunden ist, sind auch hier Prüfkräfte in der dazugehörigen Norm VDE 0470-1 angegeben, die aber nicht mit den Kräften bei der Prüfung des Schutzgrades zu verwechseln sind.

In der DIN EN 60529 (VDE 0470-1 2014-09) werden Schutzarten definiert und deren Nachweise festgelegt. Es werden Anforderungen an die Beschaffenheit von Gehäusen elektrischer Betriebsmittel gestellt. Ziel ist, Gefährdungen von Personen durch das Eindringen von Festkörpern oder Wasser zu verhindern und die Funktionsfähigkeit des elektrischen Betriebsmittels zu gewährleisten.

Dabei wird unterschieden:

- Schutz von Personen gegen Zugang zu gefährlichen Teilen (Berührungsschutz)
- Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen von festen Fremdkörpern (Fremdkörperschutz)
- Schutz der Betriebsmittel gegen schädliche Einwirkungen durch das Eindringen von Wasser (Wasserschutz)



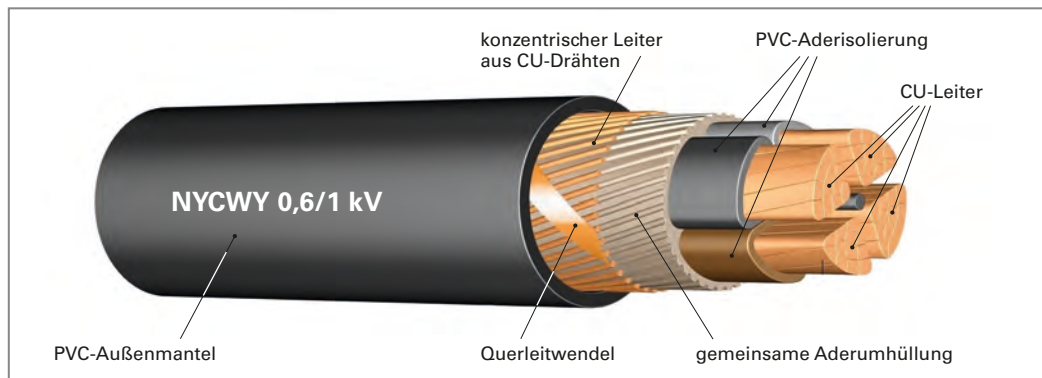
Inhalt

5.	Kabel- und Leitungsanlagen	134
5.1	Bezeichnungen von Kabeln und Leitungen	134
5.2	Auswahl und Errichtung von Kabel- und Leitungsanlagen	140
5.2.1	Leitungen	140
5.2.2	Kabel	142
5.3	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen	142
5.3.1	Bestimmung der Netzimpedanzen	144
5.3.2	Betriebsstrom mit Oberwellen	145
5.3.3	Nennstrom des Überstromschutzorgans	146
5.3.4	Leiterquerschnitt	147
5.3.5	Reduktionsfaktoren	149
5.4	Funktionserhalt	149
5.5	Spannungsfall in Verbraucheranlagen	150
5.6	Elektrische Verbindungen	152
5.6.1	Schraubverbindungen	153
5.6.2	Federkraftverbindungen	153
5.6.3	Schneidklemmverbindungen	153
5.6.4	Drehverbindungen	154
5.6.5	Lötverbindungen	154
5.7	Abstände von Kabel- und Leitungsanlagen zu anderen technischen Anlagen	155
5.7.1	Nähe zu elektrischen Anlagen	155
5.7.2	Nähe zu Telekommunikationskabeln	156
5.7.3	Nähe zu nichtelektrischen Anlagen	156
5.8	Instandhaltung und Reinigung von Kabel- und Leitungsanlagen	156



5. Kabel- und Leitungsanlagen

Als zentrale Betriebsmittel der Elektro- und Informationstechnik werden Kabel und Leitungen zur Übertragung von Energie und Informationen verwendet. Diese bestehen aus einem Verbund von ein- oder mehradrigen Kabeln bzw. Leitungen, die mit Isolierstoffen ummantelt sind (**Bild 1**).



1 Kabelaufbau

5.1 Bezeichnungen von Kabeln und Leitungen

Zum Abbau von Handelshemmnissen im Europäischen Binnenmarkt legte das Europäische Komitee für elektrotechnische Normung (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique CENELEC) 1976 eine einheitliche Kennzeichnung für elektrische Starkstromkabel und isolierte Starkstromleitungen fest. Diese europaweite Harmonisierung führte zu den Begriffen „Harmonisierte Bezeichnung“ und „Harmonisierte Leitung“ (**Tabelle 1**). Das europaweite Kennzeichnungssystem wurde im Harmonisierungsdokument „(HD) 361 S2/S3“ festgelegt und beschreibt die jeweilige Bestimmung, die Bemessungsspannung zwischen Außenleiter und Erde bzw. zwischen zwei Außenleitern, den Isolierwerkstoff, die Aufbauelemente, den Mantelwerkstoff, den Leiterwerkstoff, die Aderzahl, den Schutzleiter, den Aderquerschnitt sowie optional die Aufbauart. Das HD 361 S2/S3 ist in der DIN VDE 0292 umgesetzt.

Kennzeichnung der Bestimmung

A	Anerkannter nationaler Typ
H	Harmonisierter Typ
CH-N	Schweizer Typ (anderer nationaler Typ)

Bemessungsspannung

01	100 V/100 V
03	300 V/300 V
05	300 V/500 V
07	450 V/750 V
10	600 V/1000 V



Isolierwerkstoff

B	Ethylen-Propylen-Gummi (für eine Dauer-Betriebstemperatur von 90°C)
G	Ethylen-Vinylacetat
J	Glasfasergeflecht
M	mineralisch
N	Polychloropren-Gummi (oder gleichwertiger Werkstoff)
N2	Spezial-Polychloropren-Gummi-Mischung für Mäntel von Schweißleitungen nach HD 22.6
N4	Chlorsulfiniertes oder chloriertes Polyethylen
N8	wasserbeständige Spezial-Polychloropren-Gummi-Mischung
Q	Polyurethan
R	Ethylenpropylen-Gummi oder gleichwertiges synthetisches Elastomer (für eine Dauerbetriebstemperatur von 60°C)
S	Silikon-Gummi (bis 180°C)
T	Textilgeflecht über die verseilten Adern
T6	Textilgeflecht über jede einzelne Ader einer mehradrigen Leitung
V	Polyvinylchlorid (PVC) (bis 70°C)
V2	wärmebeständiges PVC (bis 90°C)
V3	kältebeständiges PVC (bis -25°C)
V4	vernetztes PVC
V5	ölbeständiges PVC
Z	vernetzte Polyolefin-Mischung für Leitungen, die im Brandfall wenig korrosive Gase und wenig Rauch entwickeln
Z1	thermoplastische Polyolefin-Mischung für Leitungen, die im Brandfall wenig korrosive Gase und wenig Rauch entwickeln

Aufbauelemente (optional)

C	konzentrischer Schirm aus Kupfer
C4	Kupferschirm als Geflecht über den Adern
Q4	zusätzliche Polyamid-Adernumhüllung
T	zusätzliches Textilgeflecht über verseilten Adern
T6	zusätzliches Textilgeflecht über Einzelader
H	flache, aufteilbare Leitung
H2	flache, nicht aufteilbare Leitung
H6	flache Leitung nach EN 50214 mit 3 oder mehr Adern (flache PVC-ummantelte Steuerleitungen)
H7	Leitung mit extrudierter zweischichtiger Isolierhülle
H8	Wendelleitung



Inhalt

6.	Steckvorrichtungen, Schalter und Installationsgeräte	158
6.1	Steckdosen und Stecker	158
6.2	Steckverbindungen für Industrie und Gewerbe	160
6.3	Schalter	162
6.4	Steckverbindungen zum Laden von Elektromobilen	162
6.4.1	Stecker Typ 2	163
6.4.2	Combo-2-Stecker	163
6.4.3	Lademodi	163
6.4.4	Fuel Identifiers	164



6. Steckvorrichtungen, Schalter und Installationsgeräte

Die Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel, wie Steckvorrichtungen, Schalter und Installationsgeräte erfolgte bis 2019 gemäß den Anforderungen der DIN VDE 0100-550. Diese Norm wurde jedoch im Februar 2019 zurückgezogen und durch die Anwendungsregel VDE-AR-E 2100-550 ersetzt, um zukünftigen Änderungen und Weiterentwicklungen flexibler und schneller Rechnung zu tragen. Alle als erhaltenswert angesehenen Anforderungen aus der DIN VDE 0100-550 wurden in die VDE-AR-E 2100-550 übernommen.

6

6.1 Steckdosen und Stecker

Da unterschiedliche Steckverbinder in Europa als Handelshemmnis angesehen werden, wurde eine Vereinheitlichung angestrebt. Die Internationale Kommission für die Regelung der Zulassung elektrischer Ausrüstungen versuchte mit dem CEE-System (**C**ommission on the Rules for the Approval of the **E**lectrical **E**quipment) europaweit eine Harmonisierung zu erreichen. Entsprechende Vorschläge wurden jedoch 1996 von der CENELEC (**C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation **É**lectro-**T**echnique) abgelehnt. Aus diesem Projekt ging jedoch eine Auflistung und Nummerierung der in Europa gebräuchlichsten Steckersysteme (**Tabelle 1**) hervor.

Bezeichnung	Beschreibung	Typ	
CEE 7/1	Zweipolige Steckdose ohne Schutzkontakt	–	
CEE 7/2	Zweipoliger Stecker ohne Schutzkontakt	–	
CEE 7/3	Deutsche Steckdose Schuko	F	
CEE 7/4	Deutsche Stecker Schuko	F	

CEE 7/5	Französische Steckdose Schuko	E	
CEE 7/6	Französische Stecker Schuko	E	
CEE 7/7	Kombinationsstecker Typ E Typ F	F	
CEE 7/16	Eurostecker ohne Schutzkontakt	C	
CEE 7/17	Konturenstecker ohne Schutzkontakt	-	

Tabelle 1: CEE-Bezeichnungen

Das Schuko-Stecksystem wurde von Wilhelm Klement am 24.12.1929 zum Patent angemeldet und am 12.01.1931 unter der Nummer DRP 567906 patentiert. Ein Schuko-Stecker besitzt zwei runde Stiftkontakte mit einem Durchmesser von $D = 4,8 \text{ mm}$ und einer Länge von $L = 19 \text{ mm}$. Für den Abstand der Stifte gilt $s = 19 \text{ mm}$. Der dritte Pol stellt den Schutzkontakt dar. Die Verbindung des Schutzkontaktes ist voreilend und leitet somit eventuelle Fehlerströme ab, bevor die Stiftkontakte geschlossen werden. An der Steckdose verhindert ein 19 mm hoher Kragen um die Grundebene der Abdeckung das Berühren der Stifte beim Ein- und Ausstecken des Steckers. Werden Steckdosen für eine Dauer von vier Stunden mit dem Bemessungsstrom belastet, so darf die Temperaturerhöhung der Klemm- und Verbindungsstellen sowie der Kontaktbuchsen 45 K nicht überschreiten.

In Deutschland werden Steckdosen gemäß DIN VDE 0620-1 und der Normenreihe DIN EN 60309 für den Netzanschluss elektrischer Betriebsmittel verwendet. Für Elektrofahrzeuge werden insbesondere Steckdosen der Normenreihe DIN EN 62196 verwendet.



Inhalt

7.	Projektierung und Anmeldung elektrischer Anlagen	166
7.1	Anmeldung von elektrischen Anlagen	166
7.2	Hausanschlusseinrichtungen	168
7.2.1	Planung von Anschlüssen	169
7.2.2	Unterbringung von Anschlüsseinrichtungen in Gebäuden	171
7.2.3	Unterbringung von Anschlüsseinrichtungen außerhalb von Gebäuden	173
7.3	Erdungsanlagen	175
7.3.1	Fundamenterder	176
7.3.2	Ringerder	176
7.3.3	Bauwerksabdichtung	177
7.3.4	Funktionserder	178
7.3.5	Dokumentation	178
7.3.6	Berechnung des Ausbreitungswiderstandes	179
7.3.7	Tiefenerder	179
7.3.8	Messungen in Erdungsanlagen	180
7.4	Elektrische Anlagen in Wohngebäuden	181
7.4.1	Rohrnetze	181
7.4.2	Dosen und Gehäuse	183
7.4.3	Installations-, Schaltpläne und weitere Dokumentationen	185
7.4.4	Starkstromanlage	185
7.4.5	Mindestausstattung	188
7.4.6	Ausstattungspreise	190
7.4.7	Energieeffizienz	191
7.4.8	Installationszonen	191
7.4.9	Gebäudesystemtechnik	194
7.4.10	Luftdichte und wärmebrückenfreie Elektroinstallation	196
7.5	Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art	198
7.5.1	Niederspannungsanlagen auf Baustellen	199
7.5.2	Elektroinstallation in Räumen mit Badewanne oder Dusche	201
7.6	Erzeugungsanlagen und Speicher	204
7.6.1	Anlagentypen	204
7.6.2	Anmeldung von Erzeugungsanlagen	205
7.6.3	Messkonzepte	205
7.6.4	Einspeisespannungen	207
7.6.5	Netzfrequenz	207
7.6.6	Schutzparameter	208
7.6.7	Netzsicherheitsmanagement	209
7.6.8	Netz- und Anlagenschutz	210
7.6.9	Zentraler Netz- und Anlagenschutz	210
7.6.10	Energiespeicher	212
7.6.11	Steckerfertige Erzeugungsanlagen	212
7.7	E-Mobilität	214
7.7.1	Ladepunkt	214
7.7.2	Schutzmaßnahme – automatische Abschaltung der Stromversorgung	215
7.7.3	Endstromkreis	215
7.7.4	Montage im Außenbereich	215
7.7.5	Bidirektionales Laden	216
7.7.6	Inbetriebnahme und Prüfung	216
7.7.7	Mehrere Ladepunkte	216
7.7.8	Gleichzeitigkeit	217
7.7.9	Anmeldung von Ladepunkten	219
7.7.10	Brandschutz bei Ladepunkten	219



7. Projektierung und Anmeldung elektrischer Anlagen

Für den sicheren und zuverlässigen Betrieb einer elektrischen Anlage muss diese unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Beanspruchung und äußeren Gegebenheiten geplant werden. Verschiedene DIN-Normen unterstützen den Planer dabei und geben Empfehlungen ab. Verschiedene VDE-Normen geben konkrete Schutzziele vor.

7.1 Anmeldung von elektrischen Anlagen

Elektrische Anlagen, die mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden werden sollen, müssen frühzeitig beim zuständigen Netzbetreiber angemeldet worden sein. Dies dient der leistungsgerechten Auslegung der Stromnetze und zur Beurteilung möglicher Netzzrückwirkungen. Hierzu stellt der Anschlussnehmer dem Netzbetreiber alle erforderlichen Daten und Unterlagen zur Verfügung.

Eine Anmeldung definiert nicht nur den eigentlichen Anschluss an das öffentliche Stromnetz, sondern auch alle wesentlichen Änderungen an der angeschlossenen elektrischen Anlage. So müssen beispielweise leistungsintensive Verbrauchsgeräte wie Computertomographen, große Motoren, Heiz- und Klimageräte, Ladestationen für Elektrofahrzeuge, aber auch Stromerzeugungsanlagen beim Netzbetreiber angemeldet werden.

Frei verwendbare Musteranträge stellt beispielsweise der „Verband für Energie- und Wasserwirtschaft Baden-Württemberg e. V.“ (VfEW-BW) zur Verfügung.

Üblicherweise werden folgende Daten und Unterlagen benötigt:

- Angaben zum Anschlussobjekt: Straße, Grundstück, Ort
- Zweck der Anmeldung: Neuanlage, Leistungsänderung, Umlegung usw.
- Art der Kundenanlage: Baustelle, Wohnobjekt, Industrie usw.
- gleichzeitig benötigte Leistung und Nennstrom der Überstromschutzeinrichtung
- erwarteter Jahresenergieverbrauch
- Anschlussnehmer
- Zustimmung des Grundstückseigentümers
- Lageplan, z. B. 1:500
- Grundrissplan, in welchem der Anschlusspunkt ersichtlich wird

Werden zustimmungspflichtige Verbrauchsgeräte, z. B. Stromerzeugungsanlagen, leistungsintensive Verbrauchsgeräte usw. vorgesehen, können weitere beizubringende Unterlagen notwendig werden.

Das Anmeldeverfahren und die benötigten Unterlagen können je nach Netzbetreiber stark variieren.

Zustimmungspflichtigkeit

Um Störungen im öffentlichen Stromnetz zu vermeiden, bedarf es vor der Inbetriebnahme in einigen Fällen der vorherigen Zustimmung des Netzbetreibers.

Folgende Matrix gibt einen beispielhaften Überblick, welche Vorhaben anmeldepflichtig oder auch zustimmungspflichtig sind.



	Anmeldepflichtig	Zustimmungspflichtig	Geschosszeichnung (Grundrissplan)	Lageplan (M 1:500 oder 1:100)	Messkonzept	Inbetriebsetzungsformular	Formulare Anhang B VDE AR-N 4100	Formulare Anhang E VDE AR-N 4105
neuer Netzanschluss		X	X					
neue Kundenanlage	X	X	X			X		
Trennung/Zusammenlegung von Zähleranlagen	X	X				X		
Netzanschlussänderung (z. B. Umlegung)	X	X		X		X		
Überschreitung der im Netzanschlussvertrag vereinbarten gleichzeitig benötigten Leistung	X	X						
vorübergehend angeschlossene Anlagen (Baustellen, Festlich- keiten usw.)	X	X				X		
steckerfertige Erzeugungs- anlagen bis 600 VA	X ¹					X ¹		
Erzeugungsanlagen	X	X			X			X
E-Mobilität $\geq 3,6$ kVA bis ≤ 12 kVA Summen- bemessungsleistung	X						B.3	
E-Mobilität > 12 kVA Summenbemessungsleistung	X	X					B.3	
Einzelgeräte > 12 kVA	X	X					B.1	
Elektroheizungen und -klima- geräte (ausgenommen ortsveränderliche Einzelgeräte)	X	X						
schaltbare Lasten nach § 14a EnWG	X	X		X				
Batteriespeicher mit Einspeisung ins öffentliche Netz	X	X			X		B.2	
Batteriespeicher ohne Einspeisung ins öffentliche Netz	X				X		B.2	
Notstromaggregate	X	X		X				
Anschlusschränke im Freien	X	X		X				

¹ Für steckerfertige Erzeugungsanlagen bis 600 VA kann eine vereinfachte Anmeldung verwendet werden. Bei der erstmaligen Inbetriebsetzung bzw. notwendigem Zählerwechsel ist zusätzlich das Inbetriebsetzungsformular durch den Anlagenerichter einzureichen. Für Anwender der VDE-Anwendungsregeln können auf der Homepage des „VDE – FNN“ die in diesen Normen enthaltenen Anträge kostenlos heruntergeladen werden.



Inhalt

8.	Blitz- und Überspannungsschutz	222
8.1	Äußerer Blitzschutz	223
8.1.1	Blitzkugelverfahren	224
8.1.2	Maschenverfahren	225
8.1.3	Schutzwinkelverfahren	225
8.1.4	Trennungsabstand	226
8.2	Innerer Blitz- und Überspannungsschutz	227
8.2.1	Ableiter Typ 1: Blitzstromableiter	228
8.2.2	Ableiter Typ 2: Überspannungsableiter im Verteiler	229
8.2.3	Ableiter Typ 3: Überspannungsableiter zum Geräteschutz	230



8. Blitz- und Überspannungsschutz

Ungefähr 25% aller Elektronikschäden sind auf Überspannungen durch Blitze (LEMP - Lightning Electromagnetic Pulses) oder Schalthandlungen (SEMP – Switching Electromagnetic Pulses) zurückzuführen. Beim Schalten großer ohmsch-induktiver Verbraucher können Spannungsspitzen von mehreren 1000 V in der elektrischen Anlage entstehen. Neben Schalthandlungen des Energieversorgers können diese Induktionsspannungen auch durch Kunden, beispielsweise durch das Ausschalten eines elektrischen Heizlüfters oder Föhns erzeugt werden.

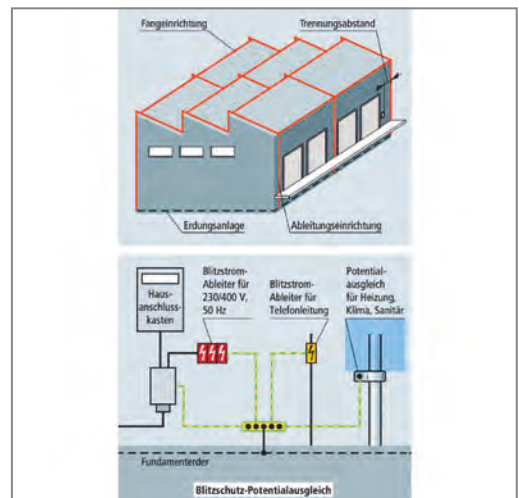
Ursache für Gewitter ist der Aufstieg warmer Luftmassen mit ausreichend hoher Luftfeuchtigkeit in große Höhen. Wird in vertikaler Richtung eine Kaltluftmasse durchquert, kondensiert der Wasserdampf und durch Reibungsprozesse kommt es zur elektrischen Ladungstrennung. Erreicht die Feldstärke mehrere 100 kV/m, kommt es zur Blitzentladung (**Bild 1**). Da diese Stromstärken mehr als 300 000 A erreichen können, stellen sie ein großes Gefahrenpotenzial für Mensch und Tier dar. Es können Verbrennungen, Herzkammerflimmern oder -stillstand, Nerven- und Muskellähmung sowie Bewusstlosigkeit als Folge des Blitzeinschlags erfolgen. Zusätzlich können Feuer, Explosionen sowie mechanische und chemische Auswirkungen infolge der Blitzentladung zu erheblichen Schäden führen. Durch den inneren und äußeren Blitzschutz soll dieses Risikopotenzial minimiert werden.

Europaweit werden Blitze mithilfe von über 155 Antennen messtechnisch erfasst. Jeder Blitz erzeugt ein charakteristisches, elektromagnetisches Feld, dessen Ausbreitung annähernd mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt. Die synchronisierten Messstationen erfassen diesen Impuls zu unterschiedlichen Zeitpunkten und können daraus den Ort des Gewitterblitzes mit einer Genauigkeit von bis zu 50 m errechnen. Pro Jahr lassen sich so im Mittel 1,5 Millionen Blitzentladungen in Deutschland nachweisen, was einer durchschnittlichen Blitzdichte von 4,2 Blitzen je km² entspricht. Regional schwankt dieser Wert zwischen zwei in der norddeutschen Tiefebene und fünf in Gebirgsregionen. Die Notwendigkeit einer Blitzschutzanlage ergibt sich aus den Vorgaben der Landesbauordnung (LBO) des jeweiligen Bundeslandes und der in DIN EN 623052 (VDE 0185-305-2) beschriebenen Risikoabschätzung, unter Berücksichtigung von Lage, Bauart und Nutzung des Gebäudes. Zusätzlich kann die VdS-Publikation „Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz“ hinzugezogen werden.

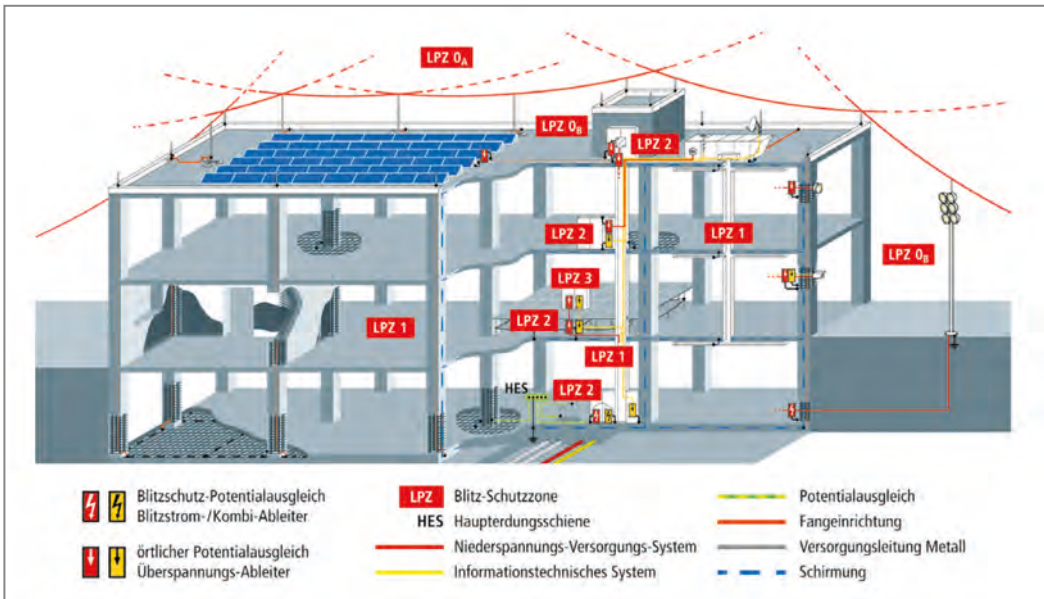
Anhand dieser Dokumente erfolgt die Einteilung in die erforderlichen Blitzschutzklassen I bis IV, wobei die Blitzschutzklasse I den höchsten Schutz bietet. Eine Einstufung des Blitzschutzsystems zumindest in Schutzklasse III wird auch ohne Vorgaben empfohlen. Jedoch kann auch in der höchsten Schutzklasse keine vollständige Sicherheit erreicht werden, ein Restrisiko bleibt also immer vorhanden. Ein Blitzschutzsystem (LPS – Lightning Protection Systems) (**Bild 2**) hat die Aufgabe, Gebäude vor



1 Wolke-Erde-Blitz



2 Blitzschutzsystem



1 Blitzschutzzonen

Brand oder mechanischer Zerstörung und die sich darin befindenden Personen vor gesundheitlicher Schädigung zu schützen.

Durch eine normenkonforme Blitzschutzanlage ergeben sich sogenannte „Blitzschutzzonen“ (LPZ – Lightning Protection Zones) (Bild 1). Die Nummerierung erfolgt aufsteigend von außen nach innen, beginnend mit der LPZ 0 außerhalb des Gebäudes. Im Außenbereich erfolgt eine weitere Aufteilung in die Blitzschutzzone LPZ 0_A, in der es keinen Schutz gibt, und LPZ 0_B, in der ein direkter Blitzeinschlag durch Fangeinrichtungen zwar verhindert wird, eine Gefährdung durch das elektromagnetische Feld des Blitzes aber möglich ist. Im Inneren des Gebäudes befinden sich die Blitzschutzzonen LPZ 1, LPZ 2 und LPZ 3, diese sind vor einem direkten Blitzeinschlag geschützt. Bei jedem Übergang zwischen zwei Blitzschutzzonen werden durch isolierende Schnittstellen und Überspannungsschutzgeräte die Stoßströme weiter begrenzt. Elektrische Betriebsmittel in der LPZ 3 sind somit am besten geschützt.

Auf Basis dieser Zonen werden die erforderlichen Überspannungsschutzeinrichtungen ausgewählt.

8.1 Äußerer Blitzschutz

Durch die Fangeinrichtungen der äußeren Blitzschutzanlage soll das Gebäude vor direkten Einschlägen geschützt und die Auswirkungen des Blitzschlages kontrolliert verringert werden. Grundsätzlich gilt es, vorrangig Ecken und Kanten eines Gebäudes und hervorstehende Gebäudeteile zu schützen. Zum Einsatz als Fangeinrichtungen kommen Stangen, gespannte Drähte und Seile sowie vermaschte Leiter.

Für den Planer und Errichter stehen nun drei prinzipielle Verfahren zur Verfügung, um die Lage und Anordnung von Fangeinrichtungen festzulegen:

- Blitzkugelverfahren
- Maschenverfahren
- Schutzwinkelverfahren

Inhalt

9.	Prüfung und Inbetriebnahme von elektrischen Anlagen	232
9.1	Erstprüfung nach DIN VDE 0100-600	233
9.1.1	Besichtigung	234
9.1.2	Messung und Erprobung	234
9.1.3	Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter prüfen	235
9.1.4	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage messen	236
9.1.5	Sichere Trennung durch SELV, PELV oder Schutztrennung prüfen	237
9.1.6	Widerstand von nichtleitender Umgebung prüfen	238
9.1.7	Prüfung der Spannungspolarität	239
9.1.8	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	239
9.1.9	Messungen am Fehlerstromschutzschalter	246
9.1.10	Prüfung der Phasenfolge	246
9.1.11	Funktionsprüfungen	247
9.1.12	Spannungsfall	247
9.1.13	Dokumentation der Prüfung	248
9.2	Mess- und Prüfgeräte	249
9.3	Wiederkehrende Prüfung	250
9.3.1	Besichtigung	251
9.3.2	Erprobung	252
9.3.3	Messung	253
9.3.4	Dokumentation der Prüfung	253
9.3.5	E-CHECK Photovoltaik (PV)	254
9.3.6	E-CHECK Elektrische Maschinen (EMA)	255
9.3.7	E-CHECK Informationstechnik (IT)	255
9.3.8	E-CHECK E-Mobilität	256



9. Prüfung und Inbetriebnahme von elektrischen Anlagen

In der DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ wird in § 5 deren Prüfung näher beschrieben. Grundlage dafür ist die Verantwortung des Unternehmers, der sicherstellen muss, dass die elektrischen Betriebsmittel und die elektrischen Anlagen in einem ordnungsgemäßen Zustand betrieben werden. Der Unternehmer oder eine von ihm beauftragte Person trägt als Anlagenbetreiber die volle Verantwortung für den sicheren Betrieb der elektrischen Anlage und gibt dazu die Regeln und Randbedingungen vor. Die dazu notwendigen Prüfungen müssen durch eine als Elektrofachkraft befähigte Person durchgeführt werden. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass diese unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft erfolgen. Das ist beispielsweise der Fall, wenn die Prüfung gemeinsam mit einem oder mehreren Auszubildenden erfolgt. Die als Elektrofachkraft befähigte Person muss dazu ständig anwesend sein.

Um den ordnungsgemäßen und sicheren Zustand von elektrischen Betriebsmitteln und elektrischen Anlagen zu gewährleisten, muss eine Prüfung zu folgenden Zeitpunkten erfolgen:

- vor der ersten Inbetriebnahme
- nach Änderungen
- nach Instandsetzungen
- vor Wiederinbetriebnahmen
- nach bestimmten Zeitabständen

Die sichere Durchführung von Prüfungen an elektrischen Anlagen und elektrischen Betriebsmitteln (**Bild 1**) wird in der DGUV Information 203-071 beschrieben. Die in § 5 des **Arbeitsschutzgesetzes** (ArbSchG) festgelegte Pflicht zur Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen wird für Prüfungen an elektrischen Anlagen und elektrischen Betriebsmitteln im Abschnitt 4 in der „DGUV Information 203-071“ detailliert beschrieben.

Alle für die Prüfperson relevanten Gefährdungen muss der Unternehmer vor Beginn der Prüftätigkeiten ermitteln und beurteilen. Auf dieser Grundlage werden dann notwendige Schutzmaßnahmen festgelegt und bereitgestellt.



1 VDE-Messung

Für Prüfpersonen können sich Gefährdungen durch folgende Umstände ergeben:

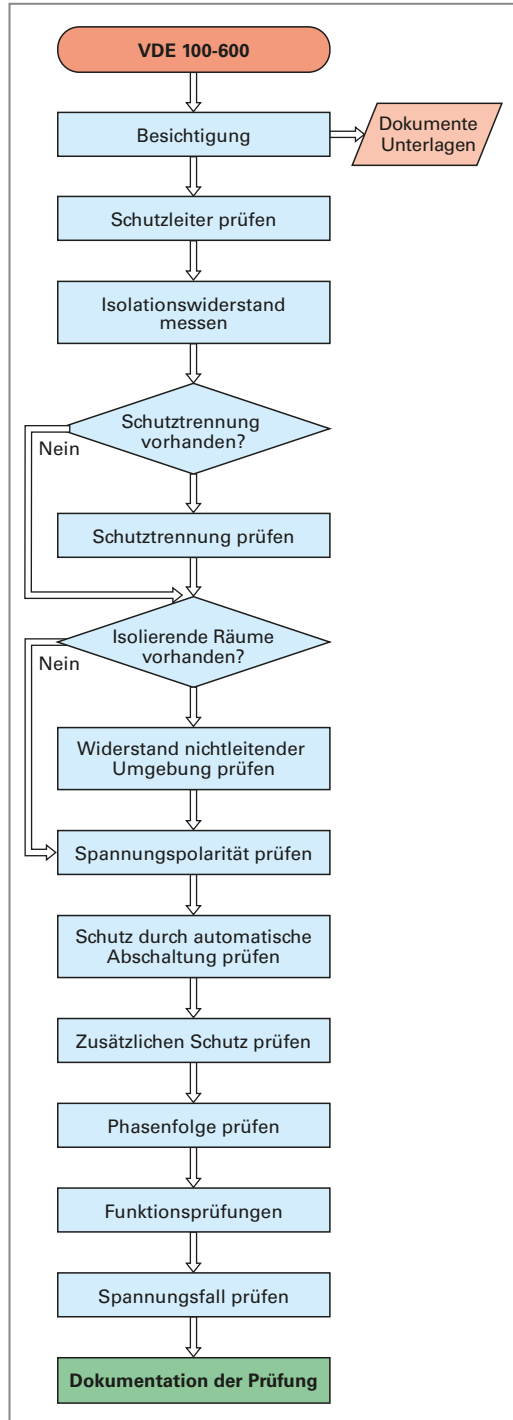
- gefährliche Spannungen
- Störlichtbögen
- elektrische Felder
- magnetische Felder
- mechanische Gefährdungen
- chemische Gefährdungen
- biologische Gefährdungen
- thermische Gefährdungen
- Lärm
- psychische Gefährdungen
- optische Strahlung
- Produktionsumgebung
- Umgebungsbedingungen

Die Prüftätigkeit kann daher erst nach Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung des Unternehmers und nur durch eine nach der „Betriebssicherheitsverordnung“ (BetrSichV) und den „technischen Regeln der Betriebssicherheit“ (TRBS 1203) befähigten Person erfolgen.

9.1 Erstprüfung nach DIN VDE 0100-600

Die Erstprüfung ist nach der Fertigstellung einer neuen Anlage oder einer Erweiterung oder Änderung einer existierenden Anlage durchzuführen. Für Änderungen und Erweiterungen gelten die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung aktuellen Normen und es ist nachzuweisen, dass die Sicherheit der neuen Anlage nicht durch die bereits bestehende Anlage beeinträchtigt wird.

Dem Prüfer müssen die in DIN VDE 0100-510 geforderten Unterlagen wie z. B. Schaltpläne, Berechnungsnachweise, Diagramme oder Tabellen bereitgestellt werden. Stromkreise, Schutz-, Trenn- und Schalteinrichtungen sind damit eindeutig identifizierbar. Es ist sicherzustellen, dass durch die Prüfung keine Sachschäden oder Gefahrensituationen für Personen entstehen. Die Prüfung gliedert sich in die Abschnitte „Besichtigung“, „Messung“ und „Erprobung“ (Bild 1).



1 Flussdiagramm Prüfungsablauf



10. Aufgaben

10.1	Rechtlicher Rahmen für Elektroinstallationen	258
10.2	Elektrischer Unfall im Ferienhaus	259
10.3	Gefährliche Körperdurchströmung	260
10.4	Betrieb von elektrischen Anlagen	261
10.5	Spannungsfall auf Leitungen (Grundlagen)	262
10.6	Leitwert, Leiterlänge und Spannungsfall	263
10.7	Leitungsdimensionierung 1	264
10.8	Leitungsdimensionierung 2	265
10.9	Leitungsdimensionierung 3	266
10.10	Leitungsdimensionierung 4	267
10.11	Leitungsdimensionierung 5	268
10.12	Erdungstypen	269
10.13	Fundamenterder	270
10.14	Elektromobile – Ladezeiten	271
10.15	Elektromobilität – Energiekosten	272
10.16	Drehstromasynchronmotor und Motorschutzschalter	273
10.17	Unsymmetrische Last und Oberschwingungen	274
10.18	Zählerplätze VDE AR-N 4100	275
10.19	Erstprüfung	276
10.20	Wiederkehrende Prüfung	277
10.21	Äußerer Blitzschutz	278

Hinweis: Einen Freischaltcode für die Musterlösungen zu den Aufgaben in diesem Kapitel finden Sie auf der vorderen Umschlaginnenseite.



10.1 Rechtlicher Rahmen für Elektroinstallationen

BESCHREIBUNG DER BETRIEBLICHEN HANDLUNG

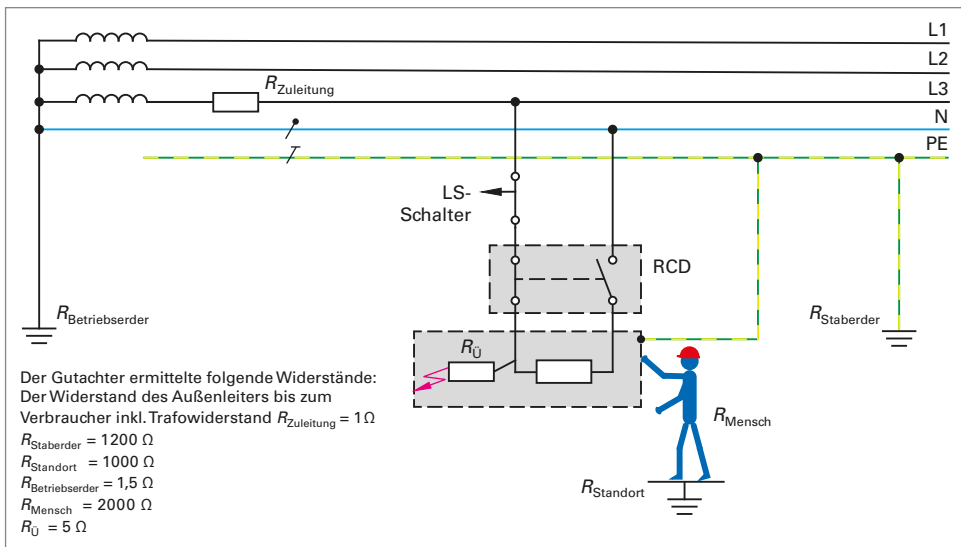
Für das Errichten und Betreiben von elektrischen Anlagen sowie die Herstellung und den Vertrieb von elektrischen Betriebsmitteln sind zahlreiche Gesetze, Verordnungen, Regeln und Richtlinien zu beachten.



- A** Nennen Sie die Voraussetzungen, um an einem TREI-Kurs teilzunehmen zu können.
- B** Erläutern Sie die Dreistufentheorie.
- C** Warum ist der § 13 in der Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) so wichtig?
- D** Nennen Sie den Unterschied zwischen einem Verteilnetzbetreiber VNB und einem Netzbetreiber NB.
- E** Begründen Sie, ab welcher Anschlussleistung eines elektrischen Betriebsmittels bei einem EVU angemeldet oder genehmigt werden muss. Nennen Sie die Leistungen und wo diese Vorgaben zu finden sind.
- F** Nennen Sie die drei Gefahren des elektrischen Stroms.
- G** Erklären Sie, was eine „Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten“ ist.
- H** Erläutern Sie die Bedeutung der Abkürzungen „DL“ und „DV“.
- I** Ist es möglich, die Reihenfolge bei den fünf Sicherheitsregeln zu verändern? Begründen Sie.

10.2 Elektrischer Unfall im Ferienhaus

In einem italienischen Ferienhaus (TT-Netz) wird ein elektrisches Betriebsmittel der Schutzklasse 1 an einer Spannung von $U = 230\text{ V}$ betrieben. Zum Überstrom- und Fehlerstromschutz sind ein Leistungsschutzschalter mit einem Bemessungsstrom $I_N = 16\text{ A}$ und ein RCD mit einem Differenzstrom $I_{DN} = 30\text{ mA}$ installiert. Eine mechanische Beschädigung verursacht im elektrischen Betriebsmittel einen unvollkommenen Kurzschluss ($R_{Ü} = 5\ \Omega$). Der RCD löst aus. Beim Berühren des elektrischen Betriebsmittels erhält der Ferienhausbesitzer einen elektrischen Schlag. Eine spätere Untersuchung ergibt, dass der RCD nur den Neutralleiter unterbrochen hat. Der Kontakt im Außenleiter hat mechanisch versagt.



- A** Erstellen Sie das Ersatzschaltbild des Fehlerstromkreises zum Zeitpunkt, nachdem der RCD ausgelöst, der Ferienhausbesitzer das elektrische Betriebsmittel aber noch nicht berührt hat.
- B** Erstellen Sie das Ersatzschaltbild des Fehlerstromkreises zum Zeitpunkt, an dem der Ferienhausbesitzer das elektrische Betriebsmittel berührt.
- C** Berechnen Sie den Strom, der durch den menschlichen Körper geflossen ist.
- D** Berechnen Sie die Berührungsspannung.
- E** Nehmen Sie Stellung zu den Auswirkungen des Stromflusses durch den menschlichen Körper.