



Allgemeine Ordnung für elektrische Anlagen

Buch 2

20.07.2022



FÖD Wirtschaft, K.M.B., Mittelstand und Energie

Rue du Progrès 50 – 1210 Brüssel

Unternehmensnummer: 0314.595.348

-  0800 120 33 (freie Nummer)
-  SPFEco
-  @spfeconomie
-  [linkedin.com/company/fod-economie](https://www.linkedin.com/company/fod-economie) (zweisprachige Seite)
-  [instagram.com/spfecoco](https://www.instagram.com/spfecoco)
-  [youtube.com/user/SPFEconomie](https://www.youtube.com/user/SPFEconomie)
-  economie.fgov.be

Verantwortliche Herausgeberin:

Séverine Waterbley
Vorstandsvorsitzende des Direktionsausschusses
Rue du Progrès 50 – 1210 Brüssel

Internetfassung

232-19

Nr.	Änderungen	Belgisches Staatsblaat
01 20/07/2022	Deutsche Übersetzung	Königlicher Erlass vom 8. September 2019 (C- 2022/15395)

ANLAGE 2 - BUCH 2 - HOCHSPANNUNGSANLAGEN

Wechselspannung > 1000 V

Gleichspannung (mit und ohne Welligkeit) > 1500 V

INHALTSVERZEICHNIS

ANLAGE 2 - BUCH 2 - HOCHSPANNUNGSANLAGEN	I
Übersicht der Abbildungen	iii
Übersicht der Tabellen	v
Teil 1 - Allgemeine Vorschriften für Betriebsmittel und elektrische Anlagen	1
KAPITEL 1.1 - Einleitung	2
KAPITEL 1.2 - Anwendungsbereich	2
KAPITEL 1.3 - Zielsetzung	2
KAPITEL 1.4 - Grundprinzipien	3
KAPITEL 1.5 - Grenzen der Anlagen	3
Teil 2 - Begriffe und Begriffsbestimmungen	4
KAPITEL 2.1 - Einleitung	6
KAPITEL 2.2 - Eigenschaften der Anlagen	6
KAPITEL 2.3 - Spannungen	7
KAPITEL 2.4 - Schutz gegen elektrischen Schlag	8
KAPITEL 2.5 - Erdung	14
KAPITEL 2.6 - Stromkreise	17
KAPITEL 2.7 - Leitungen	18
KAPITEL 2.8 - Betriebsmittel	21
KAPITEL 2.9 - Trennung und Steuerung	22
KAPITEL 2.10 - Äußere Einflüsse	22
KAPITEL 2.11 - Arbeiten und Prüfung	29
KAPITEL 2.12 - Schemata, Pläne und Unterlagen von elektrischen Anlagen	32
Teil 3 - Bestimmung der allgemeinen Eigenschaften von elektrischen Anlagen	34
KAPITEL 3.1 - Allgemeines	35
KAPITEL 3.2 - Stromversorgung und Strukturen	37
KAPITEL 3.3 - Kompatibilität	37
KAPITEL 3.4 - Sicherheitsanlagen	38
KAPITEL 3.5 - Kritische Anlagen	38
Teil 4 - Schutzmaßnahmen	39
KAPITEL 4.1 - Einleitung	41
KAPITEL 4.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag	41
KAPITEL 4.3 - Schutz gegen thermische Auswirkungen	53
KAPITEL 4.4 - Elektrischer Überstromschutz	61
KAPITEL 4.5 - Überspannungsschutz	62
KAPITEL 4.6 - Schutz gegen bestimmte andere Auswirkungen	62
Teil 5 - Wahl und Einsatz von Betriebsmitteln	64
Kapitel 5.1 - Gemeinsame Regeln für alle Betriebsmittel	66
Kapitel 5.2 - Zusätzliche Regeln für Leitungen	67
Kapitel 5.3 - Elektrische Schaltgeräte (Schutz, Steuerung, Trennung und Überwachung)	76
Kapitel 5.4 - Erdung, Schutzleiter und Potentialausgleichsverbindungen	85
Teil 6 - Prüfung von Anlagen	92
Kapitel 6.1 - Einleitung	93
Kapitel 6.2 - Anwendungsbereich	93
Kapitel 6.3 - Zugelassene Stellen	93
Kapitel 6.4 - Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme	97
Kapitel 6.5 - Kontrollbesuche	99
Teil 7 - Vorschriften für Anlagen und Orte besonderer Art	101
Kapitel 7.1 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre	102
Teil 8 - Besondere Vorschriften in Bezug auf bestehende elektrische Anlagen	110
Kapitel 8.1 - Einleitung	111

Kapitel 8.2 - Abweichungsbestimmungen für bestehende elektrische Anlagen	111
Kapitel 8.3 - Kontrollbesuch einer alten elektrischen Anlage an Orten, an denen keine in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnten Personen beschäftigt sind	113
Teil 9 - Von Personen zu berücksichtigende allgemeine Vorschriften	115
Kapitel 9.1 - Pflichten des Eigentümers, Verwalters oder Betreibers	116
Kapitel 9.2 - Zuteilung der Codes BA4/BA5.....	118
Kapitel 9.3 - Arbeiten an elektrischen Anlagen	119
Kapitel 9.4 - Sicherheitszeichen	127
Kapitel 9.5 - Verbotsbestimmungen	129

Übersicht der Abbildungen

Abbildung 2.1 - Zulässige Berührungsspannung U_{Tp} im Verhältnis zur Fehlerstromdauer	10
Abbildung 2.2 - Handbereich: Die Standfläche wird natürlich abgegrenzt.	11
Abbildung 2.3 - Handbereich: Die Standfläche wird durch ein Ausrüstungselement abgegrenzt.....	11
Abbildung 2.4 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen.....	11
Abbildung 2.5 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen.....	12
Abbildung 2.6 - Beispiel für die Veränderung des Erdoberflächenpotentials und der Spannungen, wenn Ströme durch die Erde fließen.....	15
Abbildung 2.7 - Erdungswiderstand R_E	16
Abbildung 2.8 - Erdungsimpedanz Z_E	16
Abbildung 2.9 - Vergleichbares Schema der Erdungsimpedanz Z_E	16
Abbildung 2.10 - Schleifenimpedanz eines Erders Z_{EB}	17
Abbildung 2.11 - Vergleichbares Schema der Schleifenimpedanz eines Erders Z_{EB}	17
Abbildung 2.12 - Verlegeart "Hohlblockstein"	20
Abbildung 2.13 - Verlegeart "Kabelkanal"	20
Abbildung 2.14 - Verlegeart "Kabelwanne"	20
Abbildung 2.15 - Verlegeart "Elektroinstallationsrohr"	20
Abbildung 2.16 - Verlegeart "Kabelschacht"	21
Abbildung 2.17 - Verlegeart "Ausleger"	21
Abbildung 2.18 - Verlegeart "Kabelrinne"	21
Abbildung 2.19 - Verlegeart "Kabelpritsche"	21
Abbildung 2.20 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone	30
Abbildung 2.21 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone mit isolierender Schutzeinrichtung .	30
Abbildung 2.22 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone mit geerdeter metallischer Schutzeinrichtung	31
Abbildung 4.1 - Mindestabstände für den Schutz anhand von Hindernissen	44
Abbildung 5.1 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Freileitungen	67
Abbildung 5.2 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkt erdverlegte elektrische Leitungen.....	68
Abbildung 5.3 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Erdverlegte elektrische Leitungen mit mechanischem Schutz.....	68
Abbildung 5.4 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Erdverlegte elektrische Leitungen in einem Kabelrohr	68
Abbildung 5.5 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelwannen	68
Abbildung 5.6 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Ausleger	68
Abbildung 5.7 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen	69
Abbildung 5.8 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen	69
Abbildung 5.9 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen.....	69
Abbildung 5.10 - Verlegearten für elektrische Leitungen - In Elektroinstallationsrohren im Freien.....	69
Abbildung 5.11 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen	69
Abbildung 5.12 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen	70
Abbildung 5.13 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschacht.....	70
Abbildung 5.14 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelrinne.....	70
Abbildung 5.15 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aussparungen	70
Abbildung 5.16 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Vorgefertigte Blöcke.....	70
Abbildung 5.17 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unter Wasser.....	71
Abbildung 5.18 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Auf Isolatoren.....	71
Abbildung 5.19 - Strom I_D für Erdungsleiter mit kreisförmigem Querschnitt je nach Querschnitt (A in mm ²)	86

Abbildung 5.20 - Strom I_D für Erdungsleiter mit rechteckigem Querschnitt je nach Produkt von Querschnitt und Umfang ($A \times s$) 87

Abbildung 9.1 - Warnschild 128

Abbildung 9.2 - Verbotsschild 128

Übersicht der Tabellen

Tabelle 2.1 - Wechselstromspannungsbereiche	8
Tabelle 2.2 - Gleichstromspannungsbereiche	8
Tabelle 2.3 - Vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung U_L	13
Tabelle 2.4 - Vereinbarter relativer Grenzwert der Berührungsspannung $U_L(t)$	13
Tabelle 2.5 - Kategorien von äußeren Einflüssen	22
Tabelle 2.6 - Äußere Einflüsse - Umgebungstemperatur (AA)	23
Tabelle 2.7 - Äußere Einflüsse - Umgebungstemperatur (AA) - Besondere Bedingungen	23
Tabelle 2.8 - Äußere Einflüsse - Auftreten von Wasser (AD)	23
Tabelle 2.9 - Äußere Einflüsse - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)	24
Tabelle 2.10 - Äußere Einflüsse - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF)	24
Tabelle 2.11 - Äußere Einflüsse - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)	25
Tabelle 2.12 - Äußere Einflüsse - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL)	25
Tabelle 2.13 - Äußere Einflüsse - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM)	25
Tabelle 2.14 - Äußere Einflüsse - Sonnenstrahlung (AN)	26
Tabelle 2.15 - Äußere Einflüsse - Fähigkeiten von Personen (BA)	26
Tabelle 2.16 - Äußere Einflüsse - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB)	26
Tabelle 2.17 - Äußere Einflüsse - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC)	27
Tabelle 2.18 - Äußere Einflüsse - Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall (BD)	27
Tabelle 2.19 - Äußere Einflüsse - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE)	28
Tabelle 2.20 - Äußere Einflüsse - Baustoffe (CA)	28
Tabelle 2.21 - Äußere Einflüsse - Gebäudestruktur (CB)	29
Tabelle 2.22 - Abstandswerte D_L und D_V	31
Tabelle 4.1 - Vorschriften in Bezug auf die maximale Erdpotentialerhöhung	53
Tabelle 4.2 - Höchsttemperaturen von Außenflächen elektrischer Betriebsmittel, die sich im Handbereich befinden	54
Tabelle 4.3 - Klassen von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Brandverhaltens	56
Tabelle 4.4 - Eigenschaften von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Brandverhaltens	57
Tabelle 4.5 - Eigenschaften von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Feuerwiderstands	57
Tabelle 4.6 - Orte wie in Unterabschnitt 4.3.3.7 Buchstabe a Absatz 1 erwähnt	60
Tabelle 5.1 - Eigenschaften und Einsatz von Betriebsmitteln je nach Umgebungstemperatur (AA)	77
Tabelle 5.2 - Eigenschaften und Einsatz von spezifischen Betriebsmitteln je nach Umgebungstemperatur (AA)	77
Tabelle 5.3 - Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte je nach Auftreten von Wasser (AD)	77
Tabelle 5.4 - Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte je nach Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)	77
Tabelle 5.5 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach den Fähigkeiten von Personen (BA)	79
Tabelle 5.6 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach elektrischem Widerstand des menschlichen Körpers (BB)	79
Tabelle 5.7 - Werte der Konstanten β et k für bestimmte Materialien	85
Tabelle 5.8 - Höchste zulässige Temperatur je nach Material	86
Tabelle 5.9 - Korrekturfaktor je nach Endtemperatur	87
Tabelle 5.10 - Mindestabmessungen von Erdungselektroden je nach verwendeten Materialien in Zusammenhang mit ihrem Widerstand gegen mechanische und korrosive Einflüsse	88
Tabelle 9.1 - Unspezifische äußere Einflüsse	118

Teil 1 - Allgemeine Vorschriften für Betriebsmittel und elektrische Anlagen

KAPITEL 1.1 - EINLEITUNG	2
KAPITEL 1.2 - ANWENDUNGSBEREICH	2
Abschnitt 1.2.1 - Allgemeine Regelung.....	2
Abschnitt 1.2.2 - Ausnahmen	2
KAPITEL 1.3 - ZIELSETZUNG.....	2
KAPITEL 1.4 - GRUNDPRINZIPIEN	3
Abschnitt 1.4.1 - Elektrische Anlagen	3
Unterabschnitt 1.4.1.1 - Nennspannung.....	3
Unterabschnitt 1.4.1.2 - Regeln des Fachs - Konformität mit den Normen	3
Unterabschnitt 1.4.1.3 - Errichtung und Instandhaltung.....	3
Unterabschnitt 1.4.1.4 - Reparaturen, Ergänzungen und Änderungen.....	3
Abschnitt 1.4.2 - Elektrische Betriebsmittel	3
Unterabschnitt 1.4.2.1 - Sichere elektrische Betriebsmittel	3
Unterabschnitt 1.4.2.2 - Reparaturen, Ergänzungen und Änderungen.....	3
Unterabschnitt 1.4.2.3 - Einhaltung der Normen	3
KAPITEL 1.5 - GRENZEN DER ANLAGEN	3

KAPITEL 1.1 - Einleitung

Buch 2 betrifft elektrische Hochspannungsanlagen.

Vorliegendes Buch ist wie folgt unterteilt:

- Teil x
- Kapitel x.x
- Abschnitt x.x.x
- Unterabschnitt x.x.x.x

In vorliegendem Buch versteht man unter:

- **Buch 1:** Buch in Bezug auf *Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen*,
- **Buch 3:** Buch in Bezug auf *Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie*.

KAPITEL 1.2 - Anwendungsbereich

Abschnitt 1.2.1 - Allgemeine Regelung

Die Vorschriften des vorliegenden Buches gelten für alle elektrischen Hochspannungsanlagen für die Produktion, Umwandlung, Verteilung oder Nutzung elektrischer Energie, sofern die Nennfrequenz des Stroms nicht höher ist als 10000 Hz.

Abschnitt 1.2.2 - Ausnahmen

Die Vorschriften des vorliegenden Buches gelten nicht:

- für Hochspannungsverbrauchsgeräte, die über ein Niederspannungsnetz versorgt werden und bei denen die Leistung des Hochspannungsteils 500 VA nicht überschreitet. Diese gelten als zur Niederspannungsanlage gehörend, so dass die für Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen geltenden Bestimmungen auch für sie anwendbar sind. Für Entladungslampen von Leuchtschildern wird die Grenze von 500 VA jedoch auf 200 VA herabgesetzt,
- für Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, die von den Netzbetreibern betrieben werden, und deren Hilfsanlagen einschließlich des Anschlusses an dieses Netz und der dazugehörigen Zähleranlagen,
- für ortsfeste Anlagen für den eigentlichen elektrischen Antrieb von Eisenbahnen, U-Bahnen, Straßenbahnen und Trolleybussen und ortsfeste Anlagen für die elektrische Ausrüstung ihres Rollmaterials. Werden nicht als Anlagen für den eigentlichen elektrischen Antrieb betrachtet: Kraftwerke, Unterwerke und Übertragungsleitungen, die Kraftwerke mit Traktionsunterwerken verbinden,
- für Anlagen, die von der Militärbehörde errichtet oder betrieben werden,
- für Signaleinrichtungen der Belgischen Eisenbahnen,
- für Anlagen auf Seeschiffen, Fischereifahrzeugen und Binnenschiffen,
- für Anlagen für Luftfahrzeuge einschließlich der dazugehörigen Bodenanlagen, die Belgocontrol gehören, sofern sie nicht außerhalb der Grenzen der Flughäfen auf Grundstücken gelegen sind, die Dritten gehören,
- für unterirdische Anlagen und mit ihnen gleichgesetzte oberirdische Anlagen, die den Gesetzen und Vorschriften unterliegen, die auf Bergwerke, Gruben und Steinbrüche unter Tage anwendbar sind, vorbehaltlich anders lautender Bestimmung.

KAPITEL 1.3 - Zielsetzung

Mit vorliegendem Buch wird darauf abgezielt, Vorschriften in Bezug auf die Wahl der Betriebsmittel und die Errichtung, den Schutz, die Benutzung und die Kontrolle von elektrischen Hochspannungsanlagen festzulegen, um ein Mindestmaß an Sicherheit zu gewährleisten.

KAPITEL 1.4 - Grundprinzipien

Abschnitt 1.4.1 - Elektrische Anlagen

Unterabschnitt 1.4.1.1 - Nennspannung

Elektrische Anlagen sind in allen ihren Bestandteilen entsprechend ihrer Nennspannung zu konzipieren und zu errichten.

Unterabschnitt 1.4.1.2 - Regeln des Fachs - Konformität mit den Normen

Die vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen - sofern vorhanden - und alle Bestimmungen, die ein mindestens gleichwertiges Sicherheitsniveau gewährleisten, sind als Regeln des Fachs zu betrachten.

Unterabschnitt 1.4.1.3 - Errichtung und Instandhaltung

Elektrische Anlagen werden wie folgt errichtet:

- mit sicheren elektrischen Betriebsmitteln,
- bestimmungsgemäß,
- so, dass sie in allen ihren Bestandteilen ordnungsgemäß instand gehalten werden können,
 - und dies gemäß den Vorschriften des vorliegenden Buches und den Regeln des Fachs (wenn die Vorschriften nicht in vorliegendem Buch vorhanden sind).

Bei ordnungsgemäßer Instandhaltung und bestimmungsgemäßer Benutzung gefährden so errichtete Anlagen weder die Sicherheit von Personen noch die Erhaltung von Gütern.

Unterabschnitt 1.4.1.4 - Reparaturen, Ergänzungen und Änderungen

Reparaturen, Ergänzungen und Änderungen von elektrischen Anlagen sind mit sicheren Betriebsmitteln, gemäß den Vorschriften des vorliegenden Buches und nach den Regeln des Fachs (wenn die Vorschriften nicht in vorliegendem Buch vorhanden sind) durchzuführen.

Abschnitt 1.4.2 - Elektrische Betriebsmittel

Unterabschnitt 1.4.2.1 - Sichere elektrische Betriebsmittel

In elektrischen Anlagen werden nur sichere elektrische Maschinen, Geräte und Leitungen verwendet. Dies bedeutet, dass sie nach den Regeln des Fachs gebaut sind und bei einwandfreier Installation und Instandhaltung und bestimmungsgemäßer Verwendung sowohl die Sicherheit von Personen als auch die Erhaltung von Gütern nicht gefährdet werden.

Unterabschnitt 1.4.2.2 - Reparaturen, Ergänzungen und Änderungen

Reparaturen, Ergänzungen und Änderungen von elektrischen Betriebsmitteln sind mit sicheren Betriebsmitteln, gemäß den Vorschriften des vorliegenden Buches und nach den Regeln des Fachs (wenn die Vorschriften nicht in vorliegendem Buch vorhanden sind) durchzuführen.

Unterabschnitt 1.4.2.3 - Einhaltung der Normen

Elektrische Betriebsmittel müssen mindestens die in *Abschnitt 5.1.3* erwähnten Kriterien erfüllen.

KAPITEL 1.5 - Grenzen der Anlagen

Die Niederspannungsklemmen des Hochspannungs-/Niederspannungstransformators werden als Grenze der Hochspannungsanlage betrachtet.

Ungeachtet der regionalen technischen Regelungen für den Betrieb von Elektrizitätsverteilnetzen wird die Grenze der Anlage für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, die von den Netzbetreibern betrieben wird, als Betriebsgrenze zwischen dem Netzbetreiber und dem Netzbenutzer, wie sie im Anschlussvertrag oder in der Anschlussregelung festgelegt ist, betrachtet.

Teil 2 - Begriffe und Begriffsbestimmungen

KAPITEL 2.1 - EINLEITUNG	6
KAPITEL 2.2 - EIGENSCHAFTEN DER ANLAGEN	6
Abschnitt 2.2.1 - Allgemeine Eigenschaften.....	6
Unterabschnitt 2.2.1.1 - Allgemeine Begriffe	6
Unterabschnitt 2.2.1.2 - Erdungssysteme	7
Abschnitt 2.2.2 - Größen und Maßeinheiten	7
Abschnitt 2.2.3 - Verschiedene Anlagen	7
KAPITEL 2.3 - SPANNUNGEN	7
Abschnitt 2.3.1 - Allgemeine Begriffe	7
Abschnitt 2.3.2 - Wechselstromspannungsbereiche	8
Abschnitt 2.3.3 - Gleichstromspannungsbereiche.....	8
KAPITEL 2.4 - SCHUTZ GEGEN ELEKTRISCHEN SCHLAG	8
Abschnitt 2.4.1 - Allgemeine Begriffe	8
Abschnitt 2.4.2 - Isolierung.....	13
KAPITEL 2.5 - ERDUNG	14
KAPITEL 2.6 - STROMKREISE	17
Abschnitt 2.6.1 - Allgemeine Begriffe	17
Abschnitt 2.6.2 - Ströme	17
Abschnitt 2.6.3 - Eigenschaften von Schutzeinrichtungen	18
KAPITEL 2.7 - LEITUNGEN	18
Abschnitt 2.7.1 - Allgemeine Begriffe	18
Abschnitt 2.7.2 - Verlegearten.....	20
KAPITEL 2.8 - BETRIEBSMITTEL.....	21
KAPITEL 2.9 - TRENNUNG UND STEUERUNG	22
KAPITEL 2.10 - ÄUßERE EINFLÜSSE	22
Abschnitt 2.10.1 - Allgemeines	22
Abschnitt 2.10.2 - Umgebungstemperatur (AA)	23
Abschnitt 2.10.3 - Auftreten von Wasser (AD)	23
Abschnitt 2.10.4 - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)	24
Abschnitt 2.10.5 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF)	24
Abschnitt 2.10.6 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG).....	24
Abschnitt 2.10.7 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)	25
Abschnitt 2.10.8 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL)	25
Abschnitt 2.10.9 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM)	25
Abschnitt 2.10.10 - Sonnenstrahlung (AN).....	26
Abschnitt 2.10.11 - Fähigkeiten von Personen (BA)	26
Abschnitt 2.10.12 - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB).....	26
Abschnitt 2.10.13 - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC).....	27
Abschnitt 2.10.14 - Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall (BD)	27
Abschnitt 2.10.15 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE).....	28
Abschnitt 2.10.16 - Baustoffe (CA).....	28
Abschnitt 2.10.17 - Gebäudestruktur (CB)	29

KAPITEL 2.11 - ARBEITEN UND PRÜFUNG	29
Abschnitt 2.11.1 - Arbeiten an elektrischen Anlagen	29
Abschnitt 2.11.2 - Prüfung von elektrischen Anlagen	31
KAPITEL 2.12 - SCHEMATA, PLÄNE UND UNTERLAGEN VON ELEKTRISCHEN ANLAGEN.....	32

KAPITEL 2.1 - Einleitung

Verschiedene Fachbegriffe werden in vorliegendem Teil bestimmt, da es sich um allgemeine Begriffe handelt.

All diese Begriffsbestimmungen sind in vorliegendem Buch anwendbar.

Andere Begriffsbestimmungen, solche von Begriffen, die spezifisch auf einen Teil des Buches anwendbar sind, sind im betreffenden Teil enthalten.

Vorbehaltlich anders lautender Bestimmungen gelten die Angaben in Bezug auf die Spannung in vorliegendem Buch sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom.

KAPITEL 2.2 - Eigenschaften der Anlagen

Abschnitt 2.2.1 - Allgemeine Eigenschaften

Unterabschnitt 2.2.1.1 - Allgemeine Begriffe

Räumlichkeit: überdachter Ort, der durch Trennwände abgegrenzt ist, nämlich durch einen Boden, anschließende Wände und eine anschließende Decke; diese Trennwände sind massiv bzw. fest oder haben nur Öffnungen, die den Durchgang eines langen geradlinigen Drahtes von 1 mm Durchmesser nicht ermöglichen.

Elektrische Anlage: aus elektrischen Maschinen, Geräten und Leitungen bestehendes Ganzes.

Ortsfeste Anlage (auch permanente Anlage genannt): Anlage, die weder der Begriffsbestimmung einer zeitlich begrenzten Anlage noch der Begriffsbestimmung einer mobilen oder transportablen Anlage entspricht.

Zeitlich begrenzte Anlage: Anlage, die nur eine begrenzte Dauer hat, wie:

- entweder eine Anlage, die für zeitlich begrenzte Einrichtungen bestimmt ist, die nicht in den vorgesehenen Anwendungsbereich des betreffenden Ortes fallen, oder eine wiederholt errichtete Anlage,
- oder eine Anlage, die für die Ausführung von Bauarbeiten für die Errichtung von Gebäuden und dergleichen bestimmt ist.

Mobile oder transportable Anlage: Anlage, die entweder aus eigenen Mitteln oder durch den Benutzer unter Spannung oder ohne Spannung bewegt werden kann.

Bereich: Ort, der nicht unbedingt überdacht und nicht unbedingt durch Trennwände oder Einfriedungen abgegrenzt ist.

Eingefriedeter Bereich: Ort, der nicht unbedingt überdacht ist und entweder durch eine oder mehrere Trennwände oder durch ein oder mehrere Hindernisse abgegrenzt ist, die zur Abgrenzung eines Bereichs dienen.

Elektrische Betriebsstätte: entweder eine Räumlichkeit oder ein eingefriedeter Bereich, die/der hauptsächlich oder ausschließlich für den Betrieb elektrischer Anlagen verwendet wird.

Betriebsbereiche: Bereiche innerhalb der elektrischen Betriebsstätten, zu denen der Zugang für den Betrieb der elektrischen Anlagen erforderlich ist (zum Beispiel Überwachung, Bedienung, Einstellung, Steuerung, ...).

Instandhaltungsbereiche: Bereiche innerhalb der elektrischen Betriebsstätten, zu denen der Zugang hauptsächlich für die normale Instandhaltung der elektrischen Anlagen erforderlich ist (zum Beispiel Ersetzung von Sicherungen, Instandhaltung, ...).

Funktionale Öffnung: Öffnung, die die Funktion ermöglicht, die die Räumlichkeit bzw. der eingefriedete Bereich erfüllen muss. Es handelt sich insbesondere um Zugangstüren, Lüftungsöffnungen, Öffnungen zur Durchführung von Leitungen, mechanische Steuerungseinrichtungen, ...

Gewöhnlicher Ort: entweder eine Räumlichkeit oder ein Bereich, die/der keine elektrische Betriebsstätte ist.

Bestimmungsgemäßer Betrieb: Situation, in der elektrische und nicht elektrische Anlagen entsprechend ihrer Entwurfparameter verwendet werden.

Unterabschnitt 2.2.1.2 - Erdungssysteme

Erdungssysteme für Hochspannungsanlagen werden gemäß den Regeln des Fachs bestimmt.

Abschnitt 2.2.2 - Größen und Maßeinheiten

In vorliegendem Buch sind die Maßeinheiten und Symbole anwendbar, die im Königlichen Erlass vom 4. Oktober 1977 zur Abänderung des Königlichen Erlasses vom 14. September 1970 zur Festlegung des teilweisen Inkrafttretens des Gesetzes vom 16. Juni 1970 über die Maßeinheiten, Eichmaße und Messgeräte und zur Festlegung der gesetzlichen Maßeinheiten und Eichmaße und der für die Wiedergabe dieser Einheiten erforderlichen Maßnahmen bestimmt sind.

Nennwert: Wert zur Bezeichnung von Betriebsmitteln durch eine Größe, die sie charakterisiert (Stromstärke, Spannung, ...). Diese Größe ist in der Regel mit dem Bemessungswert dieser Betriebsmittel vergleichbar.

Bemessungswert: Wert einer Größe, der im Allgemeinen vom Hersteller für einen bestimmten Betrieb eines Einzelteils, einer Einrichtung oder eines Betriebsmittels festgelegt wird.

Effektivwert: für eine zeitabhängige Größe: positive Quadratwurzel aus dem Mittelwert des Quadrats der Größe im gegebenen Zeitintervall (auch RMS-Wert genannt - *root mean square*).

Effektive Welligkeit eines Stroms oder einer Spannung: Verhältnis des Effektivwerts der periodischen Komponente des Stroms oder der Spannung zum absoluten Wert ihres Gleichstromanteils.

Joule-Integral: Integral des Quadrats des Stroms in einem gegebenen Zeitintervall ($t = t_1 - t_0$):

$$I^2 \cdot t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 \cdot dt$$

Abschnitt 2.2.3 - Verschiedene Anlagen

Sicherheitsverbraucher: Einrichtung oder System, die/das aus Gründen der Personensicherheit für eine bestimmte Zeit in Betrieb bleiben muss.

Sicherheitsanlage: elektrische Anlage, die aus der Sicherheitsstromversorgung und dem Sicherheitsverbraucher besteht.

Sicherheitsstromversorgung: Stromversorgung, die zur Gewährleistung der Aufrechterhaltung der Funktion von Sicherheitsverbrauchern vorgesehen ist. Sie besteht aus der Sicherheitsquelle und dem Sicherheitskreis.

Sicherheitsquelle: Stromquelle, die Teil der Sicherheitsstromversorgung ist.

Kritischer Verbraucher: Einrichtung oder System, bei der/dem die Aufrechterhaltung der Funktion aus anderen Gründen als der Personensicherheit erforderlich ist.

Kritische Anlage: elektrische Anlage, die aus dem kritischen Verbraucher, seinem Stromkreis und seiner eventuellen Ersatzstromquelle besteht.

Ersatzstromquelle: Stromquelle, die dazu bestimmt ist, die Stromversorgung einer elektrischen Anlage oder von Teilen davon oder eines Geräts aus anderen Gründen als der Personensicherheit zu gewährleisten, wenn die normale Quelle ausfällt. Sie kann für die Stromversorgung kritischer Anlagen verwendet werden.

Störungssicherer Verbraucher: Verbraucher, dessen Sicherheitsfunktion bei einem Ausfall der normalen Stromversorgung über die Zeit aufrechterhalten bleibt. Beispiel für einen störungssicheren Verbraucher: Feuerschutztür, die durch einen Elektromagneten offen gehalten wird und bei Versorgungsausfall mechanisch und automatisch schließt.

Normale Quelle: Hauptstromquelle einer elektrischen Anlage bei bestimmungsgemäßem Betrieb.

KAPITEL 2.3 - Spannungen

Abschnitt 2.3.1 - Allgemeine Begriffe

Nennspannung der elektrischen Betriebsmittel: Spannung, die in der Bezeichnung von elektrischen Betriebsmitteln angegeben ist und nach der die Prüfbedingungen und Grenzspannungen dieser Betriebsmittel festgelegt werden.

Nennspannung einer elektrischen Anlage: Spannung, die in der Bezeichnung einer elektrischen Anlage angegeben ist und nach der die Prüfbedingungen und Grenzspannungen dieser Anlage festgelegt werden. Bei diesem Wert werden weder transiente Überspannungen, die zum Beispiel durch Schaltvorgänge verursacht werden, noch außergewöhnliche zeitweilige Spannungsschwankungen, die zum Beispiel durch Fehler im Versorgungsnetz verursacht werden, berücksichtigt.

Periodische Spannung: Spannung mit einem Wert, der sich in gleichen, *Perioden* genannten Zeitabständen wiederholt.

Wechselspannung: periodische Spannung, deren Mittelwert pro Periode gleich null ist; im weiteren Sinne in vorliegendem Buch jede Spannung, die während jeder Periode das Vorzeichen wechselt.

Gleichspannung: Spannung mit einem Wert, der sich zu jedem Zeitpunkt wiederholt, oder periodische Spannung, die nicht während jeder Periode das Vorzeichen wechselt.

Hochspannung (HV): Spannung, deren Wert in den *Abschnitten* 2.3.2 und 2.3.3 festgelegt ist.

Abschnitt 2.3.2 - Wechselstromspannungsbereiche

Bei Wechselspannungen werden die betrachteten Spannungen in Effektivwerten ausgedrückt.

Die Einordnung einer elektrischen Anlage in einen der Spannungsbereiche erfolgt entsprechend der Nennspannung U zwischen aktiven Leitern gemäß *Tabelle 2.1*.

Tabelle 2.1 - Wechselstromspannungsbereiche

Kleinspannung		Wechselstromspannungsbereiche (V)
		$U \leq 50$
Niederspannung	1. Kategorie	$50 < U \leq 500$
	2. Kategorie	$500 < U \leq 1000$
Hochspannung	1. Kategorie	$1000 < U \leq 50000$
	2. Kategorie	$U > 50000$

Wenn die Spannung zwischen einem der aktiven Leiter und einem fremden leitfähigen Teil die in der Tabelle angegebenen Werte überschreitet, wird diese Spannung außerdem zur Festlegung der Einordnung der elektrischen Anlage verwendet.

Abschnitt 2.3.3 - Gleichstromspannungsbereiche

Bei Gleichspannungen werden Durchschnittswerte angegeben.

Die Einordnung einer elektrischen Anlage in einen der Spannungsbereiche erfolgt entsprechend der Nennspannung U zwischen aktiven Leitern gemäß *Tabelle 2.2*.

Tabelle 2.2 - Gleichstromspannungsbereiche

Kleinspannung		Spannungsbereiche (V)	
		Gleichstrom mit Welligkeit	Gleichstrom ohne Welligkeit
		$U \leq 75$	$U \leq 120$
Niederspannung	1. Kategorie	$75 < U \leq 750$	$120 < U \leq 750$
	2. Kategorie	$750 < U \leq 1500$	$750 < U \leq 1500$
Hochspannung		$U > 1500$	

Wenn die Spannung zwischen einem der aktiven Leiter und einem fremden leitfähigen Teil die in der Tabelle angegebenen Werte überschreitet, wird diese Spannung außerdem zur Festlegung der Einordnung der elektrischen Anlage verwendet.

KAPITEL 2.4 - Schutz gegen elektrischen Schlag

Abschnitt 2.4.1 - Allgemeine Begriffe

Elektrischer Schlag: physiopathologischer Effekt, der durch den Durchfluss von elektrischem Strom durch den menschlichen Körper verursacht wird.

Direktes Berühren: Kontakt von Personen mit aktiven Teilen von elektrischen Betriebsmitteln.

Indirektes Berühren: Kontakt von Personen mit Körpern, die zufällig unter Spannung geraten.

Berührungsstrom: Strom, der durch den menschlichen Körper fließt und einen elektrischen Schlag verursacht.

Aktiver Leiter: Leiter, der für die Übertragung elektrischer Energie bestimmt ist. Unter diese Begriffsbestimmung fallen: Wechselstromneutralleiter und Gleichstrommittelleiter.

Aktive Teile: Leiter und leitfähige Teile elektrischer Betriebsmittel, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb unter Spannung stehen können, und leitfähige Teile, die unmittelbar mit dem Wechselstromneutralleiter oder dem Gleichstrommittelleiter verbunden sind.

Gleichzeitig berührbare leitfähige Teile: Leiter oder blanke leitfähige Teile, die von einer Person gleichzeitig berührt werden können; dies bedeutet, dass sie sich in einem Abstand (in Meter) befinden, der durch folgende Formel angegeben wird:

$$d = 2,50 + 0,01 (U_N - 20)$$

mit einem Minimum von 2,50 m, wobei U_N der Nennspannung, ausgedrückt in kV, zwischen diesen Teilen entspricht.

Als gleichzeitig berührbare leitfähige Teile können betrachtet werden:

- aktive Teile,
- Körper,
- leitfähige Teile, die der elektrischen Anlage fremd sind,
- Schutzleiter, Schutzpotentialausgleichsleiter,
- Erder,
- Erde und leitfähige Böden.
- **Zwischenteil:** nicht berührbares leitfähiges Teil elektrischer Betriebsmittel, das bei bestimmungsgemäßem Betrieb nicht unter Spannung steht, aber bei Fehler unter Spannung geraten kann.

Körper (auch Masse genannt): berührbares leitfähiges Teil elektrischer Betriebsmittel, das kein aktives Teil ist, aber bei Fehler unter Spannung geraten kann.

Mit dem Begriff *Körper* werden hauptsächlich berührbare leitfähige Metallteile elektrischer Betriebsmittel bezeichnet, die normalerweise von aktiven Teilen isoliert sind, aber nach Versagen der Maßnahmen zur Sicherstellung ihrer Isolierung zufällig mit aktiven Teilen elektrisch verbunden werden können; dieses Versagen kann auf das Versagen der Basisisolierung oder der Befestigungs- oder Schutzeinrichtungen zurückzuführen sein.

Körper umfassen insbesondere:

- berührbare leitfähige Metallteile elektrischer Betriebsmittel, die nur durch eine Basisisolierung von den aktiven Teilen getrennt sind,
- fremde leitfähige Teile, die mit der äußeren leitfähigen oder isolierenden Oberfläche elektrischer Betriebsmittel, die nur eine Basisisolierung aufweisen, in elektrischer Verbindung oder in Kontakt stehen.

Dies betrifft unter anderem metallische Einfassungen, die für die Durchführung elektrischer Leitungen benutzt werden, die als Träger für elektrische Geräte mit Basisisolierung dienen oder in Kontakt mit der Außenhülle dieser Geräte stehen.

Aus der Begriffsbestimmung des Körpers geht ebenfalls hervor, dass berührbare leitfähige Metallteile elektrischer Betriebsmittel, metallische Bewehrungen von Kabeln und bestimmte Metallrohre Körper sind.

Mit dem Begriff *Körper* werden auch alle Metallgegenstände bezeichnet, die absichtlich oder de facto mit der Außenfläche elektrischer Betriebsmittel mit Basisisolierung in elektrischer Verbindung oder in Kontakt stehen.

Im weiteren Sinne sind alle Metallgegenstände, die sich in der Nähe von nicht isolierten aktiven Teilen befinden und bei denen erhebliche Gefahr besteht, dass sie infolge eines Versagens der Befestigungsmittel (zum Beispiel Lösen von Verbindungen, Bruch von Leitern, ...) mit diesen aktiven Teilen in elektrische Verbindung kommen, als Körper zu betrachten.

Der elektrischen Anlage fremde leitfähige Teile (abgekürzt: fremde leitfähige Teile): leitfähige Teile, die nicht zur elektrischen Anlage gehören und ein Potential einschließlich des Erdpotentials einführen können.

Zu diesen fremden leitfähigen Teilen gehören insbesondere:

- Metallteile, die bei der Errichtung von Gebäuden benutzt werden,
- metallische Gas-, Wasser-, Heizungsleitungen, ... und damit verbundene nicht elektrische Geräte,
- nicht isolierende Böden und Wände.
- **Fehler:** zufällige elektrische Verbindung zwischen zwei Punkten unterschiedlichen Potentials. Es kann sich um vollkommene Schlüsse oder um Fehler mit Impedanz handeln.

Fehlerschleifenimpedanz: Gesamtimpedanz, die sich aus dem Durchfluss eines Fehlerstroms ergibt.

Fehlerstrom: Strom, der sich aus einem Fehler ergibt.

Erdschlussstrom: Fehlerstrom, der zur Erde fließt.

Ableitstrom: Strom, der in einem elektrisch störungsfreien Stromkreis zur Erde oder zu fremden leitfähigen Teilen fließt.

Fehlerspannung: Spannung, die bei einem Isolationsfehler zwischen einem Körper und einem Punkt auftritt, dessen Potential sich nicht ändert, wenn der Körper unter Spannung gerät.

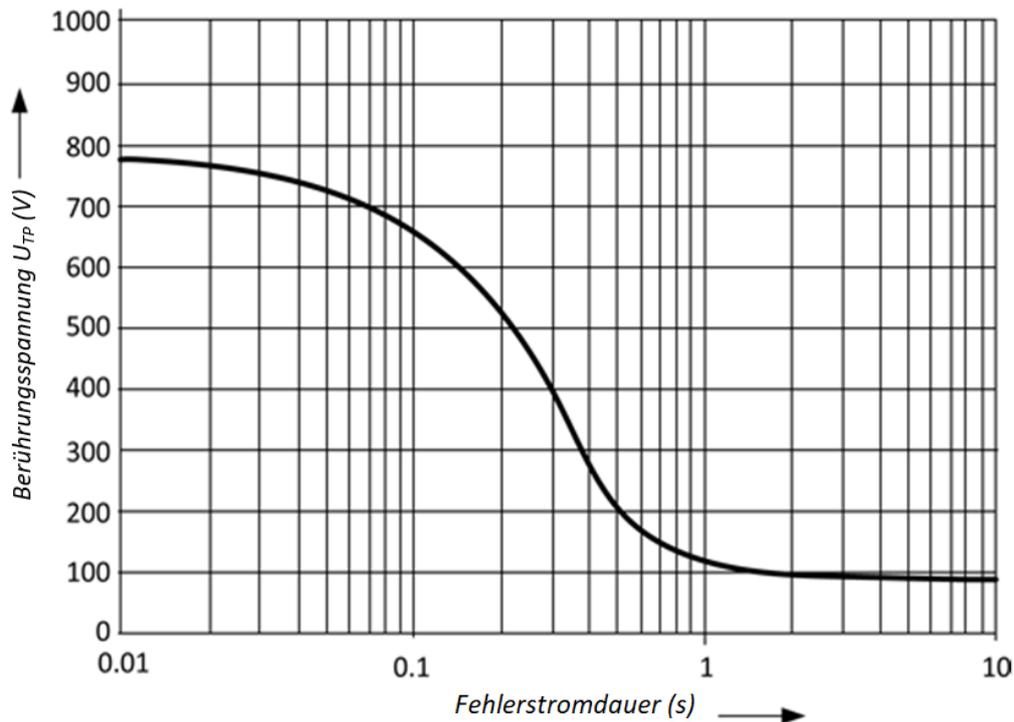
Berührungsspannung: im Rahmen des Schutzes bei indirektem Berühren: Spannung, die zwischen gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen, mit Ausnahme der aktiven Teile, bei einem Isolationsfehler besteht oder auftreten kann.

Berührungsspannung gegenüber Erde U_T : Teil der Erdpotentialerhöhung U_E , der vom Menschen überbrückt werden kann, wobei der Stromweg über den menschlichen Körper von Hand zu Fuß verläuft (horizontaler Abstand von 1 m zwischen Füßen und berührtem Körper).

Zulässige Berührungsspannung U_{TP} : zulässiger Grenzwert der Berührungsspannung im Verhältnis zur Fehlerstromdauer.

Diese Grenzen werden durch die auf *Abbildung 2.1* dargestellte Sicherheitskurve für Anlagen bestimmt, die nur für BA4- oder BA5-Personen zugänglich sind.

Abbildung 2.1 - Zulässige Berührungsspannung U_{TP} im Verhältnis zur Fehlerstromdauer



Bemerkung 1: Diese Kurve betrifft Erdschlüsse in Hochspannungsanlagen.

Bemerkung 2: Wenn die Stromdurchflussdauer 10 s überschreitet, kann für U_{TP} ein Wert von 75 V verwendet werden.

Für alle anderen Fälle werden diese Grenzen durch die Sicherheitskurven von *Tabelle 2.4 - Vereinbarter relativer Grenzwert der Berührungsspannung $U_L(t)$* bestimmt.

Schrittspannung U_S : Teil der Erdpotentialerhöhung U_E , der vom Menschen mit einer Schrittlänge von 1 m überbrückt werden kann, wenn der Stromweg über den menschlichen Körper von Fuß zu Fuß verläuft.

Gefährliche Potentialdifferenzen: Potentialdifferenzen sind gefährlich, wenn sie Berührungsspannungen verursachen können, die den zulässigen Wert U_{TP} überschreiten.

Übertragene Berührungsspannung U_{TT} : Wert der Berührungsspannung, die durch Metallteile des Mantels eines Kabels oder durch einen Schutzleiter übertragen wird, wenn diese nicht am entfernten Ende geerdet sind.

Übertragene Berührungsspannung U_{TTE} : Wert der Berührungsspannung, die durch Metallteile des Mantels eines Kabels oder durch einen Schutzleiter übertragen wird, wenn diese auch am entfernten Ende geerdet sind.

Standfläche: feste Fläche, auf der Personen unter normalen Umständen stehen oder sich bewegen; diese Fläche wird durch ihre eigene Gestaltung oder durch ein oder mehrere Ausrüstungselemente abgegrenzt.

Handbereich: Zone, die sich um eine Standfläche herum befindet und wie auf den *Abbildungen 2.2 bis 2.5* dargestellt abgegrenzt ist.

Abbildung 2.2 - Handbereich: Die Standfläche wird natürlich abgegrenzt.

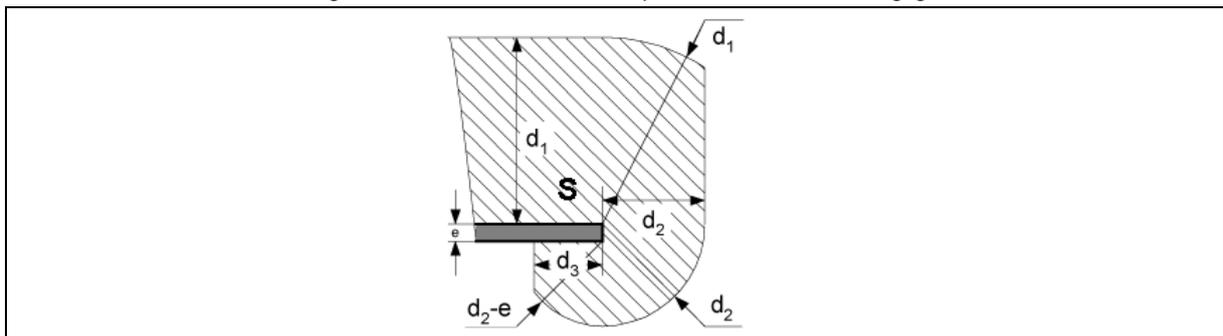
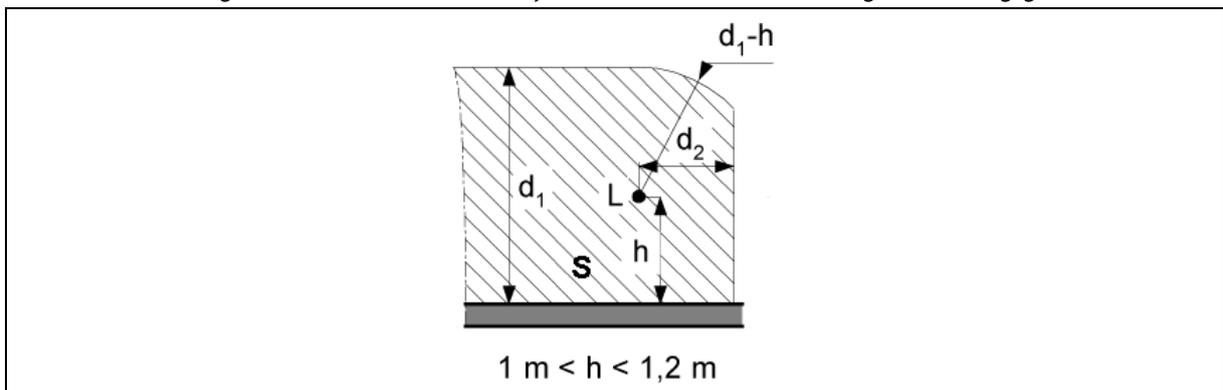


Abbildung 2.3 - Handbereich: Die Standfläche wird durch ein Ausrüstungselement abgegrenzt.



L = Ausrüstungselement

Abbildung 2.4 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen.

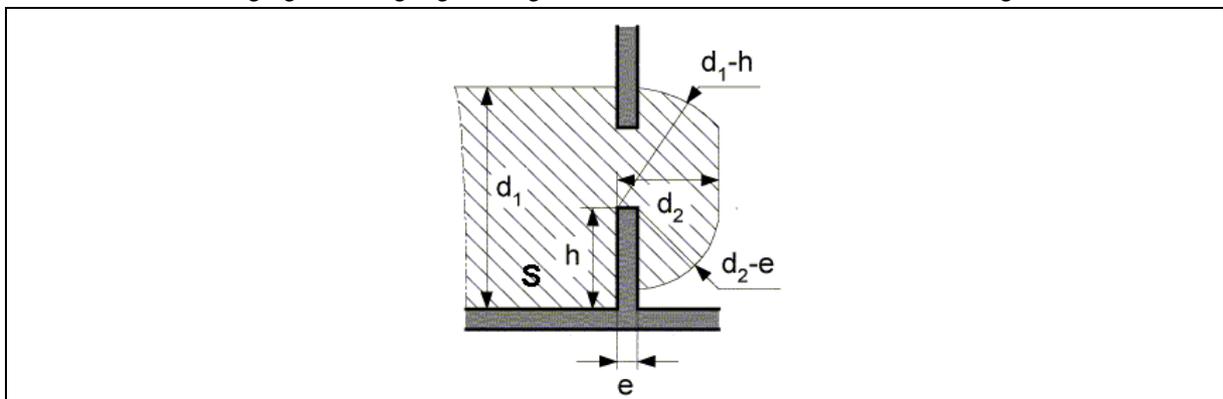
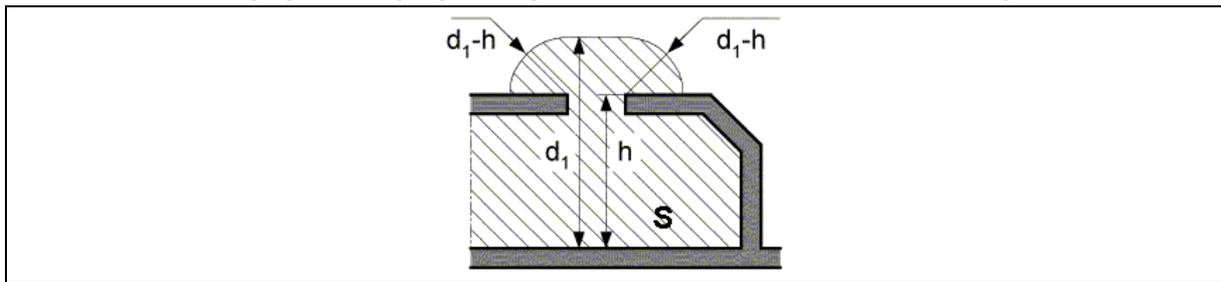


Abbildung 2.5 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen.



S: Standfläche

d_1, d_2, d_3 : Abstände in Meter nach folgenden Formeln:

$$d_1 = 2,50 + 0,01 (U_N - 20) \text{ mit einem Minimum von } 2,5 \text{ m,}$$

$$d_2 = 1,25 + 0,01 (U_N - 20) \text{ mit einem Minimum von } 1,25 \text{ m,}$$

$$d_3 = 0,75 + 0,01 (U_N - 20) \text{ mit einem Minimum von } 0,75 \text{ m,}$$

wobei U_N , ausgedrückt in kV, die Nennspannung der elektrischen Anlage ist.

Der Handbereich wird durch Standflächen und Ausrüstungselemente abgegrenzt, deren Öffnungen den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen.

Sicherheitsschloss: Folgende Schlösser werden nicht als Sicherheitsschlösser betrachtet:

- Schlösser, die mit einem Universalschlüssel geöffnet werden können,
- Schlösser, die leicht anhand eines Handwerkzeugs (Zange, Schraubenzieher, ...) geöffnet werden können.

Beispiele von Schlössern, die nicht als Sicherheitsschlösser betrachtet werden: Doppelbartschlösser, Dreikantschlösser, Vierkantschlösser, ...

Isolierende Böden und Wände: Böden und Wände, deren Widerstand ausreichend hoch ist, um den Fehlerstrom auf einen ungefährlichen Wert zu begrenzen.

Als nicht isolierend gelten:

1. Böden und Wände aus Stahlbeton ohne weitere Bekleidung,
2. Bodenbeläge aus Stein, Sandstein, Zement, Ton oder Keramik- oder Zementfliesen, die direkt auf einer Platte aus Stahlbeton, auf Estrich, Beton oder Erde verlegt werden,
3. metallische Bekleidungen.

Als nicht leitfähig gelten:

1. Holzböden,
2. Bodenbeläge aus nicht leitfähigem Kautschuk, Linoleum oder Kunststoff,
3. Wände, die mit einer Putzschicht wie Trockenputz bezogen sind,
4. trockene Ziegelmauern oder Gipsplattenwände,
5. Teppiche und Teppichböden ohne Metallelemente.

Die Kategorie, der sie angehören, wird durch Prüfungen des elektrischen Widerstands bestimmt. Im Zweifelsfall werden Wände und Böden als Leiter betrachtet.

Schutzart der Umhüllung: Die Schutzart, die eine Umhüllung gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern und Flüssigkeiten und gegen direktes Berühren aktiver Teile, die sich innerhalb der Umhüllung befinden, bietet, wird durch einen Code bestimmt, der der vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm entspricht oder Bestimmungen entspricht, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Dieser Code besteht aus den Buchstaben *IP*, gefolgt von zwei Ziffern, wobei die erste die Schutzart gegen den Zugang zu aktiven Teilen, die sich innerhalb der Umhüllung oder hinter dem Hindernis befinden, und gleichzeitig die Schutzart gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern und die zweite die Schutzart gegen das Eindringen von Flüssigkeiten angibt.

Wenn eine dieser Ziffern nicht bestimmt ist, wird sie durch den Buchstaben *X* ersetzt.

Der Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile, die sich innerhalb der Umhüllung oder hinter dem Hindernis befinden, wird durch einen Buchstaben festgelegt, der durch einen Bindestrich von den Ziffern getrennt ist. Zusätzliche Buchstaben werden nur benutzt, wenn der tatsächliche Schutz gegen direktes Berühren höher als der durch die erste Kennziffer angegebene Schutz ist oder wenn nur der Schutz gegen den Zugang zu aktiven Teilen erwähnt ist.

Die Buchstaben *A*, *B*, *C* und *D* beziehen sich auf die Verhinderung einer Berührung mit aktiven Teilen mit einem Kaliber von 50, 12, 2,5 bzw. 1 mm Durchmesser.

Schutzart des Hindernisses: Die Schutzart gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern und Flüssigkeiten und gegen direktes Berühren aktiver Teile, die sich hinter Hindernissen befinden, wird in ähnlicher Weise wie die Schutzart der Umhüllung (siehe *weiter oben*) bestimmt.

Vereinbarte Grenzwerte der Berührungsspannung:

a) *Vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung (U_L)*

Der vereinbarte absolute Grenzwert der Berührungsspannung (U_L) hängt vom elektrischen Widerstand des menschlichen Körpers ab, der wiederum von der Hautfeuchtigkeit abhängt.

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses der Hautfeuchtigkeit wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben BB gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 3 besteht.

Auf diese Weise werden je nach Hautfeuchtigkeit drei Formen von elektrischem Widerstand des menschlichen Körpers und drei vereinbarte absolute Grenzwerte der Berührungsspannung wie in *Tabelle 2.3* dargestellt bestimmt.

Tabelle 2.3 - Vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung U_L

Code	Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers	Vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung U_L in V		
		Wechselstrom	Gleichstrom mit Welligkeit	Gleichstrom ohne Welligkeit
BB1	Trockene oder verschwitzte Haut	50	75	120
BB2	Nasse Haut	25	36	60
BB3	Ins Wasser eingetauchte Haut	12	18	30

b) *Vereinbarter relativer Grenzwert der Berührungsspannung $U_L(t)$*

Der vereinbarte relative Grenzwert der Berührungsspannung ist eine Spannung, die nicht länger als die in *Tabelle 2.4* angegebene Zeit t über der Spannung $U_L(t)$ gehalten werden kann.

Tabelle 2.4 - Vereinbarter relativer Grenzwert der Berührungsspannung $U_L(t)$

Maximale Haltezeit (t) in Sekunden	Vereinbarter relativer Grenzwert der Berührungsspannung $U_L(t)$ in V			
	BB1		BB2	
	Wechselstrom	Gleichstrom	Wechselstrom	Gleichstrom
∞	< 50	< 120	< 25	< 60
5	50	120	25	60
1	72	155	43	89
0,5	87	187	50	105
0,2	207	276	109	147
0,1	340	340	170	175
0,05	465	465	227	227
0,03	520	520	253	253
0,02	543	543	263	263
0,01	565	565	275	275

Die Gruppe der Kurven, die anhand der Werte des vereinbarten relativen Grenzwerts der Berührungsspannung $U_L(t)$ im Verhältnis zur Zeit gezeichnet wird, wird in vorliegendem Buch weiter unten als *Sicherheitskurve* bezeichnet.

Abschnitt 2.4.2 - Isolierung

Isolierung: alle Isolierstoffe (fest, flüssig und gasförmig), die bei dem Bau elektrischer Betriebsmittel bzw. bei der Errichtung elektrischer Anlagen zur Isolierung der aktiven Teile benutzt werden. Die Isolierung hält einer Prüfspannung stand, deren Wert festgelegt wird:

- entweder entsprechend den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten

Normen

- oder entsprechend Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist,
- oder durch Erlass der für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister, jeweils für ihren Bereich,
- oder ausdrücklich in vorliegendem Buch.

KAPITEL 2.5 - Erdung

Erdungsanlage: aus einem oder mehreren miteinander verbundenen Erdern, den entsprechenden Erdungsleitern und den Schutzleitern bestehendes Ganzes.

Erde: Begriff, der sich sowohl auf die Erde als Ort als auch auf die Erde als leitfähiges Material bezieht, zum Beispiel Bodenart, Humus, Komposterde, Sand, Kies oder Felsen.

Erdungselektrode: unterirdisches leitfähiges Teil, das eine elektrische Verbindung zur Erde gewährleistet.

Nutzbarer Teil der Erdungselektrode: Teil der Erdungselektrode, der sich unterhalb der Frostgrenze (60 cm unter der Bodenoberfläche) befindet.

Erder: eine oder mehrere Erdungselektroden, die fortdauernd miteinander verbunden sind.

Elektrisch getrennte Erder: Erder, die so weit voneinander entfernt sind, dass der Maximalstrom, der durch einen von ihnen fließen kann, das Potential der anderen nicht wesentlich ändert.

Erdung: Verbindung eines aktiven Teils, eines Körpers oder eines fremden leitfähigen Teils mit einem oder mehreren Erdern.

Lokale Erdungsanlage: aus einem oder mehreren miteinander verbundenen Erdern, den entsprechenden Erdungsleitern und den Schutzleitern bestehendes Ganzes, dessen Umfang begrenzt ist.

Gesamterdung: Erdung, die durch eine Gesamtheit von lokalen Erdungsanlagen erreicht wird, die galvanisch miteinander verbunden sind, einschließlich eventuell vorhandener Kabel mit Erdungseffekt.

Schutzleiter: Leiter, der bei bestimmten Maßnahmen zum Schutz gegen indirektes Berühren benutzt wird und Körper verbindet mit:

- anderen Körpern,
- fremden leitfähigen Teilen,
- einem Erder,
- einem geerdeten Leiter,
- einem geerdeten aktiven Teil.
- **Hauptschutzleiter:** Leiter, mit dem sowohl der/die Erdungsleiter als auch die Schutzleiter der Körper und falls erforderlich die Leiter fremder leitfähiger Teile und gegebenenfalls der Neutralleiter verbunden sind.

Erdungsleiter: Schutzleiter, der den Haupterdungsanschlusspunkt mit dem Erder verbindet, wobei der eventuell vorhandene Erdungsschalter als Teil des Erdungsleiters angesehen wird.

Erdungsleiter des Neutralpunktes und/oder des Neutralleiters: Leiter, der den Neutralpunkt und/oder einen Punkt des Neutralleiters mit einem Erder verbindet.

Haupterdungsanschlusspunkt: Anschlusspunkt des/der Erdungsleiter(s), des/der Hauptschutzleiter(s) und des/der Hauptschutzpotentialausgleichsleiter(s).

Erdungsanschlusspunkt oder Schutzleiteranschluss: Anschlusspunkt des Schutzleiters elektrischer Betriebsmittel.

Potentialausgleichszone: Raum, in dem bei Fehler in einer elektrischen Anlage keine gefährliche Potentialdifferenz auftreten kann.

Potentialausgleichsverbindung: elektrische Verbindung, die eigens dazu bestimmt ist, Körper und/oder fremde leitfähige Teile auf das gleiche Potential oder auf annähernde Potentiale zu bringen.

Schutzpotentialausgleichsleiter: Leiter, der zur Herstellung der Potentialausgleichsverbindung benutzt wird.

Kabel mit Erdungseffekt: blanker Leiter oder Metallteil des Mantels eines Kabels, der/das durch seine Berührung mit Erde wie ein Erder wirkt.

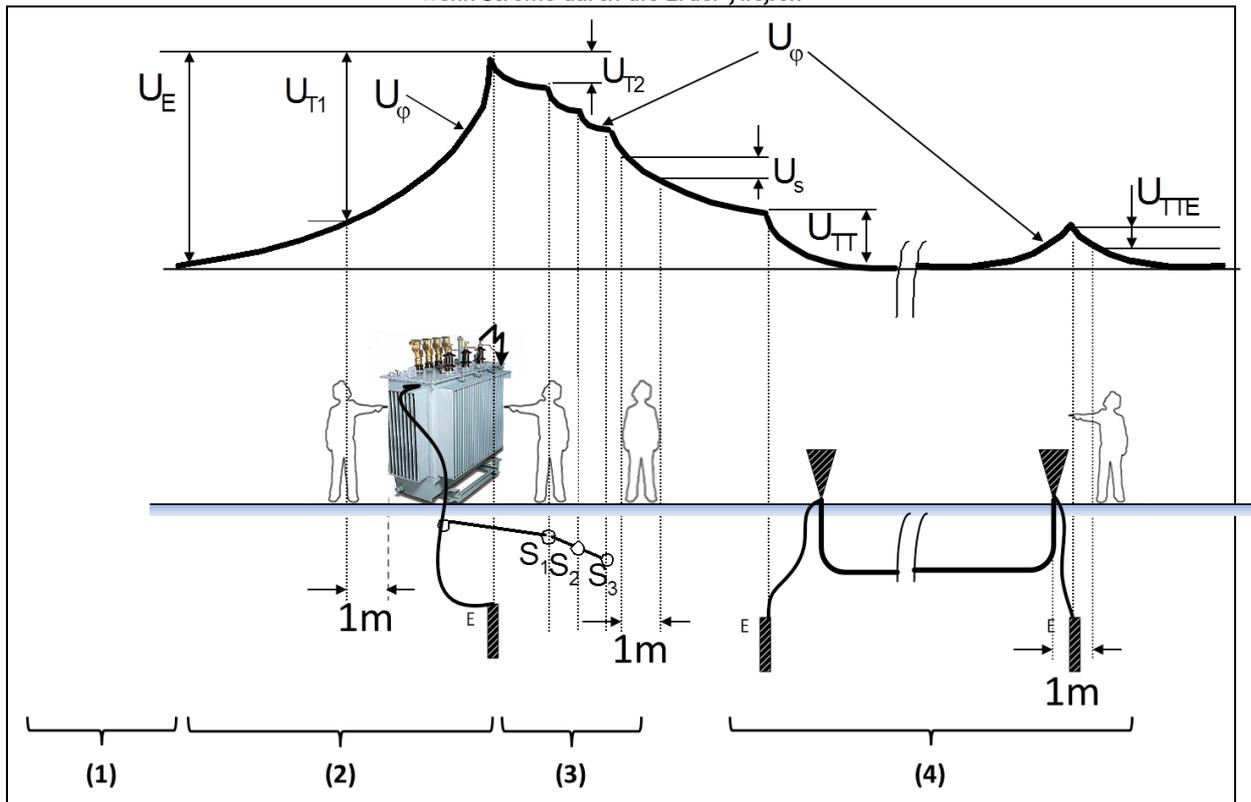
Erdpotentialerhöhung U_E : Spannung zwischen einer Erdungsanlage und der neutralen Erde (Bezugserde) infolge eines Erdschlussstromes.

Erdoberflächenpotential U_ϕ : Spannung zwischen einem Punkt auf der Erdoberfläche und der neutralen Erde (Bezugserde) infolge eines Fehlerstromes.

Neutrale Zone oder neutrale Erde (Bezugserde): Teil der Erde, der sich außerhalb des Einflussbereiches eines Erders befindet und in dem zwischen zwei beliebigen Punkten keine wahrnehmbare Potentialdifferenz infolge eines Erdschlussstromes auftreten kann.

Ausbreitungszone (eines Erders): Zone, die den Erder umgibt und sich außerhalb der neutralen Zone befindet.

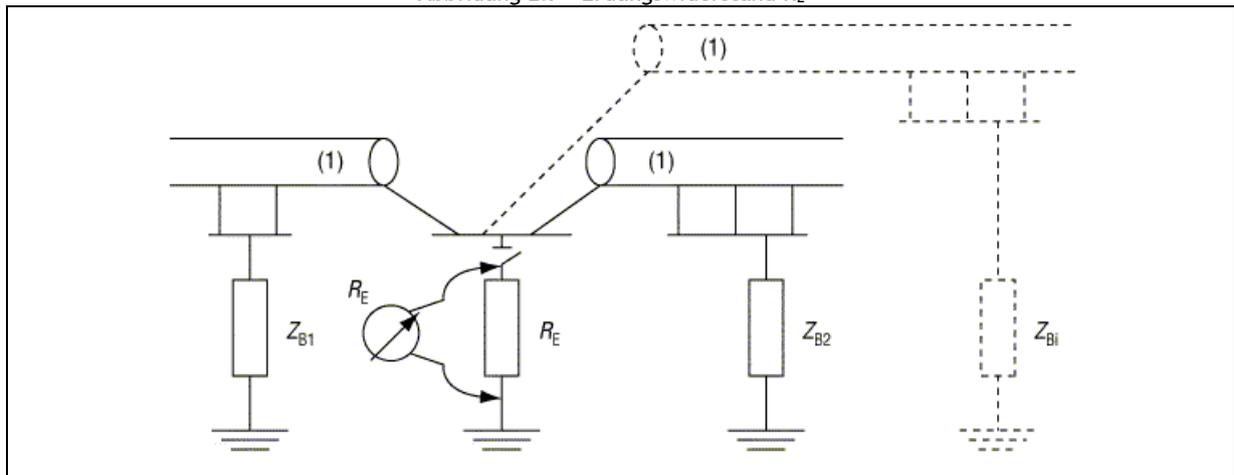
Abbildung 2.6 - Beispiel für die Veränderung des Erdoberflächenpotentials und der Spannungen, wenn Ströme durch die Erder fließen



- E Erder
- S_1, S_2, S_3 zusätzliche Erder zur Begrenzung von Potentialdifferenzen (zum Beispiel schleifenförmige Erder, die mit dem Erder E verbunden sind)
- U_E Erdpotentialerhöhung
- U_s Schrittspannung
- U_T Berührungsspannung gegenüber Erde
- U_ϕ Erdoberflächenpotential
- (1) Bezugserde (in ausreichendem Abstand)
- (2) Veränderung des Erdoberflächenpotentials und der Spannungen ohne Potentialausgleich
- (3) Veränderung des Erdoberflächenpotentials und der Spannungen mit Potentialausgleich über S_1, S_2 und $S_3 \dots$
- (4) Kabel mit durchgehendem isoliertem Mantel, in dem Metallteile oder ein Schutzleiter enthalten sind. Letztere sind an den Erdungspunkt angeschlossen, der sich in der Ausbreitungszone des HV-Erders befindet, und sind am anderen Ende geerdet oder nicht geerdet.

Erdungswiderstand R_E : Widerstand zwischen dem Erder und der Bezugserde.

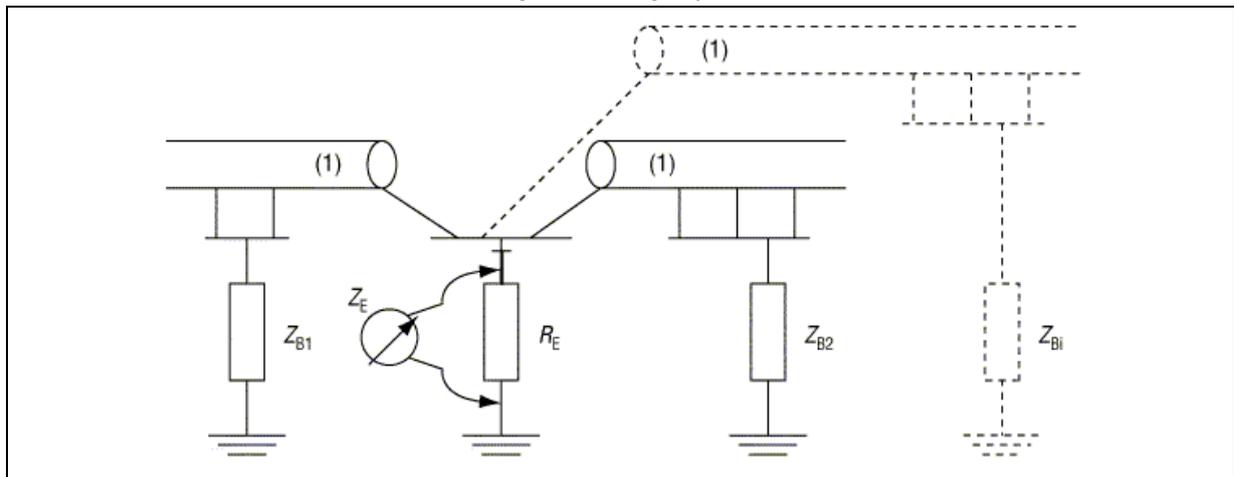
Abbildung 2.7 - Erdungswiderstand R_E



(1) HV-Kabel

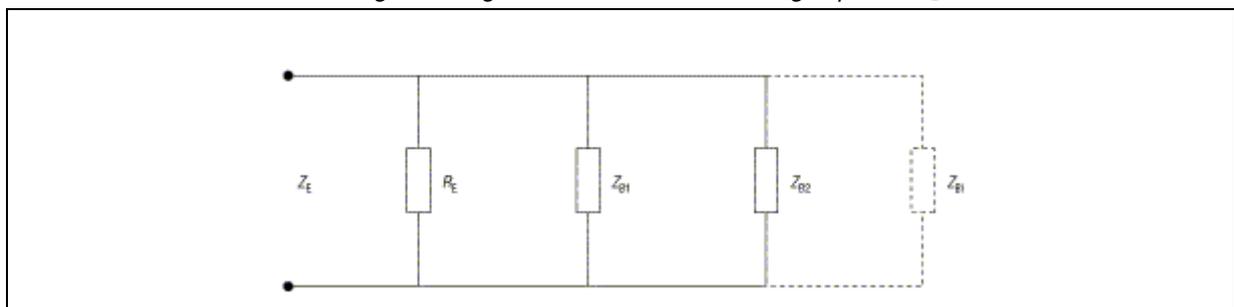
Erdungsimpedanz Z_E : Impedanz zwischen der Erdungsanlage, die eventuell mit anderen Erdungsanlagen verbunden ist, und der Bezugserde.

Abbildung 2.8 - Erdungsimpedanz Z_E



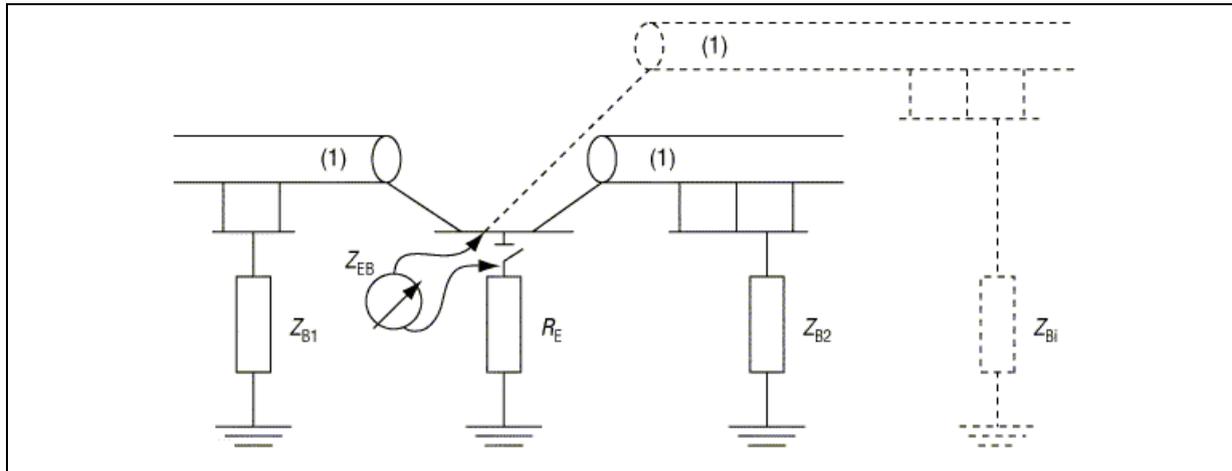
(1) HV-Kabel

Abbildung 2.9 - Vergleichbares Schema der Erdungsimpedanz Z_E



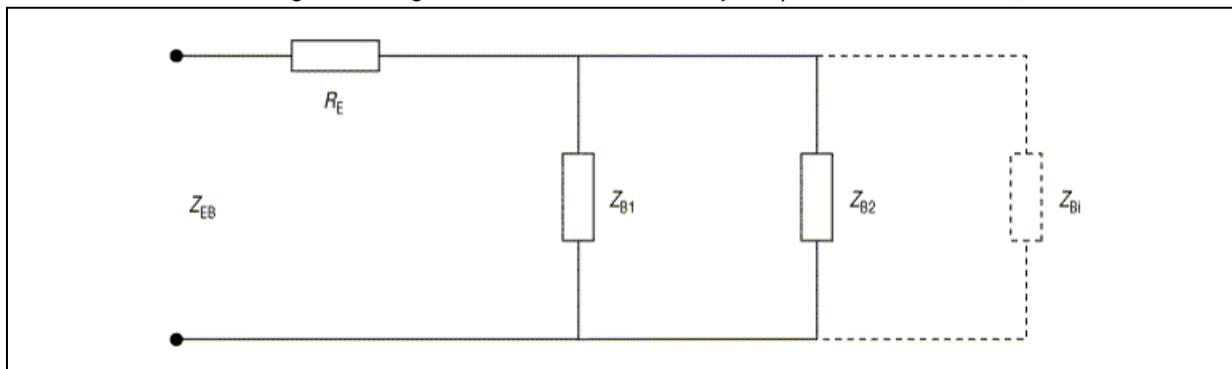
Schleifenimpedanz eines Erders Z_{EB} : Impedanz des Stromkreises, der sich aus dem Widerstand R_E des Erders in Reihe mit der Impedanz Z_B aller anderen Erdrückleitungen ergibt.

Abbildung 2.10 - Schleifenimpedanz eines Erders Z_{EB}



(1) HV-Kabel

Abbildung 2.11 - Vergleichbares Schema der Schleifenimpedanz eines Erders Z_{EB}



KAPITEL 2.6 - Stromkreise

Abschnitt 2.6.1 - Allgemeine Begriffe

Elementarstromkreis: Teil einer elektrischen Anlage, der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Überstrom-Schutzeinrichtungen (Hauptstromkreis oder Teilstromkreis) liegt oder hinter der letzten dieser Einrichtungen (Endstromkreis) vorhanden ist.

Stromkreis: aus einem oder mehreren Elementarstromkreisen bestehendes Ganzes.

Sicherheitsstromkreis: Stromkreis, der die Sicherheitsquelle mit dem/den Sicherheitsverbraucher(n) verbindet.

Kritischer Stromkreis: Stromkreis, der die normale Quelle und/oder die Ersatzstromquelle mit dem/den kritischen Verbraucher(n) verbindet.

Abschnitt 2.6.2 - Ströme

Periodischer Strom: Strom mit einem Wert, der sich in gleichen, *Perioden* genannten Zeitabständen wiederholt.

Wechselstrom: periodischer Strom, dessen Mittelwert pro Periode gleich null ist; im weiteren Sinne in vorliegendem Buch jeder Strom bzw. jede Spannung, der/die während jeder Periode das Vorzeichen wechselt.

Gleichstrom: Strom mit einem Wert, der sich zu jedem Zeitpunkt wiederholt, oder periodischer Strom, der nicht während jeder Periode das Vorzeichen wechselt.

Nennstrom: unbeeinflusster Wert des Stroms, nach dem die Betriebsbedingungen der Schutzeinrichtung bestimmt werden, wobei der Einstellstrom als Nennstrom für einstellbare Schutzeinrichtungen (I_n) zu betrachten ist.

Strombelastbarkeit eines Leiters: konstanter Wert des Stroms, dem ein Leiter unter Betriebsbedingungen standhalten kann, ohne dass seine Dauerbetriebstemperatur den angegebenen Wert (I_z) überschreitet.

Vorgesehener Betriebsstrom eines Stromkreises: Strom, der bei der Wahl der Eigenschaften der Komponenten des Stromkreises (I_b) zu berücksichtigen ist. Im stationären Betrieb entspricht der vorgesehene Betriebsstrom der höchsten Intensität, die der Stromkreis bei bestimmungsgemäßem Betrieb überträgt. Im instationären Betrieb wird der thermisch gleichwertige Strom berücksichtigt, der im stationären Betrieb die Komponenten des Stromkreises auf die gleiche Temperatur bringt.

Überstrom: bei elektrischen Maschinen oder Geräten: jeder Strom, der über dem Nennstrom liegt; bei Leitern: jeder Strom, der über der Strombelastbarkeit I_z liegt.

Kurzschluss: vollkommener Schluss oder Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz.

Kurzschlussstrom: Überstrom, der durch einen Kurzschluss erzeugt wird.

Überlaststrom: Überstrom, der in einem elektrisch störungsfreien Stromkreis auftritt.

Differenzstrom: algebraische Summe der Momentanwerte der Ströme, die durch alle aktiven Leiter eines Stromkreises an einem Punkt der elektrischen Anlage fließen.

Tatsächlicher Kurzschlussstrom: Wert des Kurzschlussstroms, der unter Berücksichtigung des Begrenzungsvermögens der Schutzeinrichtung und aller vor dem Fehler auftretenden Stromkreisimpedanzen berechnet oder gemessen wird.

Abschnitt 2.6.3 - Eigenschaften von Schutzeinrichtungen

Ausschaltvermögen: Wert des Stroms, den die Schutzeinrichtung bei einer bestimmten Spannung und unter vorgeschriebenen Einsatz- und Betriebsbedingungen unterbrechen kann.

Auslöse-Joule-Integral: in Bezug auf Stromkreise, die durch eine Sicherung oder einen Leitungsschutzschalter geschützt werden: Der Wert des Joule-Integrals für die Dauer des Betriebs der Sicherung oder des Leitungsschutzschalters ist als spezifische Energie zu betrachten, nämlich die Energie, die in einem Teil des Stromkreises mit einem Widerstand von 1Ω in Wärme umgewandelt wird.

Charakteristisches Joule-Integral einer Sicherung: Kurve, die die Höchstwerte von $I^2 \cdot t$ (je nach Fall Schmelzzeit oder Betriebszeit) je nach Wert des unbeeinflussten Stroms und für die festgelegten Betriebsbedingungen angibt.

Übernahmestrom: oberer Grenzwert des Überstroms, bei dem die Auslösung der unterstützenden Schutzeinrichtung, die mit einem Leitungsschutzschalter in demselben Stromkreis verbunden ist, nicht erfolgen kann, da sie durch die Ausführung des vom Leitungsschutzschalter eingeleiteten Abschaltvorgangs verhindert wird.

KAPITEL 2.7 - Leitungen

Abschnitt 2.7.1 - Allgemeine Begriffe

Elektrischer Leiter (in vorliegendem Buch *Leiter* genannt): blankes oder isoliertes Teil, durch das ein elektrischer Strom fließt.

Elektrische Leitung: Zusammenstellung aus einem oder mehreren isolierten elektrischen Leitern, Kabeln, Drähten oder Sammelschienen und den Elementen für ihre Befestigung und gegebenenfalls ihrem mechanischen Schutz.

Isolierter Leiter (auch Ader genannt): Baueinheit, die aus der Seele, ihrer isolierenden Umhüllung und ihren eventuell vorhandenen Leitschichten besteht.

Charakteristisches Joule-Integral des Kurzschlussverhaltens eines isolierten Leiters: Wert des Joule-Integrals, der der Energiemenge entspricht, die erforderlich ist, um die Temperatur des Leiters bei Durchfluss eines Kurzschlussstroms durch adiabatische Erwärmung von dem unter stationären Bedingungen zugelassenen Wert auf den zugelassenen Grenzwert zu bringen. Dieser Wert ist mit den entsprechenden Werten der Kurzschluss-Schutzeinrichtungen (Sicherungen oder Leitungsschutzschalter) verbunden und ist je nach Art des Metalls und des Isolierstoffs unterschiedlich.

Kabel: Zusammenstellung aus einem oder mehreren isolierten Leitern, ihrem eventuell vorhandenen individuellen Mantel, dem Schutzgehäuse und der/den Schutzlage(n). Es kann auch einen oder mehrere nicht isolierte Leiter enthalten.

Einleiterkabel: Kabel mit nur einem isolierten Leiter.

Mantel (eines Kabels): durchgehende, gleichmäßige Außenbeschichtung aus metallischem oder nicht metallischem Material, die in der Regel extrudiert ist.

Verbindung: allgemeiner Begriff für jede elektrische Verbindung, die dazu bestimmt ist, den Stromdurchgang zwischen zwei oder mehreren leitfähigen Systemen (Leitern, leitfähigen Teilen, Geräten, Schaltgeräten, ...) zu gewährleisten.

Anschluss: Verbindung zwischen zwei Leiterenden.

Abzweigung: Verbindung einer oder mehrerer elektrischer Leitungen (*elektrische Abzweigungen* genannt) mit einem Punkt einer anderen elektrischen Leitung (*elektrische Hauptleitung* genannt).

Bewehrung eines Kabels: Teil der Beschichtung, die aus metallischen Bändern oder Drähten besteht, die zum Schutz des Kabels gegen äußere mechanische Beanspruchungen dienen.

Elektrischer Schutzschirm: leitfähiger Mantel, der einen oder mehrere isolierte Leiter umhüllt; dieser leitfähige Mantel hat einen längenbezogenen Leitwert, der in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm festgelegt ist.

Graben: Öffnung, die zur Verlegung von Kabeln im Boden ausgehoben und nach ihrer Verlegung zugeschüttet wird.

Telekommunikationsleitungen oder -kabel: Unter Telekommunikationsleitungen oder -kabeln versteht man Leitungen oder Kabel, die ausschließlich für Telefonie, Telegrafie, Fernanzeigen, Fernmessung, Fernsteuerung, Kabelfernsehen (einschließlich der Stromversorgung von Verstärkern) und im Allgemeinen für die Übertragung von Informationen oder Daten und für Telekommunikationssysteme jeglicher Art benutzt werden.

Freileitung: Gesamtanlage zur Übertragung elektrischer Energie, die aus Stützpunkten, Energieleitern, die eventuell an Isolatoren befestigt sind, und gegebenenfalls Erdungsleitern oder Erdseilen besteht.

Drehstromkreis: alle drei Energieleiter einer dreiphasigen Freileitung; eine Freileitung kann einen oder mehrere Drehstromkreise umfassen.

Stützpunkt: Mast aus Holz, Beton oder profiliertem Metall; rohrförmiger Gittermast mit Winkeleisen oder Rohren; Beschläge; alle Elemente, die eventuell über Isolatoren Leiter tragen.

Isolator: Teil, der dazu dient, Leiter zu tragen und sie elektrisch voneinander und gegenüber Erde zu isolieren.

Abspannmast: Stützpunkt, der die Leiter eines Spannungsfelds stützen kann, auch bei zufälligem Bruch aller Leiter des angrenzenden Spannungsfelds.

Endmast: Stützpunkt, der das letzte Spannungsfeld einer Freileitung stützen kann (das heißt ohne angrenzendes Spannungsfeld).

Abspannung: mechanisches Bauteil, das aufgrund seiner Zusammenstellung nur auf Zug arbeiten kann und den Stützpunkt mit einem festen Punkt wie einer angrenzenden Konstruktion oder einem Ankerblock verbindet, um deren Stabilität zu verstärken.

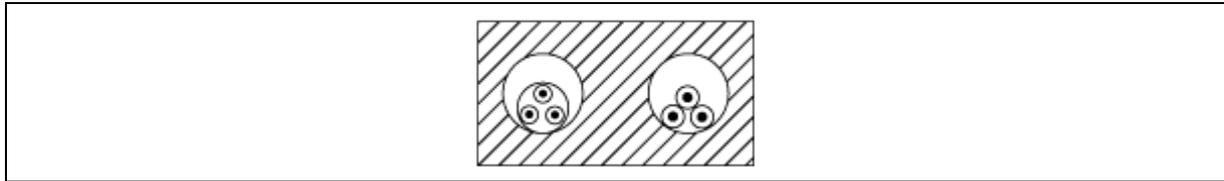
Einzel verlegte isolierte Kabel oder Leiter: isolierte Kabel oder Leiter, die in einem Abstand von mindestens 20 mm zu anderen isolierten Kabeln oder Leitern verlegt sind.

In Bündeln oder in ebener Anordnung verlegte Kabel oder isolierte Leiter: isolierte Kabel oder Leiter, die nicht einzeln verlegt sind.

Abschnitt 2.7.2 - Verlegearten

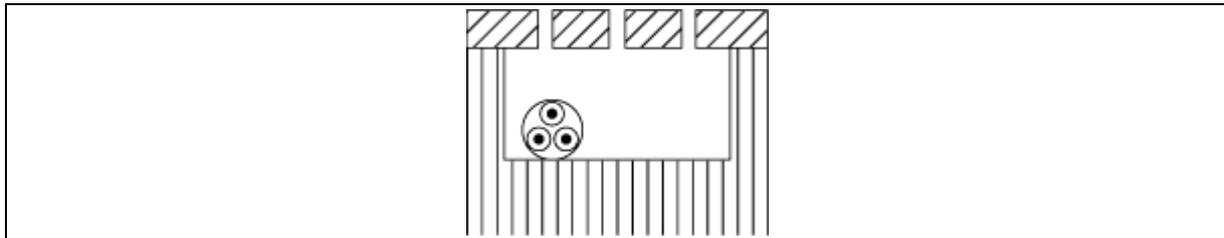
Hohlblockstein: Verlegematerial, das aus Elementen aus kompaktem Material (zum Beispiel Beton) besteht, in denen Hohlräume für die Durchführung von Kabeln vorgesehen sind.

Abbildung 2.12 - Verlegeart "Hohlblockstein"



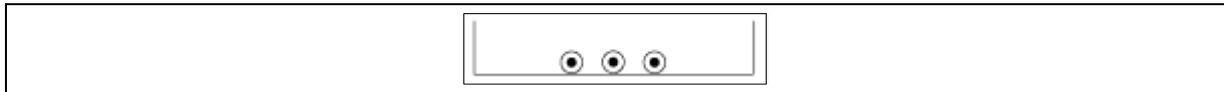
Kabelkanal: Raum oder Kanal, der sich unter dem Boden befindet und dessen Abmessungen es nicht ermöglichen, sich darin zu bewegen: Wenn der Raum oder Kanal geschlossen werden kann, müssen die Kabel über ihre gesamte Länge zugänglich sein.

Abbildung 2.13 - Verlegeart "Kabelkanal"



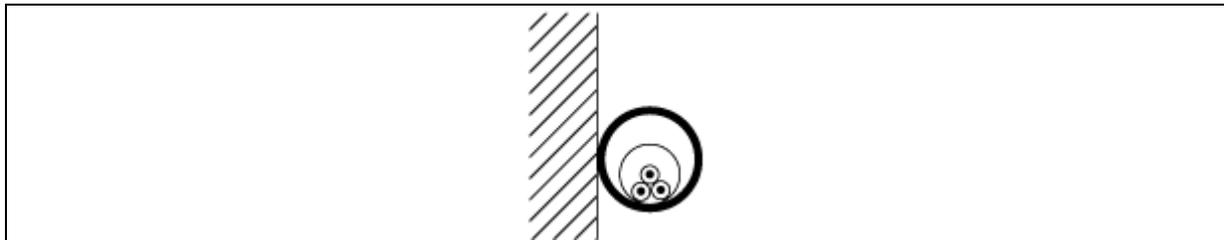
Kabelwanne: Verlegematerial, das aus vollen oder perforierten Profilelementen besteht, die die Kabelführung ermöglichen.

Abbildung 2.14 - Verlegeart "Kabelwanne"



Elektroinstallationsrohr: Verlegematerial, das aus nicht zu öffnenden rohrförmigen Elementen besteht und Leitern einen durchgehenden Schutz bietet.

Abbildung 2.15 - Verlegeart "Elektroinstallationsrohr"



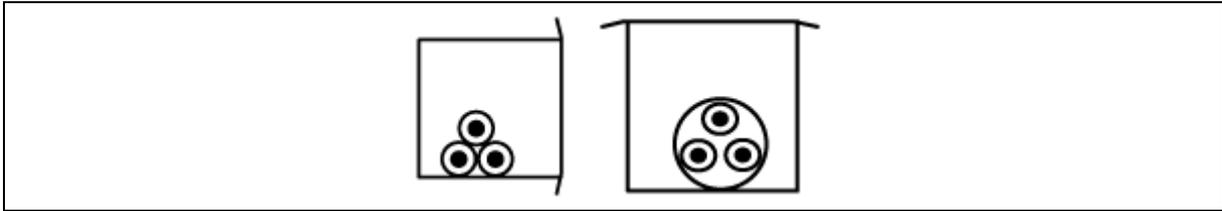
Kabelrohr: Teil, das eine elektrische Leitung umgibt und ihr in Wanddurchführungen (Wänden, Trennwänden, Böden, Decken) oder in unterirdischen Verlegungen zusätzlichen Schutz bietet.

Kabelschutz: Raum über dem Boden, dessen Abmessungen es nicht ermöglichen, sich darin zu bewegen, und der die Zugänglichkeit der Kabel über ihre gesamte Länge gewährleistet. Der Kabelschutz kann im Bauwerk integriert sein oder nicht.

Begehbarer Kabelkanal: Raum, dessen Abmessungen so vorgesehen sind, dass sich Personen darin bewegen können.

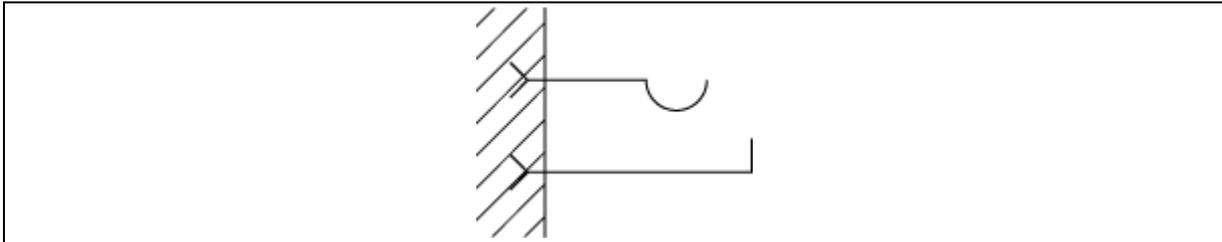
Kabelschacht: Verlegematerial, das aus einem vollwandigen oder perforierten Profil besteht, für die Aufnahme von Leitern oder Kabeln bestimmt ist und mit einem abnehmbaren Deckel geschlossen wird.

Abbildung 2.16 - Verlegeart "Kabelschacht"



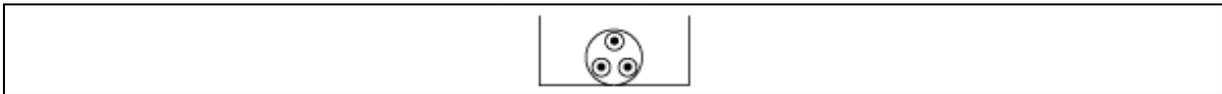
Ausleger: Teil, das an einem seiner Enden an einer Wand befestigt ist und Kabel diskontinuierlich trägt.

Abbildung 2.17 - Verlegeart "Ausleger"



Kabelrinne: Verlegematerial, das aus einem vollwandigen oder perforierten Profil besteht, für die Aufnahme von waagerechten Kabelführungen bestimmt ist und in seinem oberen Teil offen ist.

Abbildung 2.18 - Verlegeart "Kabelrinne"

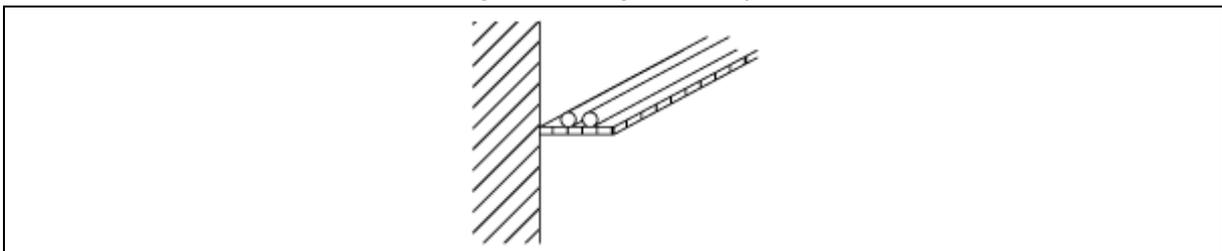


Aussparung: lange, schmale Einkerbung in einem Material, die über ihre gesamte Länge zugänglich ist.

Schlitz: lange, schmale Öffnung in einem Baustoff, in der Elektroinstallationsrohre und bestimmte Arten von elektrischen Leitungen verlegt werden und die nach deren Verlegung wieder abgedichtet wird.

Kabelpritsche: durchgehender Träger, der aus Platten besteht, die an einer senkrechten Wand befestigt sind, und auf dem Kabel verlegt werden.

Abbildung 2.19 - Verlegeart "Kabelpritsche"



Bauliche Hohlräume: Räume innerhalb von Gebäudewänden (Wände, normale Einfassungen und Wandplatten, Trennwände, Böden, Decken), die nur an bestimmten Stellen zugänglich sind.

An den Wänden befestigte elektrische Leitung: elektrische Leitung, die an einer Wand oder in ihrer unmittelbaren Nähe verlegt wird, wobei diese Wand ein Befestigungsmittel und eventuell ein Schutzelement darstellt.

KAPITEL 2.8 - Betriebsmittel

Elektrische Maschine/elektrisches Gerät: Apparat für Produktion, Umwandlung, Verteilung oder Nutzung elektrischer Energie.

Elektrische Betriebsmittel: elektrische Maschinen, Geräte und Leitungen.

Als elektrische Betriebsmittel gelten auch eine Reihe von elektrischen Maschinen, Geräten und Leitungen, die den vom König bestätigten oder vom Normungsamt (NBN) registrierten Normen für Schaltgeräte mit Umhüllung entsprechen.

Mobile Maschine/mobiles Gerät: Maschine bzw. Gerät, die/das entweder aus eigenen Mitteln oder durch den Benutzer unter Spannung oder ohne Spannung während des Betriebs bewegt wird oder leicht bewegt werden kann, wenn sie/es mit dem Versorgungsstromkreis verbunden ist.

Stangenstromabnehmer: Einrichtung, die die Stromversorgung von mobilen Maschinen oder Geräten über Gleitkontakte ermöglicht.

KAPITEL 2.9 - Trennung und Steuerung

Allpolige Abschaltung: Abschaltung aller aktiven Leiter eines Stromkreises.

Sicherheitsabschaltung: nicht automatische Trenn- und Steuerungsmaßnahmen, die dazu dienen, Gefahren für Personen, die an Maschinen oder Geräten arbeiten, die mit elektrischer Energie versorgt werden, zu verhüten oder zu beseitigen.

Trennschalter: System, das dazu bestimmt ist, eine gesamte Anlage oder einen Teil davon spannungsfrei zu schalten, indem die Anlage von jeder Stromquelle getrennt wird, um die Sicherheit der Personen zu gewährleisten, die an oder in der Nähe von Teilen arbeiten, bei denen die Gefahr direkten Berührens besteht.

Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung: System, das dazu bestimmt ist, Teile von elektrischen Betriebsmitteln abzuschalten, die mit elektrischer Energie versorgt werden, um andere Unfälle als die durch elektrischen Schlag oder Lichtbogen bei der nicht elektrischen Instandhaltung dieser Betriebsmittel zu verhüten.

Not-Ausschaltung: System, das dazu bestimmt ist, Gefahren, die unvorhersehbar auftreten können, schnellstmöglich zu beseitigen. Wenn diese Maßnahme ergriffen wird, um eine gefährliche Bewegung anzuhalten, wird sie als *Not-Halt* bezeichnet.

Betriebsmäßige Schaltung: System, das dazu bestimmt ist, die Stromversorgung für einen Teil einer elektrischen Anlage, einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Verbrauchsgeräts ein- oder auszuschalten oder zu verändern, um die Steuerung bei bestimmungsgemäßem Betrieb zu gewährleisten.

Handsteuerung: Steuerung einer Betätigung durch direktes menschliches Eingreifen.

Automatische Steuerung: Steuerung einer Betätigung ohne menschliches Eingreifen, abhängig vom Vorliegen vorher festgesetzter Bedingungen.

KAPITEL 2.10 - Äußere Einflüsse

Abschnitt 2.10.1 - Allgemeines

Die Einteilung der äußeren Einflüsse ist eine möglichst umfassende Auflistung aller äußeren Bedingungen, die die Vorschriften für elektrische Anlagen beeinflussen können.

Um die Einteilung der verschiedenen Parameter zu erleichtern, wurde ein alphanumerischer Code erstellt.

Die verschiedenen Parameter in Bezug auf äußere Einflüsse werden entsprechend ihrer Rolle in drei Hauptkategorien eingeteilt, nämlich:

- die *Umgebungsbedingungen*, die von der Art der Anlagen und Orte unabhängig sind und sich auf äußere Phänomene beziehen, die sich aus Atmosphäre, Klima, Örtlichkeit und anderen Bedingungen in Bezug auf den Ort ergeben, an dem sich die elektrische Anlage befindet,
- die Bedingungen in Bezug auf die *Verwendung* der betreffenden Orte und der elektrischen Anlage selbst,
- die Folgen, die sich aus der *Bauweise von Bauwerken*, ihrer Struktur und der Art der verwendeten Materialien ergeben.

Tabelle 2.5 - Kategorien von äußeren Einflüssen

Erster Buchstabe des Codes	Kategorie
A	Umgebungsbedingungen
B	Verwendung
C	Bauweise von Bauwerken

Abschnitt 2.10.2 - Umgebungstemperatur (AA)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Umgebungstemperatur" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AA gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 6 besteht, wie in *Tabelle 2.6* dargestellt.

Tabelle 2.6 - Äußere Einflüsse - Umgebungstemperatur (AA)

Code	Umgebungstemperatur	Bedingungen	Beispiele
AA1	Äußerst kühl	von -60 °C bis +5 °C	Gefrierräume, ...
AA2	Sehr kalt	von -40 °C bis +5 °C	Kühlräume, ...
AA3	Kalt	von -25 °C bis +5 °C	Außenbereiche, ...
AA4	Gemäßigt	von -5 °C bis +40 °C	Gemäßigte Bereiche, ...
AA5	Warm	von +5 °C bis +40 °C	Innenräume, ...
AA6	Sehr warm	von +5 °C bis +60 °C	Heizungsräume, Maschinenräume ...

Unter besonderen Bedingungen darf ein anderer Code benutzt werden - siehe *Tabelle 2.7*.

Tabelle 2.7 - Äußere Einflüsse - Umgebungstemperatur (AA) - Besondere Bedingungen

Code	Umgebungstemperatur	Bedingungen	Beispiele
AA7	Kalt	von -15 °C bis +25 °C	Außerhalb von Räumlichkeiten, ...
AA8	Gemäßigt	von +5 °C bis +30 °C	Räumlichkeiten, die in der Regel beheizt werden, ...

Räumlichkeiten oder Bereiche können durch die Kombination von zwei oder drei Umgebungstemperaturklassen gekennzeichnet werden; Außenbereiche können zum Beispiel der Klasse AA3+5 (von -25 °C bis +40 °C) und Gießereien der Klasse AA4+6 (von -5 °C bis +60 °C) angehören.

Abschnitt 2.10.3 - Auftreten von Wasser (AD)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Auftreten von Wasser" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AD gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 8 besteht, wie in *Tabelle 2.8* dargestellt.

Tabelle 2.8 - Äußere Einflüsse - Auftreten von Wasser (AD)

Code	Auftreten von Wasser	Bedingungen	Beispiele
AD1	Vernachlässigbares Auftreten von Wasser	In der Regel keine Spuren von Feuchtigkeit	Trockene Räumlichkeiten wie Wohnzimmer, Schlafzimmer, Büros, ...
AD2	Tropfwasser	Senkrecht fallende Tropfen. Gelegentliche Feuchtigkeitskondensation oder gelegentliches Vorhandensein von Wasserdampf	Vorübergehend feuchte Räumlichkeiten wie bestimmte Küchen, Keller, überdachte Terrassen, Toiletten, Einzelgaragen, ...
AD3	Sprühwasser	Rieseln von Wasser auf Wänden und Böden. Sprühwasser. Wasser, das wie Regen fällt (höchstens 60° zur Senkrechten)	Feuchte Räumlichkeiten wie Müllräume, Dampf- oder Heißwasserunterstationen, ...
AD4	Spritzwasser	Rieseln und Spritzen von Wasser in alle Richtungen	Nasse Orte wie Baustellen, Saunas, Gefrierräume, ...
AD5	Strahlwasser	Wasserstrahlen unter Druck in alle Richtungen	Ausgesetzte Orte wie Duschkabinen, Ställe, Metzgereien, ...
AD6	Schwallwasser	Waschen mit Wasserstrahlen und Schwallwasser	Stege, Kais, Strände, ...
AD7	Eintauchen	Wassertiefe ≤ 1 m	Flache Becken wie Springbrunnen, ...
AD8	Untertauchen	Wassertiefe > 1 m	Tiefe Becken, ...

Abschnitt 2.10.4 - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Auftreten von festen Fremdkörpern" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AE gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 4 besteht, wie in Tabelle 2.9 dargestellt.

Tabelle 2.9 - Äußere Einflüsse - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)

Code	Feste Fremdkörper
AE1	Große Abmessungen
AE2	Kleinste Abmessung 2,5 mm
AE3	Kleinste Abmessung 1 mm
AE4	Staub

Abschnitt 2.10.5 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AF gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 4 besteht, wie in Tabelle 2.10 dargestellt.

Tabelle 2.10 - Äußere Einflüsse - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF)

Code	Korrosive oder verunreinigende Substanzen	Bedingungen	Beispiele
AF1	Vernachlässigbar	Kein Einfluss von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen, weder durch ihre Art noch durch ihre Qualität	Hauswirtschaftliche Räumlichkeiten, öffentlich zugängliche Räumlichkeiten und im Allgemeinen alle Räumlichkeiten, in denen chemische oder korrosive Produkte weder gehandhabt noch verarbeitet werden, ...
AF2	Atmosphärisch	Meeresnähe, Nähe von Anlagen, die erhebliche Verschmutzung verursachen	Gebäude, die sich in der Nähe von chemischen Industrien, Zementwerken, ... befinden
AF3	Zeitweise oder zufällig	Kurzzeitige oder zufällige Einwirkung von üblicherweise verwendeten chemischen oder korrosiven Produkten	Betriebslabore, Unterrichtslabore, Garagen, Heizungsräume, ...
AF4	Dauernd	Dauernde Einwirkung chemischer, korrosiver oder verunreinigender Produkte	Chemische Industrien, Industrien, in denen chemische oder korrosive Produkte verwendet werden (Farben, Verchromung, Kohlenwasserstoffe, Kunststoffe, ...) ...

Abschnitt 2.10.6 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "mechanische Beanspruchung durch Schläge" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AG gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 3 besteht:

- AG1: Die Beanspruchung entspricht einer Schlagenergie von höchstens 1 J und der entsprechende Schlagfestigkeitsgrad ist IP XX-4; es handelt sich dabei um die Beanspruchung, die vorliegt, wenn Betriebsmittel bei bestimmungsgemäßem Betrieb für hauswirtschaftliche oder ähnliche Zwecke benutzt werden.
- AG2: Die Beanspruchung entspricht einer Schlagenergie von höchstens 6 J und der entsprechende Schlagfestigkeitsgrad ist IP XX-7; es handelt sich dabei um die Beanspruchung, die vorliegt, wenn Betriebsmittel bei bestimmungsgemäßem Betrieb für industrielle Zwecke benutzt werden.
- AG3: Die Beanspruchung entspricht einer Schlagenergie von höchstens 60 J und der entsprechende Schlagfestigkeitsgrad ist IP XX-11; es handelt sich dabei um die Beanspruchung, die vorliegt, wenn Betriebsmittel unter schweren Betriebsbedingungen für industrielle Zwecke benutzt werden.

Abschnitt 2.10.7 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "mechanische Beanspruchung durch Schwingungen" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AH gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 3 besteht, wie in Tabelle 2.11 dargestellt.

Tabelle 2.11 - Äußere Einflüsse - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)

Code	Schwingungen	Bedingungen	Beispiele
AH1	Niedrig	Keine Schwingung	Hauswirtschaftliche Räumlichkeiten und im Allgemeinen ortsfeste Betriebsmittel ohne Motor, ...
AH2	Mittel	Niedrige Schwingungen	Betriebsmittel mit Motoren oder beweglichen Teilen, ...
AH3	Hoch	Hohe Schwingungen	Nähe von Rüttelsieben, Rüttelgeräten, ...

Abschnitt 2.10.8 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel und Anwesenheit von Tieren" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AK bzw. AL gefolgt von den Ziffern 1 bzw. 2 besteht, wie in Tabelle 2.12 dargestellt.

Tabelle 2.12 - Äußere Einflüsse - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL)

Code	Pflanzen und Tiere	Bedingungen	Beispiele
<i>Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel</i>			
AK1	Vernachlässigbar	Keine Gebrauchseinschränkung	Keine schädlichen Risiken durch Pflanzen oder Schimmel
AK2	Risiken	Besonderer Schutz	Schädliche Entwicklung der Vegetation oder üppige Vegetation
<i>Anwesenheit von Tieren</i>			
AL1	Vernachlässigbar	Keine Gebrauchseinschränkung	Keine schädlichen Risiken durch Tiere
AL2	Risiken	Besonderer Schutz	Anwesenheit von Insekten, Tieren oder Vögeln, die in schädlicher Menge vorhanden oder von Natur aus aggressiv sind

Abschnitt 2.10.9 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AM gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 6 besteht, wie in Tabelle 2.13 dargestellt.

Tabelle 2.13 - Äußere Einflüsse - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM)

Code	Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse
AM1	Keine schädlichen Auswirkungen durch Streuströme, elektromagnetische Strahlungen, ionisierende Strahlungen oder induzierte Ströme
AM2	Schädliches Auftreten von Streuströmen
AM3	Schädliches Auftreten elektromagnetischer Strahlungen
AM4	Schädliches Auftreten ionisierender Strahlungen
AM5	Schädliche elektrostatische Einflüsse
AM6	Schädliches Auftreten induzierter Ströme

Abschnitt 2.10.10 - Sonnenstrahlung (AN)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Sonnenstrahlung" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben AN gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 2 besteht, wie in *Tabelle 2.14* dargestellt.

Tabelle 2.14 - Äußere Einflüsse - Sonnenstrahlung (AN)

Code	Sonnenstrahlung
AN1	Vernachlässigbar
AN2	Sonnenstrahlung, die aufgrund ihrer Intensität oder Dauer schädlich ist

Abschnitt 2.10.11 - Fähigkeiten von Personen (BA)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Fähigkeiten von Personen" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben BA gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 5 besteht, wie in *Tabelle 2.15* dargestellt.

Tabelle 2.15 - Äußere Einflüsse - Fähigkeiten von Personen (BA)

Code	Fähigkeiten von Personen	Bedingungen	Beispiele
BA1	Laien	Personen, die nicht zu den weiter unten erwähnten Kategorien gehören	Hauswirtschaftliche Räumlichkeiten oder ähnliche Räumlichkeiten, öffentlich zugängliche Räumlichkeiten, ...
BA2	Kinder	Kinder, die sich in den für sie bestimmten Räumlichkeiten befinden	Kinderkrippen und Betreuungseinrichtungen, ...
BA3	Personen mit Behinderung	Personen, die nicht über all ihre körperlichen oder geistigen Fähigkeiten verfügen	Pflegeheime für Invaliden, Betagte oder Geisteskranke, ...
BA4	Elektrotechnisch unterwiesene Personen	Personen, die: – entweder für die ihnen übertragenen Arbeiten über die mit Strom verbundenen Risiken ausreichend informiert sind – oder während der ihnen übertragenen Arbeiten ständig von einer Elektrofachkraft (BA5) beaufsichtigt werden, um elektrische Risiken zu minimieren	Betriebs- oder Instandhaltungspersonal von elektrischen Anlagen, ...
BA5	Elektrofachkräfte	Personen, die aufgrund ihrer durch Ausbildung oder Erfahrung erworbenen Kenntnisse die mit den auszuführenden Arbeiten verbundenen Risiken selbst beurteilen und die Maßnahmen zur Beseitigung oder Minimierung der spezifischen damit verbundenen Risiken ergreifen können	Ingenieure und Techniker, die mit dem Betrieb elektrischer Anlagen beauftragt sind, ...

Abschnitt 2.10.12 - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Hautfeuchtigkeit" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben BB gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 3 besteht, wie in *Tabelle 2.16* dargestellt.

Tabelle 2.16 - Äußere Einflüsse - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB)

Code	Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers
BB1	Trockene oder verschwitzte Haut
BB2	Nasse Haut
BB3	Ins Wasser eingetauchte Haut

Abschnitt 2.10.13 - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Kontakt von Personen mit Erdpotential" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben BC gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 4 besteht, wie in Tabelle 2.17 dargestellt.

Tabelle 2.17 - Äußere Einflüsse - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC)

Code	Kontakt von Personen mit Erdpotential	Bedingungen	Beispiele
BC1	Keiner	Personen befinden sich in nichtleitenden Räumlichkeiten oder Bereichen.	Räumlichkeiten mit isolierenden Böden und Wänden und ohne leitfähige Teile
BC2	Selten	Personen kommen unter normalen Umständen nicht mit leitfähigen Teilen mit Erdpotential in Berührung.	Räumlichkeiten mit isolierenden oder isolierten Böden und Wänden und wenig leitfähigen Teilen wie Schlafzimmer, Wohnzimmer in Wohngebäuden, Büros, ...
BC3	Häufig	Personen kommen häufig mit leitfähigen Teilen mit Erdpotential in Berührung.	Räumlichkeiten mit leitfähigen Böden und Wänden und vielen leitfähigen Teilen, ...
BC4	Dauernd	Personen stehen in ständigem Kontakt mit leitfähigen Teilen mit Erdpotential und ihre Bewegungsmöglichkeiten sind in der Regel begrenzt.	Leitfähige abgeschlossene Räume wie Metalltanks, Kessel und metallische Behälter, ...

Abschnitt 2.10.14 - Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall (BD)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben BD gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 4 besteht, wie in Tabelle 2.18 dargestellt.

Tabelle 2.18 - Äußere Einflüsse - Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall (BD)

Code	Evakuierungsmöglichkeiten	Bedingungen		Beispiele
		Belegungs-dichte	Evakuierungsbedingungen	
BD1	Normal	Gering	Einfach	Wohnhäuser, die weniger als 25 m hoch sind, ...
BD2	Lang	Gering	Schwierig	Hohe Gebäude, die mindestens 25 m hoch sind, ...
BD3	Dicht	Groß	Einfach	Öffentlich zugängliche Gebäude, ...
BD4	Lang und dicht	Groß	Schwierig	Öffentlich zugängliche Gebäude, die höher als 25 m sind, ...

Abschnitt 2.10.15 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben *BE* gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 4 besteht, wie in *Tabelle 2.19* dargestellt.

Tabelle 2.19 - Äußere Einflüsse - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE)

<i>Code</i>	<i>Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe</i>	<i>Bedingungen</i>	<i>Beispiele</i>
BE1	Vernachlässigbare Risiken	Fehlen oder vernachlässigbares Vorhandensein von leicht entflammaren, explosiven oder potenziell kontaminierenden Stoffen	Hauswirtschaftliche Räumlichkeiten, ...
BE2	Feuergefahr	Verarbeitung oder Lagerung von brennbaren Stoffen und entflammaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 55° C	Scheunen, Schreinereien, Papierfabriken, Heizungsräume, Parkhäuser, Bibliotheken, Archivräume, Lagerräume, ...
BE3	Explosionsgefahr	Verarbeitung oder Lagerung von explosiven Stoffen oder entflammaren Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von höchstens 55° C einschließlich Vorhandensein von explosivem Staub	Raffinerien, Kohlenwasserstoff-, Treibstoff- und Munitionslager, Fabriken für bestimmte Kunststoffe, ...
BE4	Verunreinigungsgefahr	Vorhandensein von ungeschützten Nahrungsmitteln, pharmazeutischen Produkten ohne Schutz, Lampenbruch	Lebensmittelindustrien, Großküchen, Arzneimittelindustrien und pharmazeutische Labore, ...

Abschnitt 2.10.16 - Baustoffe (CA)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Baustoffe" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben *CA* gefolgt von der Ziffer 1 oder 2 besteht, wie in *Tabelle 2.20* dargestellt.

Tabelle 2.20 - Äußere Einflüsse - Baustoffe (CA)

<i>Code</i>	<i>Baustoffe</i>	<i>Bedingungen</i>	<i>Beispiele</i>
CA1	Nicht brennbare Materialien	-	-
CA2	Brennbare Materialien	Gebäude, die hauptsächlich mit brennbaren Materialien errichtet worden sind	Holzgebäude, ...

Abschnitt 2.10.17 - Gebäudestruktur (CB)

Für die Kennzeichnung des äußeren Einflusses "Gebäudestruktur" wird ein Code benutzt, der aus den Buchstaben CB gefolgt von einer Ziffer von 1 bis 4 besteht, wie in Tabelle 2.21 dargestellt.

Tabelle 2.21 - Äußere Einflüsse - Gebäudestruktur (CB)

Code	Gebäudestruktur	Bedingungen	Beispiele
CB1	Vernachlässigbare Risiken	Klassische und stabile Konstruktionen	-
CB2	Ausbreitung von Feuer	Gebäude, deren Form und Größe die Ausbreitung eines Feuers erleichtern können	Hohe Gebäude Gebäude mit mindestens einer Abteilung mit einer Oberfläche: - entweder von mehr als 2500 m ² auf einer Ebene - oder von mehr als 1250 m ² auf zwei Ebenen. ...
CB3	Bewegungen	Risiken aufgrund von Strukturbewegungen	Sehr lange Gebäude oder Gebäude, die auf nicht stabilisiertem Boden errichtet wurden, sodass Verschiebungen zwischen verschiedenen Gebäudeteilen oder zwischen dem Gebäude und dem Boden entstehen können, ...
CB4	Flexibel oder instabil	Konstruktionen, die empfindlich sind oder Bewegungen und Schwingungen ausgesetzt sein können	Zelte, Zwischendecken, abnehmbare Trennwände, Traglufthallen, ...

KAPITEL 2.11 - Arbeiten und Prüfung

Abschnitt 2.11.1 - Arbeiten an elektrischen Anlagen

Arbeiten: jede Form von Arbeit, bei der eine elektrische Gefahr besteht. Es kann sich um elektrotechnische und nicht elektrotechnische Arbeiten und Betriebsarbeiten handeln.

Elektrotechnische Arbeiten: Arbeiten an, mit oder in der Nähe einer elektrischen Anlage (zum Beispiel Tests und Messungen, Reparaturen, Reinigung von elektrischem Zubehör, Ersetzungen, Änderungen, Erweiterungen und Instandhaltung, ...), die die elektrische Anlage unmittelbar betreffen.

Nicht elektrotechnische Arbeiten: Arbeiten in der Nähe einer elektrischen Anlage (zum Beispiel Erd-, Bau-, Auslichtungs-, Reinigungs-, Malerarbeiten, ...), die die elektrische Anlage nicht unmittelbar betreffen.

Betriebsarbeiten: Bedienungs-, Steuerungs- und Prüfarbeiten an elektrischen Anlagen.

Bedienungs- und Steuerungsarbeiten: Bedienung und Steuerung dienen dazu, den elektrischen Zustand einer elektrischen Anlage zu verändern, um Betriebsmittel zu benutzen, anzuschließen, abzutrennen, einzuschalten oder abzuschalten. Dies gilt auch für Trennungen oder Wiederverbindungen von Anlagen im Hinblick auf die Ausführung von Arbeiten.

Prüfarbeiten: Prüfungen können Folgendes umfassen:

- Sichtprüfungen,
- Tests,
- Messungen.
- Prüfungen dienen dazu, Aufbau, Instandhaltungszustand oder Konformität einer elektrischen Anlage zu überprüfen.

Tests umfassen alle Tätigkeiten, die dazu dienen, Betrieb oder elektrischen, mechanischen oder thermischen Zustand einer elektrischen Anlage zu überprüfen. Tests umfassen auch Tätigkeiten, die zum Beispiel dazu dienen, die Wirksamkeit von elektrischen Schutzeinrichtungen und Sicherheitsstromkreisen zu testen.

Messungen umfassen alle Tätigkeiten, die dazu dienen, physikalische Größen in elektrischen Anlagen zu messen.

Arbeiten unter Spannung: Arbeiten, bei denen eine Person entweder mit Körperteilen oder mit Arbeitsmitteln oder Ausrüstungen blanke unter Spannung stehende Teile berührt oder in die Gefahrenzone eindringt.

Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile: Arbeiten, bei denen eine Person entweder mit Körperteilen oder mit Arbeitsmitteln oder Ausrüstungen in die Annäherungszone eindringt, ohne in die Gefahrenzone einzudringen.

Arbeiten im spannungsfreien Zustand: Arbeiten an elektrischen Anlagen, die weder unter Spannung stehen noch elektrisch geladen sind, die nach Ergreifen aller Maßnahmen zur Vermeidung elektrischer Risiken ausgeführt werden.

Arbeitsverantwortlicher: Person, die mit der Leitung der Arbeiten beauftragt ist.

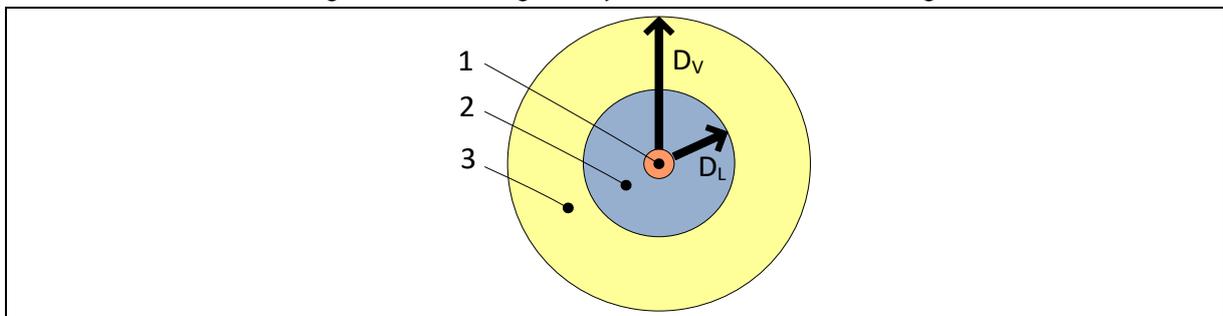
Anlagenverantwortlicher: Person, die für die Übernahme der Verantwortung für den Betrieb der elektrischen Anlage bestimmt ist. Diese Verantwortung kann wenn nötig teilweise an andere Personen übertragen werden.

Arbeitsbereich: Bereich, in dem Arbeiten ausgeführt werden.

Annäherungszone: abgegrenzter Bereich um die Gefahrenzone wie auf den drei Abbildungen und in der Tabelle weiter unten dargestellt.

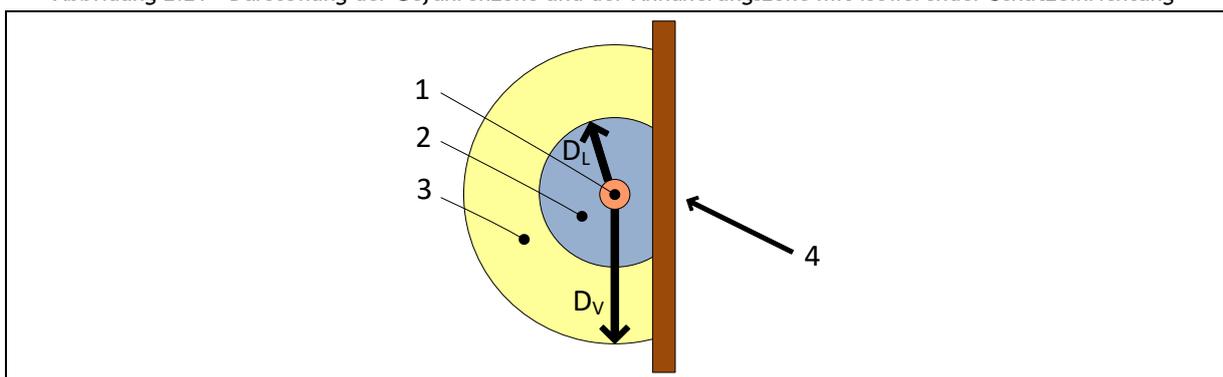
Gefahrenzone: abgegrenzter Bereich um die blanken unter Spannung stehenden aktiven Teile wie auf den Abbildungen 2.20 bis 2.22 und in Tabelle 2.22 dargestellt.

Abbildung 2.20 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone



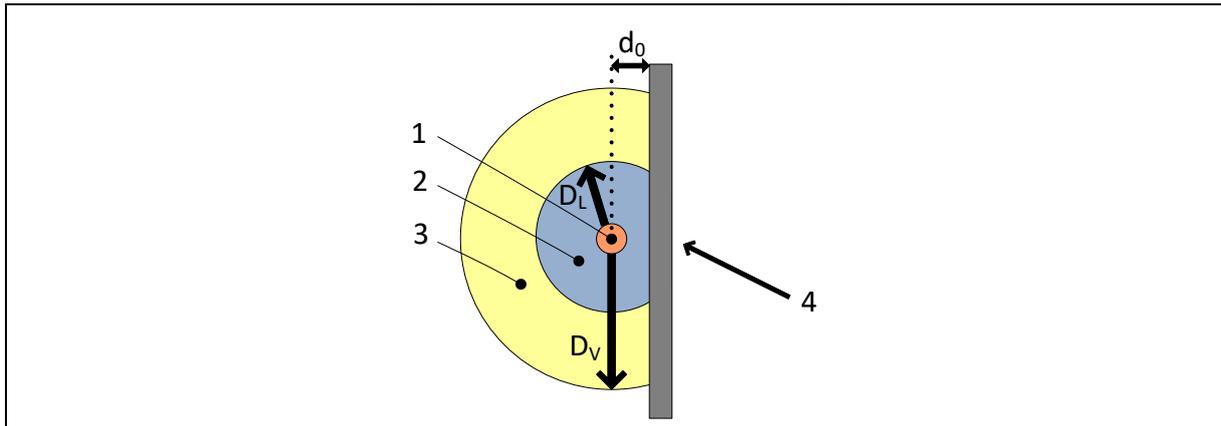
- 1: blankes unter Spannung stehendes aktives Teil
- 2: Gefahrenzone
- 3: Annäherungszone
- D_L : Abstand zur Festlegung der äußeren Grenze der Gefahrenzone
- D_V : Abstand zur Festlegung der äußeren Grenze der Annäherungszone

Abbildung 2.21 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone mit isolierender Schutzeinrichtung



- 1: blankes unter Spannung stehendes aktives Teil
- 2: Gefahrenzone
- 3: Annäherungszone
- 4: äußere Oberfläche der isolierenden Schutzeinrichtung, die den Zugang zur Gefahrenzone und/oder zur Annäherungszone verhindert
- D_L : Abstand zur Festlegung der äußeren Grenze der Gefahrenzone
- D_V : Abstand zur Festlegung der äußeren Grenze der Annäherungszone

Abbildung 2.22 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone mit geerdeter metallischer Schutzeinrichtung



- 1: blankes unter Spannung stehendes aktives Teil
 - 2: Gefahrenzone
 - 3: Annäherungszone
 - 4: äußere Oberfläche der geerdeten metallischen Schutzeinrichtung, die integraler Bestandteil der elektrischen Anlage ist und den Zugang zur Gefahrenzone und/oder zur Annäherungszone verhindert
- d_0 : Mindestabstand gemäß *Unterabschnitt 5.1.3.2*
 D_L : Abstand zur Festlegung der äußeren Grenze der Gefahrenzone
 D_V : Abstand zur Festlegung der äußeren Grenze der Annäherungszone

Tabelle 2.22 - Abstandswerte D_L und D_V

Nennspannung des Netzes U_N [kV] (Effektivwert)	Abstand D_L zur Festlegung der äußeren Grenze der Gefahrenzone [mm]	Abstand D_V zur Festlegung der äußeren Grenze der Annäherungszone [mm]
≤ 1	keine Berührung	500
3	120	1120
6	120	1120
10	150	1150
15	160	1160
20	220	1220
30	320	1320
36	380	1380
45	480	1480
60	630	1630
70	750	1750
110	1000	2000
132	1100	3100
150	1200	3200
220	1600	3600
275	1900	3900
380	2500	4500
480	3200	6200
700	5300	8300

Bemerkung 1: Zwischenwerte von D_L und D_V können durch lineare Interpolation festgelegt werden.

Bemerkung 2: Für Gleichstromanlagen können dieselben Abstände mit Bezug auf die Nennspannungswerte des Netzes benutzt werden.

Abschnitt 2.11.2 - Prüfung von elektrischen Anlagen

Zugelassene Stelle: Prüfstelle, die für Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme und Besuche für die Kontrolle von elektrischen Anlagen zuständig ist.

Prüfer: Person, die über eine von einer zugelassenen Stelle erteilte Ermächtigung verfügt und Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme und/oder Kontrollbesuche durchführt.

Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme: Prüfung der Konformität von elektrischen Anlagen wie in *Kapitel 6.4* vorgesehen.

Kontrollbesuch: Prüfung von elektrischen Anlagen wie in *Kapitel 6.5* vorgesehen.

Routinebesuch: Besuch von elektrischen Hochspannungsanlagen wie in *Abschnitt 9.1.2* vorgesehen.

Ingebrauchnahme: erste Bereitstellung einer elektrischen Anlage zu Betriebszwecken.

Wesentliche Änderung oder Erweiterung: Änderung oder Erweiterung einer elektrischen Anlage, die eine zusätzliche (noch nicht durch eine Konformitätsprüfung abgedeckte) Auswirkung auf die Sicherheit von Personen oder Gütern hat.

Beispiele von wesentlichen Änderungen oder Erweiterungen: Änderung des Erdungssystems, Überschreitung der zugelassenen Kurzschlussleistung von installierten Betriebsmitteln, Austausch einer Verteiler- und Schaltgerätekombination gegen ein nicht identisches Modell, ...

KAPITEL 2.12 - Schemata, Pläne und Unterlagen von elektrischen Anlagen

Schema: graphische Darstellung, auf der anhand von Linien und Symbolen ordentlich dargestellt ist, wie die verschiedenen Teile einer Anlage und ihre Unterteilungen miteinander verbunden sind.

Plan: graphische Darstellung, auf der die geografische Lage der verschiedenen Teile einer Anlage und ihrer Unterteilungen maßstabsgetreu dargestellt ist.

Wirkungsschema oder Blockschema: Schema, auf dem der gesamte Betrieb der Anlage oder eines Teils der Anlage und ihre funktionalen Verbindungen dargestellt sind.

Schaltplan: Einstrich- oder Mehrstrich-Schema, auf dem die Elementarstromkreise, ihre Verbindungen und die elektrischen Betriebsmittel, die die elektrische Anlage oder einen Teil der Anlage bilden, dargestellt und ihre Zusammensetzung und ihre Eigenschaften angegeben sind.

Ausführungsschema: Schema, auf dem die Zusammenschaltung und der Anschluss der verschiedenen Teile der Anlage dargestellt sind.

Lageplan: Plan, auf dem die Lage der verschiedenen Teile einer Anlage dargestellt ist.

Lageplan der Erder: Plan, auf dem die Lage der Erder dargestellt ist.

Gesamtplan einer Ausrüstung: Plan, auf dem die Lage der einzelnen Bestandteile innerhalb einer Ausrüstung dargestellt ist (elektrische Maschine, Zelle, ...).

Unterlage in Bezug auf äußere Einflüsse: Unterlage, in der die äußeren Einflüsse angegeben sind, die an den verschiedenen Orten zu berücksichtigen sind.

Zonenplan: Plan, auf dem die Orte dargestellt sind, in denen Explosionsgefahr bestehen kann. Diese Orte werden gemäß den Vorschriften des vorliegenden Buches in verschiedene Zonen eingeteilt.

Zonenbericht: Unterlage, die die Daten, auf denen die Bestimmung der Zonen und ihrer Ausdehnung beruht, die Schlussfolgerungen und ihre Rechtfertigung enthält.

Fluchtwegeplan: Plan, auf dem die Aufteilung und Bestimmung der Orte, die Lage der Abteilungsgrenzen, die Lage der Orte mit erhöhter Feuergefahr, die Lage der Ausgänge, Notausgänge und Sammelplätze nach Evakuierung und die Anordnung der Fluchtwege dargestellt sind.

Liste der Fluchtwege und schwer zu evakuierenden Orte: Liste der Orte, deren Evakuierung durch Rauchentwicklung bei Feuer beeinflusst werden kann.

Plan der Sicherheitsanlagen: Plan, auf dem die Räumlichkeiten und Abteilungen dargestellt sind, mit folgenden Angaben:

- Lage von nicht integrierten Sicherheitsquellen,
- Lage von Sicherheitsstromkreisen,
- Lage von Sicherheitsverbrauchern,
- Abteilungen und ihr Feuerwiderstand,
- Verlauf und Länge der Sicherheitsstromkreise pro Abteilung.

Plan der kritischen Anlagen: Plan, auf dem die Räumlichkeiten dargestellt sind, mit folgenden Angaben:

- Lage von kritischen Stromkreisen,
- Lage von kritischen Verbrauchern,
und wenn besondere Maßnahmen bei Ausfall der normalen Quelle und/oder Feuer anwendbar sind:
- Lage von nicht integrierten Ersatzstromquellen,
- Abteilungen und ihr Feuerwiderstand,
- Verlauf und Länge der kritischen Stromkreise pro Abteilung.

Kritische Anlagen können auf dem Plan der Sicherheitsanlagen dargestellt sein, sofern Sicherheitsanlagen und kritische Anlagen auf dem Plan so gekennzeichnet sind, dass eine Verwechslung ausgeschlossen ist.

Liste der Sicherheitsanlagen und/oder kritischen Anlagen: Liste mit folgenden Angaben:

- Art von Sicherheitsanlagen und/oder kritischen Anlagen,
- Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes Sicherheitsverbrauchers und/oder jedes kritischen Verbrauchers (falls auf kritische Verbraucher anwendbar),
- Maßnahmen, die im Rahmen der Risikoanalyse von Sicherheitsanlagen und/oder kritischen Anlagen getroffen werden.

Plan der unterirdischen Leitungen (Kabelplan): Plan, auf dem die Lage unterirdischer elektrischer Leitungen dargestellt ist.

Teil 3 - Bestimmung der allgemeinen Eigenschaften von elektrischen Anlagen

KAPITEL 3.1 - ALLGEMEINES	35
Abschnitt 3.1.1 - Bestimmung der Eigenschaften von Anlagen	35
Abschnitt 3.1.2 - Schemata, Pläne und Unterlagen von elektrischen Anlagen	35
Unterabschnitt 3.1.2.1 - Allgemeine Vorschriften	35
Unterabschnitt 3.1.2.2 - Besondere Vorschriften in Bezug auf den Inhalt von Schaltplänen	35
Unterabschnitt 3.1.2.3 - Besondere Vorschriften in Bezug auf den Inhalt von Lageplänen	36
Unterabschnitt 3.1.2.4 - Besondere Vorschriften in Bezug auf den Inhalt von Zonenplänen und -berichten	36
Abschnitt 3.1.3 - Kennzeichnung und Angaben.....	36
Unterabschnitt 3.1.3.1 - Kennzeichnung von Stromkreisen	36
Unterabschnitt 3.1.3.2 - Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel.....	37
Unterabschnitt 3.1.3.3 - Spannungsangabe	37
KAPITEL 3.2 - STROMVERSORGUNG UND STRUKTUREN	37
Abschnitt 3.2.1 - Versorgungsleistung.....	37
Abschnitt 3.2.2 - Arten von Erdungssystemen	37
Abschnitt 3.2.3 - Stromversorgung.....	37
Abschnitt 3.2.4 - Unterteilung von Anlagen.....	37
Unterabschnitt 3.2.4.1 - Ziel	37
Unterabschnitt 3.2.4.2 - Fehlende galvanische Trennung	37
KAPITEL 3.3 - KOMPATIBILITÄT	37
Abschnitt 3.3.1 - Unabhängigkeit elektrischer Anlagen gegenüber anderen Anlagen.....	37
Abschnitt 3.3.2 - Unabhängigkeit von Teilen elektrischer Anlagen.....	37
Abschnitt 3.3.3 - Telekommunikations-, Steuerungs-, Signalanlagen und ähnliche Anlagen	38
KAPITEL 3.4 - SICHERHEITSANLAGEN.....	38
KAPITEL 3.5 - KRITISCHE ANLAGEN.....	38

KAPITEL 3.1 - Allgemeines

Abschnitt 3.1.1 - Bestimmung der Eigenschaften von Anlagen

Folgende Eigenschaften in Bezug auf Anlagen werden gemäß den angegebenen Kapiteln bestimmt:

- beabsichtigte Benutzung der Anlagen, ihre allgemeine Struktur und ihre Versorgungsquellen (*Kapitel 3.2*),
- äußere Einflüsse, denen Anlagen ausgesetzt sind (*Kapitel 2.10*),
- Kompatibilität elektrischer Betriebsmittel von Anlagen (*Kapitel 3.3*).
 - Diese Eigenschaften sind bei Wahl von Schutzmaßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit (*Teil 4*), Wahl und Einsatz von Betriebsmitteln (*Teil 5*) und Einhaltung der besonderen Vorschriften (*Teil 7*) zu berücksichtigen.

Der Isolationspegel von elektrischen Hochspannungsanlagen muss so beschaffen sein, dass sie bei bestimmungsgemäßem Betrieb vorhersehbaren elektrischen Beanspruchungen ohne Schaden standhalten können.

Abschnitt 3.1.2 - Schemata, Pläne und Unterlagen von elektrischen Anlagen

Schemata, Pläne und Unterlagen umfassen auf eindeutige Weise Nummer, Fassung und Datum der Fassung.

Unterabschnitt 3.1.2.1 - Allgemeine Vorschriften

a. Schemata, Pläne und Unterlagen

Jede elektrische Anlage ist Gegenstand eines/einer oder mehrerer:

- Schaltpläne,
- Lagepläne,
- Lagepläne der Erder,
- Unterlagen in Bezug auf äußere Einflüsse.

Falls anwendbar, werden weiter oben erwähnte Pläne und Unterlagen ergänzt durch:

- einen Zonenplan,
- einen Zonenbericht,
- eine Liste der Fluchtwege und schwer zu evakuierenden Orte,
- einen Plan der Sicherheitsanlagen und/oder kritischen Anlagen,
- eine Liste der Sicherheitsanlagen und/oder kritischen Anlagen.
 - Eigentümer von unterirdischen elektrischen Leitungen sind jederzeit in der Lage, die Pläne der unterirdischen Leitungen zur Verfügung zu stellen oder, in deren Ermangelung, die für ihre Lokalisierung notwendigen Angaben zu machen.

Wenn es für das Verständnis, die ordnungsgemäße Installation und den sicheren Betrieb erforderlich ist, werden diese Pläne und Unterlagen ergänzt durch:

- Wirkungsschemata,
- Ausführungsschemata,
- Gesamtpläne der Ausrüstungen.

b. Anlagen zu Schemata, Plänen und Unterlagen

Schemata, Pläne und Unterlagen können durch Unterlagen ergänzt werden, in denen die verschiedenen Eigenschaften der elektrischen Betriebsmittel und/oder Produkte näher beschrieben werden.

c. Verfügbarkeit von Schemata, Plänen, Unterlagen und ihren Anlagen

Schemata, Pläne, Unterlagen und ihre Anlagen, die weiter oben unter den *Buchstaben a und b* erwähnt sind, werden aktualisiert und allen Personen, die zur Überwachung, Prüfung, Instandhaltung, Reparatur oder Umgestaltung der Anlage ermächtigt sind, vor Ort zur Verfügung gestellt.

Unterabschnitt 3.1.2.2 - Besondere Vorschriften in Bezug auf den Inhalt von Schaltplänen

Schaltpläne und/oder ihre Anlagen geben mindestens Folgendes an:

- Nennspannungen und Stromarten,
- Erdungssysteme,
- höchste unbeeinflusste Kurzschlussströme,

- Art, Beschaffenheit und Eigenschaften der Stromkreise,
- Stromkreise,
- Eigenschaften der Quellen (Generatoren, Transformatoren, Umformer, ...), vor allem:
 - *Scheinleistung*,
 - *Nennspannungen*,
 - *Nennströme*,
 - *Impedanzen (falls vorhanden)*,
- Eigenschaften der elektrischen Leitungen einschließlich Schutzleiter, vor allem:
 - *Verlegeart*,
 - *Art, Anzahl und Querschnitt der Leiter*,
 - *Länge der elektrischen Leitungen*,
- Eigenschaften der Schutzeinrichtungen, vor allem:
 - *Bemessungsstrom*,
 - *Ausschaltvermögen*,
 - *Art und Eigenschaften der Abschaltung einschließlich Einstellungen*,
- Eigenschaften der Schalter, Lasttrennschalter und Schütze, vor allem:
 - *Bemessungsstrom*,
 - *gegebenenfalls Gebrauchskategorie*.

Sicherheitsanlagen und kritische Anlagen (Quellen, Stromkreise und Verbraucher) sind auf Schaltplänen eindeutig identifiziert.

Unterabschnitt 3.1.2.3 - Besondere Vorschriften in Bezug auf den Inhalt von Lageplänen

Auf Lageplänen wird die Lage angegeben von:

- Verteiler- und Schaltgerätekombinationen,
- elektrischen Maschinen und Geräten.

Elektrische Maschinen und Geräte müssen nicht auf dem Plan dargestellt werden, wenn der Verlauf ihrer elektrischen Leitungen und deren Enden deutlich identifiziert oder leicht identifizierbar sind.

Unterabschnitt 3.1.2.4 - Besondere Vorschriften in Bezug auf den Inhalt von Zonenplänen und -berichten

Zonenpläne und -berichte enthalten insbesondere:

- physikalisch-chemische Eigenschaften der Produkte, die für die Einstufung in Zonen und die Wahl der Betriebsmittel wie in *Kapitel 7.1* bestimmt erforderlich sind,
- Freisetzungsquellen,
- Belüftungsart,
- Angabe und Abgrenzung der Zonen,
- Gasgruppe der zugelassenen Betriebsmittel (nur wenn anwendbar),
- Kategorie der zugelassenen Betriebsmittel,
- Temperaturklasse oder zulässige Oberflächentemperatur der zugelassenen Betriebsmittel.

Abschnitt 3.1.3 - Kennzeichnung und Angaben

Unterabschnitt 3.1.3.1 - Kennzeichnung von Stromkreisen

Steuerungs-, Schutz- und Trenneinrichtungen von Stromkreisen sind deutlich, auffällig und wischfest individuell gekennzeichnet, es sei denn, eine Verwechslung ist ausgeschlossen.

Stromkreise werden so erstellt, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt bei Überwachung, Prüfung, Instandhaltung, Reparatur, Änderung oder Erweiterung der Anlage identifiziert werden können.

Stromkreise, die vor dem Hauptschalter der Verteiler- und Schaltgerätekombination angeschlossen sind, müssen als solche gekennzeichnet sein.

Um die Identifizierung von elektrischen Leitungen zu ermöglichen, werden, falls erforderlich, Kennzeichnungen benutzt, die in regelmäßigen Abständen wiederholt werden.

Trägersysteme, die in Kombination mit elektrischen Leitungen die Eigenschaft FR2 oder eine FR2 gleichwertige Eigenschaft aufweisen, sind mit einer entsprechenden Kennzeichnung versehen, die darauf hinweist, dass nur elektrische Leitungen mit der Eigenschaft FR2 oder FR1 benutzt werden dürfen, und ihr zugelassenes Gewicht pro laufenden Meter angibt.

Unterabschnitt 3.1.3.2 - Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel

Verteiler- und Schaltgerätekombinationen und elektrische Maschinen und Geräte sind deutlich, auffällig und wischfest individuell gekennzeichnet, es sei denn, eine Verwechslung ist ausgeschlossen.

Unterabschnitt 3.1.3.3 - Spannungsangabe

In elektrischen Betriebsstätten sind Bemessungsspannungen von Verteiler- und Schaltgerätekombinationen und elektrischen Maschinen und Geräten an sorgfältig ausgewählten Stellen auffällig angegeben.

Die Versorgungsspannung ist an sorgfältig ausgewählten Stellen deutlich und auffällig angegeben.

KAPITEL 3.2 - Stromversorgung und Strukturen

Abschnitt 3.2.1 - Versorgungsleistung

Die Festlegung der Versorgungsleistung ist für das wirtschaftliche und sichere Konzipieren einer Anlage innerhalb der Temperatur- und Spannungsänderungsgrenzen wesentlich.

Bei der Bestimmung der Versorgungsleistung einer Anlage oder eines Teils einer Anlage dürfen Gleichzeitigkeits- und Verwendungsfaktoren der Belastungen berücksichtigt werden.

Abschnitt 3.2.2 - Arten von Erdungssystemen

Erdungssysteme für Hochspannungsanlagen werden gemäß den Regeln des Fachs bestimmt.

Abschnitt 3.2.3 - Stromversorgung

Mindestens folgende Eigenschaften in Bezug auf die Stromversorgung müssen festgelegt werden:

- Stromart und Frequenz,
- Nennspannungswert,
- Wert des unbeeinflussten Kurzschlussstroms am Speisepunkt der Anlage,
- Möglichkeit, den Anforderungen der Anlage zu entsprechen (zum Beispiel: erforderliche Leistung, Notwendigkeit einer Notstromversorgung, ...).

Abschnitt 3.2.4 - Unterteilung von Anlagen

Unterabschnitt 3.2.4.1 - Ziel

Falls erforderlich, werden elektrische Anlagen in mehrere Stromkreise unterteilt, um die Folgen eines Fehlers zu begrenzen und Fehlersuche, Überprüfung und Instandhaltung zu erleichtern.

Diese Stromkreise werden so entworfen und ausgeführt, dass sie nicht versehentlich durch einen anderen Stromkreis versorgt werden können.

Unterabschnitt 3.2.4.2 - Fehlende galvanische Trennung

Wenn der Stromkreis über ein Netz mit höherer Spannung durch Geräte ohne galvanische Trennung versorgt wird, wird der so versorgte Stromkreis als Teil des Versorgungsnetzes betrachtet.

KAPITEL 3.3 - Kompatibilität

Abschnitt 3.3.1 - Unabhängigkeit elektrischer Anlagen gegenüber anderen Anlagen

Elektrische und nicht elektrische Anlagen sind so angeordnet, dass gefährliche gegenseitige Beeinflussungen vermieden werden.

Abschnitt 3.3.2 - Unabhängigkeit von Teilen elektrischer Anlagen

Wenn sich elektrische Maschinen, Geräte und Leitungen, die von Strömen unterschiedlicher Art oder Spannung durchflossen werden, am selben Ort oder in derselben Schaltgerätekombination befinden, sind elektrische Geräte, Maschinen, Leitungen und Steuerungseinrichtungen mit gleicher Strom- oder Spannungsart so weit wie möglich von den anderen getrennt. Außerdem werden sie gemäß den *Abschnitten 3.1.3* und *5.1.6* gekennzeichnet.

Geeignete Maßnahmen nach den Regeln des Fachs werden ergriffen, damit der Betrieb und die Bedienung elektrischer Betriebsmittel keine schädlichen Auswirkungen auf andere elektrische Maschinen, Geräte oder Leitungen oder auf die Energieversorgungsquelle haben können.

Diese Auswirkungen betreffen insbesondere:

- transiente Überspannungen,
- Anzugströme,
- Oberschwingungsströme,
- Gleichstromanteile,
- Hochfrequenzschwingungen,
- Ableitströme,
- Stromlieferung an das Versorgungsnetz durch bestimmte Maschinen oder Geräte der Anlage.

Abschnitt 3.3.3 - Telekommunikations-, Steuerungs-, Signalanlagen und ähnliche Anlagen

Telekommunikations-, Steuerungs-, Signalanlagen und ähnliche Anlagen sind mit den erforderlichen Einrichtungen versehen, um in Bezug auf Schutz gegen elektrischen Schlag, Feuer und thermische Auswirkungen und zufriedenstellenden Betrieb (Kompatibilität) sicherzustellen, dass Risiken durch gegenseitige Beeinflussung zwischen diesen Anlagen und anderen elektrischen Anlagen vermieden werden, zum Beispiel:

- ausreichender Abstand zwischen Telekommunikationskabeln und anderen Leitungen,
- gemeinsame oder getrennte Erdungssysteme je nach Betriebsanforderungen,
- Wahl und Ausführung der Verkabelung und der ortsfesten Telekommunikationsbetriebsmittel.
 - Der Hinweis auf zufriedenstellenden Betrieb (Kompatibilität) bezieht sich auf Vorkehrungen, die gegen gegenseitige Störeinträge, die keine Funkstörungen sind, zwischen Telekommunikationsanlagen und anderen Anlagen zu treffen sind.

Die Wahl und Ausführung von Telekommunikationsbetriebsmitteln werden ausschließlich hinsichtlich ihrer Sicherheit und Kompatibilität mit anderen elektrischen Anlagen betrachtet.

Die Maßnahmen in Bezug auf elektrische Sicherheit und auf Betriebsgarantien, wie sie entweder in diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder in Bestimmungen bestimmt sind, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist, sind anwendbar.

KAPITEL 3.4 - Sicherheitsanlagen

Sicherheitsanlagen und die Dauer der Aufrechterhaltung ihrer Funktion werden auf der Grundlage einer Risikoanalyse durch Betreiber oder ihre Beauftragten bestimmt und sind auf einem oder mehreren Plänen der Sicherheitsanlagen dargestellt. Diese Pläne müssen von den Betreibern oder ihren Beauftragten paraphiert werden, bevor eine Anlage konzipiert und errichtet wird. Der Vertreter der in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stelle paraphiert die Pläne bei der Prüfung, um den Empfang zu bestätigen. Der Vertreter der zugelassenen Stelle muss die Übereinstimmung zwischen den Plänen und der Anlage überprüfen.

KAPITEL 3.5 - Kritische Anlagen

Kritische Anlagen und die Dauer der Aufrechterhaltung ihrer Funktion (bei Benutzung einer eventuell vorhandenen Ersatzstromquelle bei Ausfall der normalen Quelle) werden auf der Grundlage einer Risikoanalyse durch Betreiber oder ihre Beauftragten bestimmt und sind auf einem oder mehreren Plänen der kritischen Anlagen dargestellt. Diese Pläne müssen von den Betreibern oder ihren Beauftragten paraphiert werden, bevor eine Anlage konzipiert und errichtet wird. Der Vertreter der in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stelle paraphiert die Pläne bei der Prüfung, um den Empfang zu bestätigen. Der Vertreter der zugelassenen Stelle muss die Übereinstimmung zwischen den Plänen und der Anlage überprüfen.

Teil 4 - Schutzmaßnahmen

KAPITEL 4.1 - EINLEITUNG	41
KAPITEL 4.2 - SCHUTZ GEGEN ELEKTRISCHEN SCHLAG	41
Abschnitt 4.2.1 - Allgemeines	41
Unterabschnitt 4.2.1.1 - Berührungsstrom.....	41
Unterabschnitt 4.2.1.2 - Zulässige Spannungsbereiche	41
Abschnitt 4.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren	41
Unterabschnitt 4.2.2.1 - Schutzmittel.....	41
Unterabschnitt 4.2.2.2 - An gewöhnlichen Orten	45
Unterabschnitt 4.2.2.3 - In elektrischen Betriebsstätten.....	45
Unterabschnitt 4.2.2.4 - Besondere Vorschriften in Sonderfällen	47
Abschnitt 4.2.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren	48
Unterabschnitt 4.2.3.1 - Grundsätze der Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren.....	48
Unterabschnitt 4.2.3.2 - Erdungsanlagen	49
Unterabschnitt 4.2.3.3 - Passiver Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren	49
Unterabschnitt 4.2.3.4 - Aktiver Schutz mit automatischer Abschaltung der Stromversorgung	51
Unterabschnitt 4.2.3.5 - Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren	52
Abschnitt 4.2.4 - Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren infolge von Potentialverschleppung	52
Unterabschnitt 4.2.4.1 - Allgemeines	52
Unterabschnitt 4.2.4.2 - Zu treffende Maßnahmen.....	52
KAPITEL 4.3 - SCHUTZ GEGEN THERMISCHE AUSWIRKUNGEN	53
Abschnitt 4.3.1 - Allgemeines	53
Unterabschnitt 4.3.1.1 - Grundsätze	53
Unterabschnitt 4.3.1.2 - Spezifische Begriffsbestimmungen	53
Unterabschnitt 4.3.1.3 - Äußere Einflüsse	54
Abschnitt 4.3.2 - Schutz gegen Verbrennungen	54
Unterabschnitt 4.3.2.1 - Temperaturbegrenzungen für berührbare elektrische Betriebsmittel	54
Unterabschnitt 4.3.2.2 - Installation elektrischer Betriebsmittel	54
Abschnitt 4.3.3 - Brandschutz	55
Unterabschnitt 4.3.3.1 - Allgemeines	55
Unterabschnitt 4.3.3.2 - Spezifische Begriffsbestimmungen	55
Unterabschnitt 4.3.3.3 - Klassifizierung in Bezug auf Feuergefahr an einem Ort	55
Unterabschnitt 4.3.3.4 - Klassifizierung der isolierten Leiter und Kabel	56
Unterabschnitt 4.3.3.5 - Allgemeine Brandschutzmaßnahmen	58
Unterabschnitt 4.3.3.6 - Zusätzliche Brandschutzmaßnahmen an Orten mit erhöhter Feuergefahr.....	58
Unterabschnitt 4.3.3.7 - Besondere Brandschutzmaßnahmen	59
Abschnitt 4.3.4 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre	61
KAPITEL 4.4 - ELEKTRISCHER ÜBERSTROMSCHUTZ	61
Abschnitt 4.4.1 - Allgemeines	61
Unterabschnitt 4.4.1.1 - Grundsatz.....	61
Unterabschnitt 4.4.1.2 - Überströme	61
Unterabschnitt 4.4.1.3 - Strombelastbarkeit in elektrischen Leitungen.....	61
Unterabschnitt 4.4.1.4 - Anschluss von Abnehmern an das Netz	62
Abschnitt 4.4.2 - Schutz gegen Kurzschlüsse	62

Unterabschnitt 4.4.2.1 - Grundsatz.....	62
Unterabschnitt 4.4.2.2 - Ausschaltvermögen.....	62
Unterabschnitt 4.4.2.3 - Kurzschlussleistung.....	62
Unterabschnitt 4.4.2.4 - Kurzschlussstrom	62
Abschnitt 4.4.3 - Überlastschutz	62
Unterabschnitt 4.4.3.1 - Grundsatz.....	62
Unterabschnitt 4.4.3.2 - Ausnahmen	62
KAPITEL 4.5 - ÜBERSpannungSSchutz.....	62
KAPITEL 4.6 - Schutz gegen bestimmte andere Auswirkungen.....	62
Abschnitt 4.6.1 - Schutz gegen die Auswirkungen von Spannungsänderungen	62
Abschnitt 4.6.2 - Schutz gegen biologische Auswirkungen elektrischer und magnetischer Felder	63
Abschnitt 4.6.3 - Schutz gegen Verunreinigungsgefahren.....	63
Abschnitt 4.6.4 - Schutz gegen Gefahren durch Bewegungen	63

KAPITEL 4.1 - Einleitung

Maßnahmen werden getroffen, um den Schutz von Personen und Gütern in folgenden Bereichen zu gewährleisten:

- Schutz gegen elektrischen Schlag (*Kapitel 4.2*),
- Schutz gegen thermische Auswirkungen (*Kapitel 4.3*),
- Überstromschutz (*Kapitel 4.4*),
- Überspannungsschutz (*Kapitel 4.5*),
- Schutz gegen Spannungsänderungen (*Abschnitt 4.6.1*),
- Schutz gegen biologische Auswirkungen elektrischer und magnetischer Felder (*Abschnitt 4.6.2*),
- Schutz gegen Verunreinigungsgefahren (*Abschnitt 4.6.3*),
- Schutz gegen Gefahren durch unbeabsichtigte Bewegungen oder unerwarteten Anlauf (*Abschnitt 4.6.4*).

KAPITEL 4.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag

Abschnitt 4.2.1 - Allgemeines

Unterabschnitt 4.2.1.1 - Berührungsstrom

Ein gefährlicher Berührungsstrom kann durch den menschlichen Körper fließen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Der menschliche Körper dient als leitfähiges Teil in einem geschlossenen Stromkreis.
2. Aktive Teile elektrischer Betriebsmittel, Körper oder fremde leitfähige Teile haben unterschiedliche Potentiale.
3. Die Stromstärke ist ausreichend hoch bzw. die Dauer des Durchflusses elektrischen Stroms durch den menschlichen Körper ist unter Berücksichtigung der Stromstärke ausreichend lang, um gefährliche physiopathologische Effekte zu verursachen.

Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag dienen dazu, die Erfüllung von mindestens einer dieser drei Bedingungen zu verhindern. Es wird zwischen aktiven und passiven Maßnahmen unterschieden, je nachdem, ob diese Maßnahmen zu einer Stromabschaltung führen oder nicht.

Unterabschnitt 4.2.1.2 - Zulässige Spannungsbereiche

Alle Spannungsbereiche sind für die Stromversorgung elektrischer Betriebsmittel an gewöhnlichen Orten und in elektrischen Betriebsstätten zugelassen.

Jedoch ist in Wohneinheiten die Stromversorgung mit Hochspannung verboten.

Abschnitt 4.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren

Unterabschnitt 4.2.2.1 - Schutzmittel

a. Allgemeines

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren bei Hochspannung erfolgt entweder bei dem Bau elektrischer Betriebsmittel selbst oder bei deren Installation.

Das Berühren ungeschützter aktiver Teile elektrischer Betriebsmittel wird unmöglich gemacht oder erschwert:

- entweder durch Umhüllungen
- oder durch Isolierung
- oder durch Entfernung
- oder anhand von Hindernissen.

b. Schutz durch Umhüllungen

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren, der durch Umhüllungen erfolgt, ist erreicht, wenn ungeschützte aktive Teile so umgeben sind, dass jegliches Berühren dieser Teile unmöglich ist.

Diese Umhüllungen erfüllen folgende Bedingungen:

1. Die Wirksamkeit des Schutzes wird durch Art, Ausdehnung, Anordnung, Stabilität, Festigkeit und gegebenenfalls Isoliereigenschaften der Umhüllungen gewährleistet, unter Berücksichtigung der Beanspruchungen, denen sie normalerweise ausgesetzt sind.
2. Umhüllungen bestehen aus Metall oder Isolierstoff. In letzterem Fall werden gegebenenfalls Maßnahmen getroffen, um schädliche Auswirkungen von Ableitströmen und elektrostatischen Aufladungen zu verhindern.
3. Das Öffnen oder Entfernen von Umhüllungen oder ihren Bestandteilen ist nur möglich, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:
 - Umhüllungen dürfen nicht ohne Werkzeug oder Schlüssel geöffnet oder entfernt werden können.
 - Eine Verriegelungseinrichtung verhindert das Öffnen oder Entfernen der Umhüllungen, solange die ungeschützten aktiven Teile, die sich darin befinden und in Ermangelung dieses Schutzes versehentlich berührt werden können, nicht spannungsfrei geschaltet worden sind.
 - Alle ungeschützten aktiven Teile, die bei Öffnen oder Entfernen der Umhüllungen versehentlich berührt werden können, werden automatisch spannungsfrei geschaltet.
 - Es gibt einen oder mehrere innere Schirme, die die weiter oben unter Nr. 1 erwähnten Bedingungen erfüllen und so angeordnet sind, dass ungeschützte aktive Teile nicht versehentlich berührt werden können, solange die Umhüllungen geöffnet oder entfernt sind. Schirme sind nicht abnehmbar oder springen automatisch ein; sie können nicht ohne Werkzeug oder Schlüssel abmontiert werden.

c. Schutz durch Isolierung

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren, der durch Isolierung erfolgt, ist erreicht, wenn aktive Teile mit einem Isolierstoff abgedeckt sind, der dauerhaft befestigt oder gesichert ist und jegliche Berührung mit diesen aktiven Teilen verhindert. Diese Isolierung darf nur durch Vernichtung entfernt werden.

d. Schutz durch Entfernung

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren, der durch Entfernung erfolgt, ist erreicht:

- entweder wenn ungeschützte aktive Teile außerhalb des Handbereichs installiert oder angeordnet sind
- oder wenn sich innerhalb des Handbereichs keine gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teile mit Potentialen befinden, deren Differenz die vereinbarten absoluten Grenzwerte der Berührungsspannung überschreitet (siehe Begriffsbestimmung in *Abschnitt 2.4.1*).
- Der Abstand d_1 (siehe *Abschnitt 2.4.1*) des Handbereichs muss unter allen Umständen zwischen der Fläche, auf der Personen stehen, sich bewegen oder arbeiten, und aktiven Teilen einschließlich Isolatoren eingehalten werden. In spezifisch vorgesehenen elektrischen Betriebsstätten beträgt der Abstand zwischen dem isolierenden Teil des Isolators und der Standfläche mindestens 2,5 m.

Wenn die Stand- oder Arbeitsfläche nicht durch ihre eigene Gestaltung waagrecht abgegrenzt ist, wird sie mindestens durch ein starres Ausrüstungselement abgegrenzt, das den versehentlichen Durchgang einer Person verhindern kann und dessen oberer Teil sich in einer Höhe von 1 bis 1,2 m über dem Boden befindet.

e. Schutz anhand von Hindernissen

e.1 - Allgemeines

Diese Schutzmethode ist auf Hochspannungsschaltgeräte anwendbar, die nicht in vorgefertigten Schaltgerätekombinationen enthalten sind.

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren, der anhand von Hindernissen erfolgt, ist erreicht, wenn ungeschützte aktive Teile so umgeben sind, dass jegliches Berühren dieser Teile unmöglich ist.

Diese Hindernisse bestehen aus Metall und/oder Isolierstoff. Sie erfüllen dieselben Bedingungen, die unter *Buchstabe b*) für Umhüllungen vorgesehen sind.

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass die Mindestabmessungen von Hindernissen festlegen.

Außerdem ist der Abstand zwischen Hindernissen und ungeschützten aktiven Teilen in *Unterabschnitt 5.1.3.2* festgelegt.

Dieser Abstand darf jedoch um 20 Prozent verringert werden, wenn:

- die Anlage an ein Hochspannungsnetz mit einer Nennspannung zwischen Außenleitern von mehr als 50 kV angeschlossen ist, dessen Neutralpunkt direkt und dauerhaft geerdet ist,

- die Anlage an ein unterirdisches Kabelnetz mit einer Nennspannung zwischen Außenleitern von mehr als 50 kV angeschlossen ist.
 - *e.2 - In spezifisch vorgesehenen elektrischen Betriebsstätten*

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren, der anhand von Hindernissen erfolgt, wird in spezifisch vorgesehenen elektrischen Betriebsstätten wie in Unterabschnitt 4.2.2.3 *Punkt c.1* erwähnt erreicht, wenn Hindernisse die versehentliche Annäherung an ungeschützte aktive Teile verhindern.

Hindernisse sind so vorgesehen, dass ihre Wirksamkeit durch ihre Art, Ausdehnung, Anordnung, Stabilität, Festigkeit und gegebenenfalls ihre Isoliereigenschaften gewährleistet wird, unter Berücksichtigung der Beanspruchungen, denen sie normalerweise ausgesetzt sind.

Hindernisse werden durch die Höhe bestimmt, in der sich ihre oberen und unteren Ränder befinden; diese Höhen werden vom Boden aus gemessen und wie auf *Abbildung 4.1* dargestellt als y bzw. z bezeichnet.

- a) Abstand x im Verhältnis zur Oberkante des Hindernisses, der angegeben wird durch die Formel
$$x = 2 + 0,01 (U_N - 20) - y$$

In dieser Formel werden x und y in Meter angegeben und entsprechen U_N der Nennspannung zwischen Außenleitern des Netzes oder der Anlage wie vom Verteiler festgelegt, ausgedrückt in kV und auf die nächsthöhere Einheit aufgerundet, und y der Höhe der Oberkante des Hindernisses im Verhältnis zum Boden,
2. in dem Raum, der sich in der Nähe und unterhalb der Unterkante des Hindernisses befindet, ungeschützte aktive Teile mindestens um den Abstand l , ausgedrückt in Meter, von der Schnittlinie zwischen Hindernisebene und Bodenebene entfernt sind, der angegeben wird durch die Formel
$$l = z + d_0$$

wobei die Größen z und d_0 weiter oben bestimmt werden,
3. in dem Raum, der sich hinter dem Hindernis befindet, ungeschützte aktive Teile um den Abstand d_0 von diesem Hindernis entfernt sind.

Unterabschnitt 4.2.2.2 - An gewöhnlichen Orten

a. Wahl der Schutzarten

Bei Hochspannung wird Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren gewährleistet:

- entweder durch Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe b*)
- oder durch Isolierung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe c*)
- oder anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.1*).
- Die Schutzart von Umhüllungen und Hindernissen entspricht mindestens IPXX-D.

Für funktionale Öffnungen (zum Beispiel Lüftungsöffnungen oder Öffnungen, die für die Funktionstüchtigkeit von Betriebsmitteln notwendig sind) sind weiter oben erwähnte Schutzarten nicht erforderlich, wenn bauliche Maßnahmen getroffen werden, damit kein langer Gegenstand mit ungeschützten aktiven Teilen in Berührung kommen kann.

b. Einrichtungen, in denen in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnte Arbeitnehmer beschäftigt sind

Für die Stromversorgung von elektrischen Hochspannungsmaschinen und -geräten dürfen flexible Kabel mit Schutz durch Isolierung benutzt werden, sofern wenn nötig Maßnahmen getroffen werden, um die Gefahr elektrostatischer Aufladungen zu vermeiden.

c. Gewöhnliche, der Öffentlichkeit zugängliche Orte

An gewöhnlichen, der Öffentlichkeit zugänglichen Orten sind Bestandteile von Umhüllungen und Hindernissen so konzipiert, dass sie nicht von außen abmontiert werden können. Vorhandene Türen werden mit einem Sicherheitsschloss oder einem anderen Verschlusssystem verschlossen, das mindestens dieselben Garantien bietet.

Unterabschnitt 4.2.2.3 - In elektrischen Betriebsstätten

a. Vorschriften in Bezug auf elektrische Betriebsstätten

a.1 - Trennwände und Einfriedungen

Hindernisse, nachstehend Einfriedung/50 mm bzw. Einfriedung/120 mm genannt, ermöglichen nicht den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 50 mm bzw. 120 mm Durchmesser.

Elektrische Betriebsstätten sind durch Trennwände oder Einfriedungen/50 mm abgegrenzt. Einfriedungen/120 mm sind nur erlaubt, wenn die elektrische Betriebsstätte sich im Freien befindet.

Trennwände oder Einfriedungen eingefriedeter Bereiche dürfen keine Möglichkeit zum Klettern bieten und sind mindestens 2 m hoch.

a.2 - Funktionale Öffnungen

Vorerwähnte Trennwände oder Einfriedungen dürfen funktionale Öffnungen enthalten.

Was funktionale Öffnungen betrifft, werden geeignete Maßnahmen getroffen, damit Trennwände oder Einfriedungen die Schutzart aufrechterhalten, die sie gegen das Eindringen von Fremdkörpern aufweisen.

Bei Schlitzfenstern, die durch diese Öffnungen entstehen, werden Maßnahmen getroffen, um zu vermeiden, dass lange Gegenstände mit ungeschützten aktiven Teilen in Berührung kommen können.

Fenster sind verboten, es sei denn, es werden Vorkehrungen getroffen, um Glasbruch zu verhindern oder die Gefahr zu beseitigen, die von Glasbruch ausgehen kann. Sie sind fest oder so konzipiert, dass beim Öffnen keine Gefahr besteht, mit ungeschützten aktiven Teilen in Berührung zu kommen.

In Trennwänden eingebaute Zugangstüren öffnen nach außen. Sie müssen jederzeit von innen ohne Schlüssel geöffnet werden können.

a.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren durch Personen, die sich außerhalb der elektrischen Betriebsstätte befinden

a.3.1 - Maßnahme in Bezug auf das Übersteigen von Trennwänden oder Einfriedungen

Kein ungeschütztes aktives Teil darf sich in einer nicht überdachten elektrischen Betriebsstätte in einem Abstand von der Oberkante der Trennwände oder Einfriedungen befinden, der kleiner ist als

$$2,5 \text{ m} + 0,01 (U_N - 20) - h$$

mit einem Minimum von $2,5 - h$, wobei h der Höhe dieser Trennwände oder Einfriedungen in Meter entspricht.

U_N entspricht der Nennspannung zwischen Außenleitern des Netzes oder der Anlage, ausgedrückt in kV und auf die nächsthöhere Einheit aufgerundet.

a.3.2 - Maßnahme in Bezug auf das Einführen langer Gegenstände in Zwischenräume von Einfriedungen

Kein ungeschütztes aktives Teil darf sich in einem waagerechten Abstand d_h von der Ebene der Einfriedungen befinden; d_h entspricht dabei:

- $2,5 \text{ m} + 0,01 (U_N - 20)$ mit einem Minimum von $2,5 \text{ m}$ bei Einfriedungen/50 mm,
- $5 \text{ m} + 0,01 (U_N - 20)$ mit einem Minimum von 5 m bei Einfriedungen/120 mm.

a.3.3 - Maßnahme in Bezug auf der Öffentlichkeit zugängliche Türen oder Barrieren

Wenn sich eine elektrische Betriebsstätte in unmittelbarer Nähe eines gewöhnlichen, der Öffentlichkeit zugänglichen Ortes befindet, werden Türen oder Barrieren, die beide Orte trennen, entweder bewacht oder mit einem Sicherheitsschloss oder einem anderen Verschlusssystem verschlossen, das mindestens dieselben Garantien bietet.

a.4 - Kennzeichnung

Elektrische Betriebsstätten sind deutlich und sichtbar mit Schildern wie in *Teil 9* vorgesehen gekennzeichnet.

a.5 - Befugte Personen

Nur elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) dürfen elektrische Betriebsstätten betreten.

a.6 - Gänge

Durchgänge sind verboten.

Instandhaltungs- oder Bedienungsgänge, die über 20 m lang sind, sind an beiden Enden zugänglich.

a.7 - Beleuchtung

Elektrische Betriebsstätten, die sich in Räumlichkeiten befinden, verfügen über eine ortsfeste künstliche Beleuchtung.

In Räumlichkeiten, in denen durch Entfernung Schutz geboten wird, werden erforderliche Maßnahmen getroffen, damit Personen bei Ausfall der Beleuchtung sicher evakuiert werden können.

b. Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren in elektrischen Betriebsstätten

b.1 - Allgemeines

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren in elektrischen Betriebsstätten wird durch die Einhaltung der Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.2.2* in Bezug auf gewöhnliche Orte gewährleistet.

Von diesen Vorschriften darf jedoch innerhalb der weiter unten unter *Punkt b.2* erwähnten Grenzen abgewichen werden.

b.2 - Abweichungsvorschriften

Wenn durch Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe b*) oder anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe e*) Schutz geboten wird, entspricht ihre Schutzart mindestens IPXX-B.

c. Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren in spezifisch vorgesehenen elektrischen Betriebsstätten

c.1 - Allgemeines

In elektrischen Betriebsstätten, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dienen und mit einem Schlüssel oder einer anderen Einrichtung verschlossen sind, die den Zugang Unbefugter verhindert, darf auf die unter *Punkt c.2* erwähnte Weise von den Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.2.3 Buchstabe b* abgewichen werden.

Elektrische Betriebsstätten, in denen diese Abweichung in Anspruch genommen wird, werden als spezifisch vorgesehene elektrische Betriebsstätten bezeichnet.

Begehbbare Schränke, Tafeln und Schaltgerätekombinationen, das heißt Umhüllungen, in denen elektrische Betriebsmittel so enthalten sind, dass der Freiraum innerhalb dieser Umhüllungen ausreichend groß ist, damit Personen sie normal betreten und zu Instandhaltungszwecken darin arbeiten können, werden unabhängig von ihrer Lage spezifisch vorgesehenen elektrischen Betriebsstätten gleichgestellt.

c.2 - Abweichungsvorschriften

Bei Hochspannung ist auch Schutz durch Entfernung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe d*) zugelassen. Schutz anhand von Hindernissen ist unter den in *Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.2* vorgeschriebenen Bedingungen ebenfalls zugelassen.

Außerdem entspricht die Schutzart von Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe b*) und Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe e*) mindestens IPXX-A.

Unterabschnitt 4.2.2.4 - Besondere Vorschriften in Sonderfällen

a. Allgemeines

In bestimmten Fällen, die in vorliegendem Buch weiter unten ausdrücklich erwähnt sind, und insbesondere in folgenden Fällen:

- Anlagen mit geringer Leistung (*b.*),
- Elektrolabore und Prüfplattformen (*c.*),
- Elektrofilteranlagen (*d.*),
- industrielle Elektroöfen (*e.*),
- nicht betretbare Schaltgerätekombinationen (*f.*)
- ist in Bezug auf die Vorschriften für Hochspannung erlaubt, auf Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren ganz oder teilweise zu verzichten, sofern bestimmte Bedingungen erfüllt sind.

b. Anlagen mit geringer Leistung

Aktive Teile elektrischer Betriebsmittel mit geringer Leistung dürfen unter Bedingungen blank bleiben, die entweder in den vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen oder in Bestimmungen in Bezug auf diese Betriebsmittel vorgesehen sind, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist. Für besondere Anwendungen dürfen andere Bedingungen von dem für Energie zuständigen Minister festgelegt werden.

c. Elektrolabore und Prüfplattformen

Elektrolabore und Prüfplattformen sind geschlossene Bereiche von elektrischen Betriebsstätten.

Jedoch dürfen Prüfplattformen an gewöhnlichen, der Öffentlichkeit nicht zugänglichen Orten errichtet werden, sofern folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Eine Abgrenzung wird in einer Höhe von 1 m angebracht.
- Zugang wird nur Personen gewährt, deren Aufgaben dies erfordert.
- Entsprechende Anleitungen werden erteilt und deutlich sichtbare Hinweise angebracht, die Personen auf die Gefahr aufmerksam machen.
- Für Prüfungen benutzte Teile des Ortes werden während Prüfungen besonders überwacht, damit sich niemand versehentlich Anlagen oder Bauteilen nähern kann, die auf eine Spannung gebracht werden könnten, die über 500 V Wechselstrom oder 750 V Gleichstrom liegt.

- Wenn die Vorschriften in Bezug auf Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren aufgrund der Art der Arbeiten selbst nicht eingehalten werden können, werden Schutzmittel eingesetzt, die die Sicherheit von Personen und Gütern gewährleisten.

d. Elektrofilteranlagen

Mobile Elektrofilteranlagen sind Geräte mit Umhüllung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe b*). Diese Geräte sind mit Kennzeichnungen versehen, die auf die Gefahr hinweisen, die bei Öffnen der Umhüllung besteht. Umhüllungen dürfen nur mit einem Werkzeug geöffnet werden und die Spannung wird automatisch abgeschaltet, sobald die Umhüllung geöffnet wird.

Bei ortsfesten Elektrofilteranlagen dürfen alle unter Spannung stehenden Teile blank bleiben.

Diese Anlagen befinden sich in geschlossenen Bereichen von elektrischen Betriebsstätten; ist dies nicht der Fall, werden Geräte benutzt, bei denen Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren durch Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe b*) oder durch Aufstellung außer Reichweite anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe e*) erfolgt. Hochspannungsanlagen werden automatisch spannungsfrei geschaltet, sobald Zugangstüren zu elektrischen Abteilen geöffnet werden.

e. Industrielle Elektroöfen

Elektroöfen dürfen an gewöhnlichen, der Öffentlichkeit nicht zugänglichen Orten installiert werden, sofern zumindest Teilschutz gegen direktes Berühren vorgesehen ist:

- entweder durch Aufstellung außer Reichweite durch Entfernung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe d*)
- oder anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe e*).

f. Nicht betretbare Schaltgerätekombinationen

f.1 - Schutzmaßnahmen

Nicht betretbare Schaltgerätekombinationen dürfen an gewöhnlichen, der Öffentlichkeit zugänglichen Orten installiert werden. Die Bestandteile ihrer Umhüllung dürfen nicht von außen abmontiert werden. Vorhandene Türen werden mit einem Sicherheitsschloss oder einem anderen Verschlusssystem verschlossen, das mindestens dieselben Garantien bietet.

Außerdem sind die bei Öffnen der Tür(en) zu treffenden Vorkehrungen zum Schutz von Personen, die Schaltgeräte bedienen oder steuern, gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren die Vorkehrungen, die in *Unterabschnitt 4.2.2.3 Buchstabe c* für spezifisch vorgesehene elektrische Betriebsstätten vorgesehen sind.

f.2 - Bedienung oder Steuerung

Wenn elektrische Schaltgeräte von außen gesteuert oder bedient werden können, darf dies nur mit einem abnehmbaren Spezialschlüssel oder einer anderen abnehmbaren Spezialvorrichtung erfolgen.

Wenn Schaltgeräte nicht von außen gesteuert oder bedient werden können, darf die Bedienung oder Steuerung nur durch elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) erfolgen.

Abschnitt 4.2.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren

Unterabschnitt 4.2.3.1 - Grundsätze der Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren

In Hochspannungsanlagen muss Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren gewährleistet werden:

1. durch Begrenzung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Fehlers, der gefährliche Berührungsspannungen verursachen kann.
Zu diesem Zweck muss sichergestellt werden, dass:
 - elektrische Betriebsmittel so entworfen, gefertigt, gewählt und installiert worden sind, dass sie sicher benutzt werden können,
 - elektrische Betriebsmittel bestimmungsgemäß benutzt werden,
 - elektrische Betriebsmittel auf angemessene Weise instand gehalten werden,
 2. durch Verbindung aller Körper der elektrischen Hochspannungsanlage mit einem Erder,
 3. durch Ergreifen zusätzlicher Schutzmaßnahmen, je nach Fall:
 - durch Umsetzung passiver Schutzmaßnahmen und/oder
 - durch Umsetzung aktiver Schutzmaßnahmen.
- Wenn verschiedene Schutzmaßnahmen gleichzeitig angewendet werden, dürfen sie sich nicht

gegenseitig beeinflussen oder aufheben.

Unterabschnitt 4.2.3.2 - Erdungsanlagen

a. Allgemeines

Erdungsanlagen umfassen:

- Erder,
- Erdungsleiter,
- Schutzleiter,
- eventuelle Potentialausgleichsverbindungen.
- Die Errichtung der verschiedenen Teile einer Erdungsanlage ist in *Kapitel 5.4* beschrieben.

b. Wert des Erdungswiderstands

b.1 - Allgemeines

Der Erdungswiderstand des Schutzerders ist so gering wie möglich, unabhängig von den zusätzlichen Schutzmaßnahmen der elektrischen Anlagen.

b.2 - Höchstwert

Außer in den weiter unten erwähnten Fällen beträgt der Wert des Erdungswiderstands (R_E) des Erders höchstens 10Ω .

Wenn die Anlage an eine Gesamterdung angeschlossen ist, beträgt diese Grenze 15Ω .

Wenn die Resistivität des Bodens $150 \Omega\text{m}$ überschreitet, werden diese Grenzen durch folgende Formel bestimmt:

$$15 \frac{\rho_E (\Omega\text{m})}{150 (\Omega\text{m})} \Omega$$

wobei ρ_E der lokalen Resistivität des Bodens in einer Tiefe von 1 m entspricht. Diese Werte gelten nicht für den in *Unterabschnitt 5.4.2.2 Punkt b.6.1* bestimmten Sonderfall; jedoch muss die Erdungsimpedanz Z_E unter 1Ω liegen.

b.3 - Ursprünglicher Wert

Der Wert des Erdungswiderstands (R_E) wird vor Ingebrauchnahme gemessen. Sie wird "ursprünglicher Wert des Erdungswiderstands" genannt.

Unterabschnitt 4.2.3.3 - Passiver Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren

a. Allgemeines

Passive Schutzmaßnahmen sind Maßnahmen, die nicht auf der Abschaltung der Stromversorgung beruhen und sich auf alleinstehende elektrische Maschinen und Geräte oder lokale elektrische Ausrüstungen beschränken, damit der gleichzeitige Zugang zu Teilen, zwischen denen aufgrund eines Fehlers in der Hochspannungsanlage die Berührungsspannung einen gefährlichen Wert erreichen kann, unmöglich gemacht wird.

Dieser Schutz besteht darin, folgende Maßnahmen entweder einzeln oder in Kombination zu treffen:

1. Umhüllung von Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen,
2. Isolierung von Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen,
3. Abstand zu Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und zu fremden leitfähigen Teilen,
4. Abschirmung von Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen,
5. Herstellung einer geerdeten Potentialausgleichszone.

Ungeachtet der weiter oben erwähnten Schutzmaßnahmen müssen Körper von Hochspannungsbetriebsmitteln lokal geerdet sein.

b. Umhüllung von Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen gegenüber Hochspannungskörpern

Die Umhüllung von Körpern und fremden leitfähigen Teilen gilt als wirksam, wenn im Handbereich:

1. die Umhüllung von Körpern und fremden leitfähigen Teilen so ausgeführt wird, dass der Steifigkeitsgrad der unbeeinflussten Berührungsspannung entspricht, die höchstens $U_E/2$ beträgt,
2. die Umhüllung ordnungsgemäß befestigt ist und Kräften standhält, denen sie ausgesetzt werden kann.

c. Isolierung von Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen gegenüber Hochspannungskörpern oder umgekehrt

Die Isolierung von Körpern und fremden leitfähigen Teilen gilt als wirksam, wenn im Handbereich:

1. die Isolierung von Körpern und fremden leitfähigen Teilen bzw. die isolierte Anordnung fremder leitfähiger Teile so ausgeführt wird, dass der Isolationspegel der unbeeinflussten Berührungsspannung entspricht, die höchstens $U_E/2$ beträgt,
2. die verwendeten Isoliermittel ordnungsgemäß befestigt sind und Kräften standhalten, denen sie ausgesetzt werden können.

d. Abstand zwischen Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und fremden leitfähigen Teilen einerseits und Hochspannungskörpern andererseits

Der Abstand zwischen Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und fremden leitfähigen Teilen einerseits und Hochspannungskörpern andererseits gilt als wirksam, wenn es unmöglich ist, dass Personen unter normalen Betriebsbedingungen gleichzeitig mit einem Hochspannungskörper einerseits und einem Körper einer Anlage mit einer anderen Spannung und/oder einem fremden leitfähigen Teil andererseits in Berührung kommen können.

Dieser Abstand wird als ausreichend betrachtet, wenn der horizontale und der vertikale Abstand mindestens 2,5 m betragen.

In elektrischen Betriebsstätten darf der horizontale Abstand auf 1,25 m verringert werden.

e. Abschirmung von Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen gegenüber Hochspannungskörpern anhand von Hindernissen

Hindernisse, die als elektrische Schutzschirme von Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen gegenüber Hochspannungskörpern verwendet werden, gelten als wirksam, wenn im Handbereich:

1. der zu überbrückende Abstand zwischen Hochspannungskörpern einerseits und Körpern von Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen und von fremden leitfähigen Teilen andererseits mindestens 2,5 m beträgt und
2. die Höhe der Oberkante des Hindernisses mindestens 1,25 m beträgt.

In elektrischen Betriebsstätten darf der horizontale Abstand auf 1,25 m verringert werden.

Hindernisse müssen aus nicht leitfähigem Material bestehen, ordnungsgemäß befestigt sein und Kräften standhalten, denen sie ausgesetzt werden können.

f. Herstellung einer geerdeten Potentialausgleichszone

Alle gleichzeitig berührbaren Körper und fremden leitfähigen Teile müssen mit einer lokalen Erdungsanlage galvanisch verbunden sein, so dass bei Fehler in der Hochspannungsanlage das Auftreten von Potentialdifferenzen, die die Potentialdifferenzen überschreiten, die durch die Sicherheitskurve wie auf *Abbildung 2.1* dargestellt (siehe Abschnitt 2.4.1) bestimmt sind, ausgeschlossen ist. Leitfähige Teile, die keine gefährlichen Potentialdifferenzen verursachen können, müssen nicht geerdet sein (in Mauerwerk eingebaute Metalltüren oder metallische Lüftungsgitter, ...).

Zu diesem Zweck müssen folgende Maßnahmen getroffen werden:

1. Herstellung einer geerdeten Potentialausgleichszone durch ein vermaschtes Netz, das sich unter der Anlage befindet.
Dieses vermaschte Netz, dessen Abmessungen mindestens den Abmessungen der Anlage entsprechen, besteht:
 - entweder aus der Bewehrung der Fundamentplatte, sofern die Bewehrungsmatten an mindestens zwei Stellen mit den angrenzenden Matten verbunden sind und das Ganze über mindestens zwei eventuell trennbare Verbindungen mit der lokalen Erdungsanlage verbunden ist,
 - oder aus einem Metallgitter mit Maschen mit einer Seitenlänge von höchstens 10 m,
2. Kontrolle des Potentialgradienten am Rand der Zone. Dies kann insbesondere durch Verlegung eines oder mehrerer Ringerder um die Zone herum erfolgen. Diese Ringerder dürfen durch schräg im Boden eingetriebene Erdungsstifte ergänzt werden. Wenn die Kontrolle des Potentialgradienten nicht

gewährleistet werden kann, müssen zusätzliche passive Maßnahmen getroffen werden, wie zum Beispiel Abdeckung des Bodens mit nicht leitfähigem Material oder Anbringen isolierter Einfriedungen.

Unterabschnitt 4.2.3.4 - Aktiver Schutz mit automatischer Abschaltung der Stromversorgung

a. Allgemeines

Mit dieser Schutzmaßnahme wird darauf abgezielt, Berührungsspannungen, die bei Fehler in der Hochspannungsanlage gefährlich sein können, durch Abschaltung der Stromversorgung zeitlich zu begrenzen.

Die Anwendung dieser Maßnahme erfordert:

1. die lokale Erdung der Körper von Hochspannungsbetriebsmitteln,
2. den Einsatz von Stromabschaltvorrichtungen mit einem Betriebsmerkmal, das die Entstehung von gefährlichen Potentialdifferenzen verhindert, wobei der Wert der Fehlerschleifenimpedanz und die Netzmerkmale berücksichtigt werden.

Diese Schutzmaßnahme gilt als erfüllt, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

1. Bei Anlagen, die nur für BA4- oder BA5-Personen zugänglich sind, werden Hochspannungskörper an eine Gesamterdung angeschlossen und überschreitet die Fehlerdauer nicht 5 Sekunden.
2. Die (berechnete oder gemessene) Erdpotentialerhöhung U_E ist auf die zulässige Berührungsspannung U_{Tp} begrenzt:

$$U_E \leq U_{Tp}$$

Wenn sich Hochspannungskörper in unmittelbarer Nähe (horizontaler Abstand < 5 m) ihres Erders befinden, darf die Erdpotentialerhöhung höchstens zweimal die zulässige Berührungsspannung erreichen.

Für die Bestimmung der Erdpotentialerhöhung und der Berührungsspannung einer Anlage dürfen alle Erder, die Teil der Erdungsanlage sind, berücksichtigt werden.

Die Spannung U_E kann näher bestimmt werden durch die Formel

$$U_E < I_f \cdot Z_E$$

Dabei ist:

- I_f : unbeeinflusster Fehlerstrom Außenleiter-Erde (A) an der Stelle, an der sich die Anlage befindet,
- Z_E : Erdungsimpedanz (Ω).
- Für die Bestimmung der zulässigen Berührungsspannung dürfen zusätzliche Widerstände (Schuhe oder Bodenflächen mit hohem Widerstand gegen den Durchfluss elektrischen Stroms) berücksichtigt werden.

In diesem Fall wird der Wert der zulässigen Berührungsspannung durch folgende Formel bestimmt:

$$U_{STP} < U_{Tp} + (R_{a1} + R_{a2}) \cdot I_B$$

mit

$$I_B = U_{Tp} / Z_B$$

Dabei ist:

- U_{STP} : zulässige Berührungsspannung (V) zwischen Händen und Erde unter Berücksichtigung des Widerstands der Schuhe und des Bodenbelags,
- Z_B : Impedanz des menschlichen Körpers (Ω),
- I_B : Körperstromstärke (A),
- R_{a1} : Widerstand der Schuhe (Ω),
- R_{a2} : Oberflächenwiderstand des Bodens (Ω).

b. Netzmerkmale

Solche Schutzeinrichtungen erfordern eine Koordinierung zwischen:

1. Netzmerkmalen und
2. Betriebsmerkmalen von Abschaltvorrichtungen.

Der Betreiber des Hochspannungsnetzes legt das Musterschema seines Netzes fest. Auf Antrag des Installateurs stellt ihm der Betreiber des Hochspannungsversorgungsnetzes die Netzmerkmale zur Verfügung.

Unterabschnitt 4.2.3.5 - Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren

Wenn die Bedingungen in *Unterabschnitt 4.2.3.4* nicht erfüllt sind, müssen zusätzliche passive Schutzmaßnahmen angewendet werden.

Wenn geeignete Maßnahmen zur Gewährleistung des Schutzes gegen Berührungsspannungen getroffen worden sind, wird davon ausgegangen, dass Schutz gegen Schrittspannungen auch gewährleistet ist.

Abschnitt 4.2.4 - Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren infolge von Potentialverschleppung

Unterabschnitt 4.2.4.1 - Allgemeines

Maßnahmen müssen getroffen werden, um zu verhindern, dass infolge eines Isolationsfehlers in einer Hochspannungsanlage Potentialverschleppung über aktive Leiter, über die Erdungsanlage oder über leitfähige anlagenfremde Teile gefährliche Berührungsspannungen verursacht.

In dieser Hinsicht muss die Durchgängigkeit fremder leitfähiger Teile, die zwischen der Ausbreitzungszone des Hochspannungserders und einer Zone mit neutralem Erdpotential verlaufen, durch einen geeigneten Isolierstoff unterbrochen werden.

Für Erdungssysteme bei Niederspannung (TN, TT, IT), die in vorliegendem Abschnitt verwendet werden, siehe Buch 1.

Unterabschnitt 4.2.4.2 - Zu treffende Maßnahmen

a. Allgemeine Maßnahmen

Die Erdung des Neutralpunktes einer Niederspannungsanlage, anlagenfremde leitfähige Teile und Erder von Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen werden außerhalb der Ausbreitzungszone des Hochspannungserders installiert.

b. Ausnahmen von den allgemeinen Maßnahmen

b.1 - Körper von Niederspannungs- und Kleinspannungsbetriebsmitteln einer Anlage im TT- oder IT-System, die sich in demselben Raum wie die Hochspannungsanlage befinden, dürfen mit der Hochspannungserdung verbunden werden, sofern die Vorschriften von *Tabelle 4.1* erfüllt sind oder das Hochspannungsnetz an eine Gesamterdung angeschlossen ist.

b.2 - Körper von LV- und ELV-Betriebsmitteln und fremde leitfähige Teile, die sich in demselben Gebäude wie HV-Körper befinden, dürfen mit der HV-Erdung verbunden werden, sofern eine effiziente Potentialausgleichsverbindung hergestellt wird.

Bei einer Gesamterdung entsprechen die Querschnitte von Schutzpotentialausgleichsleitern mindestens:

- der Hälfte des Querschnitts des mit einem Körper verbundenen Schutzleiters, Erdungsleiter ausgenommen, wenn die Potentialausgleichsverbindung diesen Körper mit einem fremden leitfähigen Teil verbindet,
- dem kleinsten Querschnitt der Schutzleiter, die mit Körpern verschiedener Geräte verbunden sind; in diesem Fall muss sichergestellt sein, dass die Herstellung einer Potentialausgleichsverbindung zwischen diesen beiden Körpern, die zu Stromkreisen mit sehr unterschiedlichen Querschnitten gehören, nicht dazu führen kann, dass im Schutzleiter mit dem kleinsten Querschnitt Fehlerströme entstehen, die eine Überschreitung der zulässigen thermischen Beanspruchung dieses Leiters verursachen.
 - Querschnitte dürfen keinesfalls kleiner sein als:
 - 2,5 mm², wenn die Leiter mechanisch geschützt sind,
 - 4 mm², wenn die Leiter nicht mechanisch geschützt sind.
 - b.3 - Der Neutralpunkt einer Niederspannungsanlage darf an eine Hochspannungserdungsanlage angeschlossen sein, sofern:
 - bei einem Niederspannungsnetz im TN-System keine Gefahr gefährlicher Berührungsspannungen infolge von Potentialverschleppung über den Neutralleiter und den Schutzleiter außerhalb der Potentialausgleichszone besteht,
 - bei einem Niederspannungsnetz im TT-System keine Gefahr einer Überschreitung der Stehspannung der Isolierung von Niederspannungsbetriebsmitteln besteht.
 - Diese Bedingungen gelten als erfüllt, wenn:
 - entweder das Niederspannungsnetz nach dem TN-System aufgebaut wird und LV- und ELV-Körper und fremde leitfähige Teile, die sich im selben Gebäude befinden, durch eine effiziente Potentialausgleichsverbindung miteinander verbunden sind

- oder das Niederspannungsnetz nach dem TN-System aufgebaut wird und die Erdpotentialerhöhung U_E von LV- und ELV-Körpern und fremden leitfähigen Teilen die in *Tabelle 4.1* angegebenen Werte nicht überschreitet, wobei die zulässige Berührungsspannung U_{Tp} dem vereinbarten relativen Grenzwert der Berührungsspannung $U_L(t)$ entspricht (siehe Abschnitt 2.4.1). Die Spannung U_E kann durch die Formel $U_E < I_f \cdot Z_E$ näher bestimmt werden, wobei Z_E gemessen wird, indem die Niederspannungserdung und die Hochspannungserdung vorübergehend miteinander verbunden werden,
- oder das Niederspannungsnetz nach dem TT-System aufgebaut wird und das Hochspannungsnetz an eine Gesamterdung angeschlossen ist.

c. Besondere Maßnahmen

Wenn es innerhalb der Ausbreitzungszone einer HV-Erdungsanlage infolge von Potentialverschleppung nicht möglich ist, gefährliche Berührungsspannungen zu vermeiden, müssen Körper von Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen und/oder anlagenfremde leitfähige Teile, die sich in dieser Ausbreitzungszone befinden und mit der neutralen Erde galvanisch verbunden sind, unberührbar gemacht werden.

Diese Unberührbarkeit kann erreicht werden:

- entweder anhand von Hindernissen
- oder durch Isolierung
- oder durch Entfernung außerhalb des Handbereichs von Instandhaltungs- und Betriebsbereichen.

Tabelle 4.1 - Vorschriften in Bezug auf die maximale Erdpotentialerhöhung

Netzart der LV-Anlage	Fehlerdauer	Die Niederspannungs- und die Hochspannungsanlage haben eine gemeinsame Erdungsanlage	
		Vorschriften in Bezug auf die maximale Erdpotentialerhöhung	
		(was die übertragene Berührungsspannung betrifft)	(was die Stehspannung der Isolierung von Betriebsmitteln betrifft)
TT	t ≤ 5 s t > 5 s	Nicht anwendbar	$U_E \leq 1200 \text{ V}$ $U_E \leq 250 \text{ V}$
TN		$U_E \leq U_{Tp} \text{ (1)}$ $U_E \leq 2 U_{Tp} \text{ (2)}$	Nicht anwendbar

(1) Der PE(N)-Leiter der Niederspannungsanlage ist nur durch Verbindung mit der Hochspannungserdungsanlage geerdet.

(2) Der PE(N)-Leiter der Niederspannungsanlage ist an mehreren, möglichst gleichmäßig verteilten Punkten geerdet, damit das Schutzleiterpotential bei Fehler möglichst nahe am Erdpotential bleibt.

KAPITEL 4.3 - Schutz gegen thermische Auswirkungen

Abschnitt 4.3.1 - Allgemeines

Unterabschnitt 4.3.1.1 - Grundsätze

Personen und Güter, die sich in der Nähe elektrischer Betriebsmittel befinden, sind gegen thermische Auswirkungen, die auf den Betrieb dieser Betriebsmittel zurückzuführen sind, und insbesondere gegen folgende Auswirkungen geschützt:

- Verbrennungsgefahr,
- Feuergefahr:
 - Verbrennung oder Beschädigung des Materials,
 - Beeinträchtigung der Betriebssicherheit installierter elektrischer Betriebsmittel,
 - Brandausbreitung durch die elektrische Anlage,
- Explosionsgefahr.

Unterabschnitt 4.3.1.2 - Spezifische Begriffsbestimmungen

Material: Stoff, der in Bauelementen und bei der Herstellung elektrischer Betriebsmittel benutzt wird.

Nicht brennbares Material: Material, das nicht verbrennen kann. In der Praxis ist ein Material nicht brennbar, wenn es bei einem genormten Test einer vorgeschriebenen Erhitzung ausgesetzt wird und dabei keine äußeren Anzeichen aufweist, die auf eine merkliche Wärmefreisetzung schließen lassen.

Brennbares Material: Material, das verbrennen kann; das heißt, dass es mit Sauerstoff reagiert und dabei Wärme freisetzt; in der Regel geht dieses Phänomen mit der Entwicklung von Flammen und/oder mit Glühen einher. In dieser Hinsicht überschreiten die zu berücksichtigenden Sauerstoffkonzentrationen nicht die normalerweise in der Luft enthaltenen Werte, außer in Ausnahmefällen.

Entflammables Material (flammverbreitendes Material): Material, das in der Gasphase den Zustand der Verbrennung erreichen und in diesem Zustand bleiben kann; dies erfolgt in der Regel unter Lichtabgabe, während das Material einer Wärmequelle ausgesetzt ist oder nachdem es einer solchen Quelle ausgesetzt wurde.

Flammhemmendes Material: Material, das gegebenenfalls nach Behandlung die Eigenschaft aufweist, Flammenausbreitung zu hemmen.

Selbstlöschendes Material (nicht flammenverbreitendes Material): Material, das die Eigenschaft aufweist, seine eigene Verbrennung zu stoppen, sobald die Wärmequelle, die diese Verbrennung verursacht, entfernt wurde.

Feuerfestes Material: Material, das seine Entzündbarkeit durch Behandlung verloren hat oder dessen Entzündbarkeit durch Behandlung erheblich verringert wurde.

Flammpunkt: niedrigste Temperatur, korrigiert auf einen Druck von 101,325 kPa, bei der sich unter den in der Testmethode festgelegten Bedingungen aus der Testflüssigkeit Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass im Testbehälter ein entflammables Dampf-Luft-Gemisch entsteht.

Unterabschnitt 4.3.1.3 - Äußere Einflüsse

Bei der Wahl von elektrischen Betriebsmitteln und Vorsichtsmaßnahmen, die zum Schutz gegen thermische Auswirkungen zu treffen sind, werden folgende äußere Einflüsse berücksichtigt:

- Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE; siehe *Abschnitt 2.10.15*),
- Baustoffe (CA; siehe *Abschnitt 2.10.16*),
- Gebäudestrukturen (CB; siehe *Abschnitt 2.10.17*).

Abschnitt 4.3.2 - Schutz gegen Verbrennungen

Unterabschnitt 4.3.2.1 - Temperaturbegrenzungen für berührbare elektrische Betriebsmittel

Die Außenflächen von Umhüllungen elektrischer Maschinen, Geräte und Leitungen, die sich im Handbereich befinden, erreichen keine Temperaturen, die bei Personen Verbrennungen verursachen können, und entsprechen den angemessenen Grenzwerten wie in *Tabelle 4.2* bestimmt.

Tabelle 4.2 - Höchsttemperaturen von Außenflächen elektrischer Betriebsmittel, die sich im Handbereich befinden

Außenflächen	Höchsttemperaturen (° C)
1. von handgehaltenen Bedienungseinrichtungen	
• metallisch	55
• nicht metallisch	65
2. dazu vorgesehen, bei bestimmungsgemäßem Betrieb berührt zu werden, aber nicht dazu bestimmt, ständig in der Hand gehalten zu werden	
• metallisch	70
• nicht metallisch	80
3. berührbar, aber nicht dazu bestimmt, bei bestimmungsgemäßem Betrieb berührt zu werden	
• metallisch	80
• nicht metallisch	90

Der Unterschied zwischen metallischen und nicht metallischen Oberflächen hängt von der Wärmeleitfähigkeit der betreffenden Oberfläche ab.

Es wird davon ausgegangen, dass Lack- und Farbschichten die Wärmeleitfähigkeit der Oberfläche nicht verändern.

Dagegen können bestimmte Kunststoffbekleidungen die Wärmeleitfähigkeit metallischer Oberflächen erheblich verringern, sodass sie als nicht metallische Oberflächen betrachtet werden können.

Alle Teile einer elektrischen Anlage, die auch nur für kurze Zeit Temperaturen erreichen können, die die in vorliegender Tabelle angegebenen Temperaturen überschreiten, sind gegen versehentliches Berühren geschützt.

Unterabschnitt 4.3.2.2 - Installation elektrischer Betriebsmittel

Elektrische Betriebsmittel, die den Vorschriften von *Unterabschnitt 4.3.2.1* nicht entsprechen, und alle Teile elektrischer Anlagen, die auch nur für kurze Zeit Temperaturen erreichen können, die die in der Tabelle in *Unterabschnitt 4.3.2.1* angegebenen Temperaturen überschreiten, sind entweder durch

Entfernung oder durch Trennung durch einen Schirm aus nicht brennbarem, wärmeisolierendem Material gegen versehentliches Berühren durch Personen geschützt.

Elektrische Maschinen und Geräte, bei denen es zu Wärmefokussierung oder -konzentration kommen kann, sind:

- entweder so weit von Personen entfernt, dass diese keiner gefährlichen Wärmekonzentration ausgesetzt werden können,
- oder von diesen Personen durch einen Schirm aus nicht brennbarem, wärmeisolierendem Material getrennt.

Abschnitt 4.3.3 - Brandschutz

Unterabschnitt 4.3.3.1 - Allgemeines

Die in *Abschnitt 4.3.3* erwähnten Bestimmungen gelten für jeden Ort (Räumlichkeit oder Bereich) und für jede elektrische Anlage, zum Beispiel ortsfeste oder zeitlich begrenzte Anlagen, Anlagen im Innen- oder Außenbereich oder mobile oder transportable Anlagen.

Bei der Wahl und Installation von elektrischen Betriebsmitteln, Ausrüstungen, ... an einem Ort muss die vorhersehbare Feuergefahr berücksichtigt werden, um:

- bei bestimmungsgemäßem Betrieb keinen Brand zu verursachen,
- die Folgen von Fehlern, die einen Brand verursachen können, zu begrenzen,
- Brandausbreitung und Rauchentwicklung zu begrenzen.

Für Sicherheitsanlagen sind zusätzliche Brandschutzmaßnahmen in *Kapitel 3.4* aufgeführt. Für kritische Anlagen sind mögliche zusätzliche Brandschutzmaßnahmen in *Kapitel 3.5* aufgeführt.

Der Eigentümer, Verwalter oder Betreiber muss die korrekte Wahl und Installation der elektrischen Betriebsmittel und Ausrüstungen im Hinblick auf Brandschutz nachweisen. Die Unterlagen, die dies nachweisen, sind Teil der Akte der elektrischen Anlage (siehe *Abschnitt 9.1.1*) oder werden jedem Betreffenden zwecks Einsichtnahme zur Verfügung gestellt. Zu diesen Unterlagen gehören unter anderem technische Datenblätter und Betriebsanleitungen in Bezug auf elektrische Betriebsmittel, Risikoanalysen, die Unterlage in Bezug auf äußere Einflüsse, ...

Unterabschnitt 4.3.3.2 - Spezifische Begriffsbestimmungen

Bauwerk: mit dem Boden verbundene Struktur, die aus Baustoffen und Bauteilen besteht und/oder das Ergebnis von Bauarbeiten ist. In diesem Zusammenhang wird Bodenvorbereitung (Anpflanzen, Aussäen, ...) für landwirtschaftliche Zwecke nicht als Bauwerk betrachtet.

Gebäude: Bauwerk, das einen für Personen zugänglichen überdachten Raum bildet und ganz oder teilweise von Wänden umschlossen ist.

Tiefbauwerk: Bauwerk, das nicht als Gebäude eingestuft wird, wie zum Beispiel Brücken, Tunnels, ...

Abteilung: eventuell in Räumlichkeiten unterteilter Gebäudeteil oder Teil eines Tiefbauwerks, der von Wänden eingefasst ist, die für eine bestimmte Zeit die Brandausbreitung auf die Nachbarabteilung(en) verhindern sollen.

Fluchtweg: durchgehender, von Hindernissen freier Weg, der über normale Verkehrswege den Zugang zu einem sicheren Ort ermöglicht. Unter sicherem Ort versteht man einen Ort, der sich außerhalb des Bauwerks befindet, oder gegebenenfalls den Teil eines Bauwerks, der sich außerhalb der Abteilung befindet, in der sich das Feuer ausbreitet, und von dem aus das Bauwerk verlassen werden kann, ohne diese Abteilung durchqueren zu müssen.

Unterabschnitt 4.3.3.3 - Klassifizierung in Bezug auf Feuergefahr an einem Ort

a. Allgemeines

Die Feuergefahr an einem Ort wird auf der Grundlage der folgenden drei äußeren Einflüsse bestimmt:

- Art und Menge der bearbeiteten und gelagerten Stoffe (BE),
- Entzündbarkeit der Baustoffe (CA),
- Struktur (CB).

Es gibt zwei mögliche Stufen in Bezug auf Feuergefahr an einem Ort:

- normale Feuergefahr,
- erhöhte Feuergefahr.

Orte mit normaler Feuergefahr sind durch alle folgenden drei äußeren Einflüsse gekennzeichnet: BE1, CA1 und CB1.

Orte mit erhöhter Feuergefahr sind durch mindestens einen der folgenden äußeren Einflüsse gekennzeichnet: BE2 oder BE3 oder CA2 oder CB2.

b. Besondere Orte

Elektrische Anlagen an Orten, die durch den äußeren Einfluss CB3 oder CB4 gekennzeichnet sind, können auf der Grundlage einer Risikoanalyse wie derjenigen für Orte mit erhöhter Feuergefahr errichtet werden.

Orte mit Transformatoren oder Generatoren werden nicht unbedingt als Orte mit erhöhter Feuergefahr betrachtet; dies ist Teil der Festlegung der äußeren Einflüsse (*Abschnitt 9.1.5*).

Unterabschnitt 4.3.3.4 - Klassifizierung der isolierten Leiter und Kabel

a. Anwendungsbereich

Die Klassifizierung ist auf isolierte Leiter und Energiekabel anwendbar.

b. Brandverhalten von isolierten Leitern und Kabeln

Isolierte Leiter und Kabel weisen ein Brandverhalten auf, das nach den in *Tabelle 4.3* aufgeführten Klassen gemäß der delegierten Verordnung (EU) 2016/364 angegeben und beurteilt wird. Die Klassen C, C_L, E und E_L wie in *Abschnitt 5.2.7* erwähnt sind auch gemäß der delegierten Verordnung (EU) 2016/364 zu berücksichtigen. Diese Klassen betreffen:

- Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen, geraden Leitungswärmedämmprodukten und elektrischen Kabeln (Klassen C und E),
- gerade Leitungswärmedämmprodukte (Klassen C_L und E_L).

Tabelle 4.3 - Klassen von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Brandverhaltens

Art von isolierten Leitern und Kabeln	Klasse	Beitrag zum Brand	Zusätzliche Klassifizierung
Nicht brennbar	A _{ca}	Kein Beitrag	
Isolierte Leiter und Kabel mit hohem Feuerwiderstand	B1 _{ca}	Gering	Rauchentwicklung: s1 angegeben durch s1 oder s1a oder s1b s2 s3 Säuregehalt des Rauchs: a1 a2 a3
Isolierte Leiter und Kabel mit verbessertem Feuerwiderstand	B2 _{ca}	Sehr begrenzt	
	C _{ca}	Begrenzt	
Isolierte Standardleiter und Standardkabel	D _{ca}	Mittel	
	E _{ca}	Hoch	
Isolierte Leiter und Kabel ohne Feuerwiderstand	F _{ca}	Sehr hoch	

Die Prüfbedingungen sind in den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen aufgeführt oder entsprechen Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Isolierte Leiter und Kabel, die die in *Tabelle 4.4* beschriebenen Eigenschaften aufweisen, dürfen nur in folgenden Fällen verlegt werden:

1. elektrische Anlagen, die sich nicht in Gebäuden befinden,
2. elektrische Anlagen, die sich nicht in Tiefbauwerken befinden,
3. elektrische Anlagen eines industriellen Verfahrens zur mechanischen oder chemischen Herstellung oder Verarbeitung von Materialien, Gütern oder Produkten in großen Mengen. Beispiele dafür sind: Produktionsanlagen, Walzanlagen, Erdölraffinerien und zugehörige Tanklager, ...

Elektrische Anlagen, die den allgemeinen Betrieb eines Gebäudes oder eines Tiefbauwerks gewährleisten, werden nicht als elektrische Anlagen eines industriellen Verfahrens betrachtet. Dazu gehören:

- Beleuchtungsanlagen und Steckvorrichtungen,
 - HVAC-Anlagen,
 - Informatikanlagen,
 - Anlagen mit einer autonomen Energieversorgungsquelle (Generatoren, Photovoltaikanlagen, ...),
 - elektrische Anlagen oder Teile elektrischer Anlagen in Hochspannungskabinen, die die Anlagen eines Gebäudes oder eines Tiefbauwerks versorgen,
 - Stromversorgung von Brandschutzanlagen (Erkennung, Alarm, ...),
 - Stromversorgung von Überwachungsanlagen (Kameras, Einbrucherkennung, ...),
 - Stromversorgung von Hebegegeräten (Aufzüge, Lastenaufzüge, ...),
4. isolierte Leiter oder Kabel, die in ein Gebäude oder Tiefbauwerk eingeführt werden, wenn die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind:
- Ihre Länge im Gebäude oder Tiefbauwerk beträgt nicht mehr als 10 Meter.
 - Ihre Verlegung beschränkt sich auf die erste Abteilung.

Tabelle 4.4 - Eigenschaften von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Brandverhaltens

Eigenschaften	
F	Primäres Brandverhalten: Bezeichnet die Fähigkeit des isolierten Leiters oder Kabels, den ursprünglich Brandherd auszubreiten, und wird in zwei Unterkategorien mit zunehmendem Schweregrad unterteilt, die wie folgt gekennzeichnet sind:
	F1 betrifft isolierte Leiter oder Kabel, die einzeln und unter Prüfbedingungen nicht zur Flammenausbreitung beitragen und in kurzer Entfernung vom Brandherd, durch den sie in Flammen aufgegangen sind, selbstlöschend sind.
	F2 betrifft in Bündeln und in vertikaler Stellung verlegte isolierte F1-Leiter oder F1-Kabel, die unter Prüfbedingungen nicht zur Flammenausbreitung beitragen.
S	Sekundäres Brandverhalten: Kennzeichnet die Brandnebenwirkungen und bezeichnet die nicht metallischen Bestandteile isolierter Leiter oder Kabel in Bezug auf Lichtdurchlässigkeit von Rauch (Unterkategorie SD) und Säuregehalt der Verbrennungsprodukte (Unterkategorie SA).
	SD Isolierte Leiter oder Kabel, deren Verbrennungsgase lichtdurchlässig sind
	SA Isolierte Leiter oder Kabel, deren Verbrennungsgase nicht korrosiv sind

Die Prüfbedingungen sind in den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen aufgeführt oder entsprechen Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

c. Feuerwiderstand von isolierten Leitern und Kabeln

Isolierte Leiter und Kabel weisen einen Feuerwiderstand auf, der gemäß den in *Tabelle 4.5* aufgeführten Eigenschaften angegeben und beurteilt wird, und können an jeglichen Orten verlegt werden. Für die Klassifizierung in Bezug auf Brandverhalten ist *Tabelle 4.4* anwendbar.

Folgende Leiter und Kabel müssen die Anforderungen in Bezug auf die in *Tabelle 4.5* aufgeführten Eigenschaften nicht erfüllen:

- isolierte Leiter, die Bestandteil eines Kabels sind,
- die interne Verkabelung in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen.

Tabelle 4.5 - Eigenschaften von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Feuerwiderstands

Eigenschaften	
FR	Feuerwiderstand: Kennzeichnet die Fähigkeit eines isolierten Leiters oder Kabels, trotz des Brandherds den Betrieb zu gewährleisten. Diese Kategorie ist in zwei Unterkategorien unterteilt:
	FR1 bezieht sich auf Prüfungen, die es ermöglichen, die Aufrechterhaltung der elektrischen Funktion unter Laborbedingungen zu beurteilen (isolierte Leiter oder Kabel, die einzeln geprüft werden)
	FR2 bezieht sich auf eine Prüfung, die es ermöglicht, die Dauer der Aufrechterhaltung der elektrischen Funktion zu beurteilen (isolierte Leiter oder Kabel, die mit Träger und Befestigung geprüft werden)

Die Prüfbedingungen sind in den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen aufgeführt oder entsprechen Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Wenn alle Bestandteile einer Baugruppe (Trägersystem, isolierte Leiter, Kabel und Befestigungen) jeweils den zur Aufrechterhaltung der Funktion erforderlichen Feuerwiderstand aufweisen und wenn sie gemäß den Vorschriften der Hersteller installiert werden, gilt, dass die Baugruppe eine FR2 gleichwertige Eigenschaft aufweist.

Isolierte Leiter oder Kabel, die dem Trägersystem einer Baugruppe, die die Eigenschaft FR2 oder eine FR2 gleichwertige Eigenschaft aufweist, hinzugefügt werden, müssen die Eigenschaft FR2 oder FR1 aufweisen.

Unterabschnitt 4.3.3.5 - Allgemeine Brandschutzmaßnahmen

a. Elektrische Betriebsmittel

Wahl und Benutzung elektrischer Betriebsmittel müssen den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.1.1.2* und *Abschnitt 5.2.7* entsprechen.

Elektrische Betriebsmittel, die auf brennbaren Materialien installiert sind, sind:

- entweder mit einer Umhüllung aus nicht brennbarem, feuerfestem oder selbstlöschendem Material versehen
- oder von diesen brennbaren Materialien durch Elemente aus nicht brennbaren, feuerfesten oder selbstlöschenden Materialien vollständig getrennt.

Elektrische Betriebsmittel, bei denen es zu Wärmekonzentration oder -fokussierung kommt:

- befinden sich entweder auf oder in Materialien, die einer solchen Wärmekonzentration oder -fokussierung standhalten und eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen,
- oder befinden sich in ausreichendem Abstand zu allen Gegenständen oder Bauwerkteilen, sodass diese keiner gefährlichen Wärmekonzentration oder -fokussierung ausgesetzt werden können,
- oder sind von diesen Gegenständen oder Bauwerkteilen durch Materialien, die einer solchen Wärmekonzentration oder -fokussierung standhalten und eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, getrennt.
 - Wenn elektrische Betriebsmittel bei bestimmungsgemäßem Betrieb oder bei Beschädigung oder falscher Bedienung Funken oder Flammen erzeugen können:
- befinden sie sich entweder in ausreichendem Abstand zu allen Gegenständen oder Bauwerkteilen, an denen sie Schäden verursachen könnten,
- oder sind sie von diesen Gegenständen oder Bauwerkteilen durch eine Wärmeabschirmung aus nicht brennbarem, feuerfestem, selbstlöschendem oder lichtbogenbeständigem Material getrennt
- oder sind sie von lichtbogenbeständigen Materialien vollständig umschlossen.

b. Isolierte Leiter und Kabel

Isolierte Leiter und Energiekabel entsprechen mindestens den Vorschriften von *Abschnitt 5.2.7*.

Für BE3-Orte entsprechen isolierte Leiter und Kabel wie in Absatz 1 erwähnt der Eigenschaft oder Klasse von *Unterabschnitt 5.2.7.3*.

c. Gefährlicher Ableit- oder Fehlerstrom

Maßnahmen werden getroffen, um zu verhindern, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb oder Fehler ein gefährlicher Ableit- oder Fehlerstrom anhält. Diese Maßnahmen sind mit den Maßnahmen koordiniert, die im Rahmen des Schutzes gegen elektrischen Schlag oder des Überstromschutzes getroffen werden.

Unterabschnitt 4.3.3.6 - Zusätzliche Brandschutzmaßnahmen an Orten mit erhöhter Feuergefahr

a. Allgemeines

An BE2- und BE3-Orten sind elektrische Anlagen auf die für den Betrieb dieser Orte erforderlichen Anlagen beschränkt.

An BE2-Orten dürfen auch isolierte Leiter und Kabel wie in *Unterabschnitt 4.3.3.6 Buchstabe c* Absatz 1 erwähnt verlegt werden.

An Orten, die durch den äußeren Einfluss BE3 gekennzeichnet sind, sind die Vorschriften von *Kapitel 7.1* anwendbar.

b. Elektrische Betriebsmittel

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass die Benutzung bestimmter elektrischer Betriebsmittel an Orten mit erhöhter Feuergefahr verbieten.

In Bereichen, in denen brennbare Stoffe und entflammare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 55 °C gelagert und verarbeitet werden (BE2):

- sind elektrische Betriebsmittel so gebaut, dass die Temperatur ihrer berührbaren Teile nicht zur Entzündung brennbarer Stoffe und entflammbarer Flüssigkeiten, die sich in der Nähe befinden, führen kann,
- sind elektrische Betriebsmittel, insbesondere ihre Umhüllungen, für diese Orte geeignet. Bei Vorhandensein von Staub (AE4) weisen Umhüllungen mindestens eine Schutzart von IP5X auf,

- müssen Motoren, die automatisch gesteuert oder ferngesteuert werden oder nicht ständig überwacht werden, durch Überlast-Schutzeinrichtungen mit manueller Rückstellung oder ähnliche Einrichtungen gegen zu hohe Temperaturen geschützt sein. Die automatische Rückstellung ist gemäß den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.3.3.5* (Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen für Schutzeinrichtungen) erlaubt. Motoren mit Stern-Dreieck-Anlauf ohne automatische Umschaltung von Stern auf Dreieck müssen ebenfalls gegen zu hohe Temperaturen in der Sternschaltung geschützt sein.

c. Leiter und Kabel an BE2-Orten

Isolierte Leiter und Kabel, die durch solche Orte führen, aber nicht für die Stromversorgung dieser Orte bestimmt sind, dürfen keine Abzweigungen oder Verbindungen enthalten, es sei denn, diese Abzweigungen oder Verbindungen befinden sich in einer Umhüllung, die einen Feuerwiderstand von mindestens einer halben Stunde aufweist. Diese isolierten Leiter und Kabel müssen durch Schutzeinrichtungen, die vorgeschaltet sind und sich außerhalb des betreffenden Ortes befinden, gegen Überlast und Kurzschlüsse geschützt sein.

Blanke Leiter dürfen nur in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen installiert werden.

Unterabschnitt 4.3.3.7 - Besondere Brandschutzmaßnahmen

a. Rauchentwicklung bei Feuer

Die Benutzung von isolierten Leitern und Energiekabeln, die die Eigenschaften SA und SD oder die zusätzlichen Klassifizierungen a1 und s1 aufweisen, ist für die in *Tabelle 4.6* erwähnten Orte erforderlich.

Diese Anforderung findet keine Anwendung auf:

1. isolierte Leiter und Kabel, die nach folgenden Verlegearten verlegt sind:
 - Freileitungen mit isolierten Leitern,
 - Kabel in sandgefüllten Kabelkanälen,
 - unterirdische Kabel,
 - Enden:
 - von Kabeln in sandgefüllten Kabelkanälen oder
 - von unterirdischen Kabeln,wobei die Enden im Freien oder auf Putz verlegt sind, vorausgesetzt, dass die Länge dieser Enden 3 m nicht überschreitet,
2. isolierte Leiter, bei deren Verlegung ein Material (zum Beispiel zur Umhüllung, Abdeckung, ...) verwendet wird, das für das Ganze (isolierte Leiter und Material) eine gleichwertige Eigenschaft (SA und SD) oder Klasse (a1 und s1) gewährleistet,
3. Kabel, bei deren Verlegung ein Material (zum Beispiel zur Umhüllung, Abdeckung, ...) verwendet wird, das für das Ganze (Kabel und Material) eine gleichwertige Eigenschaft (SA und SD) oder Klasse (a1 und s1) gewährleistet,
4. die interne Verkabelung in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen,
5. isolierte Leiter, die Bestandteil eines Kabels sind,
6. isolierte Leiter und Kabel der Stromkreise einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Geräts, für die in ihrer Gesamtheit eine Produktnorm vorliegt.

Isolierte Leiter und Kabel, die nicht die Eigenschaften SA und SD oder die zusätzlichen Klassifizierungen a1 und s1 aufweisen, müssen gemäß den in vorhergehendem Absatz erwähnten Ausnahmen der *Nummern 1, 2 und 3* verlegt werden.

Tabelle 4.6 - Orte wie in Unterabschnitt 4.3.3.7 Buchstabe a Absatz 1 erwähnt

Orte
Fluchtwege in Bauwerken (zum Beispiel Treppenhäuser und Flure) mit Ausnahme von Fluchtwegen innerhalb von Wohneinheiten
Öffentlich zugängliche Räumlichkeiten, die mindestens 50 Personen empfangen können (Seminarräume, Sporthallen, Veranstaltungssäle, ...)
Tunnel, die als Bauwerke betrachtet werden

Betreiber oder ihre Beauftragten können auf der Grundlage einer Risikoanalyse oder gesetzlicher Vorschriften bestimmen, ob andere Orte, die nicht in *Tabelle 4.6* erwähnt sind und deren Evakuierung bei Feuer durch Rauchentwicklung beeinflusst werden kann, der Vorschrift von *Unterabschnitt 4.3.3.7 Buchstabe a* entsprechen müssen.

Betreiber oder ihre Beauftragten erstellen die Liste der Fluchtwege und schwer zu evakuierenden Orte, die in der Vorschrift von *Unterabschnitt 4.3.3.7 Buchstabe a* erwähnt sind, und geben für jeden Ort den Verweis an (Risikoanalyse oder gesetzliche Vorschrift oder *Tabelle 4.6*). Liste der Fluchtwege und schwer zu evakuierenden Orte und Risikoanalyse werden der zugelassenen Stelle und dem mit der Überwachung beauftragten Beamten zur Verfügung gehalten.

Bei Konformitätsprüfungen vor einer Ingebrauchnahme oder Kontrollbesuchen einer Anlage wird der mit der Prüfung oder dem Besuch beauftragten zugelassenen Stelle der Fluchtwegeplan vorgelegt, auf dem die Fluchtwege vermerkt sind.

Elektroinstallationsrohre, Kabelschächte, Kabelrinnen, Kabelwannen und Anschlüsse, die an Orten wie in vorerwähnter Liste erwähnt verlegt bzw. installiert und nicht eingebaut sind, müssen halogenfrei sein oder ein gleichwertiges Sicherheitsniveau aufweisen.

b. Orte mit einem Hochspannungstransformator, der ein brennbares flüssiges Dielektrikum enthält

Bauliche Maßnahmen werden getroffen, um bei einem Leck die Ausbreitung brennbarer flüssiger Dielektrika zu verhindern. Zu diesem Zweck dürfen keine brennbaren Materialien verwendet werden.

Trennelemente (Wände, Böden, Decken, Türen, Lüftungsöffnungen, ...) zwischen einer Räumlichkeit mit einem Transformator wie unter *Buchstabe b* erwähnt und angrenzenden Räumlichkeiten weisen einen Feuerwiderstand von mindestens einer Stunde auf gemäß den vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen oder entsprechen Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Eine der folgenden Bestimmungen ist immer anwendbar:

- Entweder ist der Transformator einzeln durch eine elektrische Schutzeinrichtung geschützt, die gegen thermische Auswirkungen durch interne Fehler wirksam ist,
- oder eine Auffangwanne wird installiert, die das Volumen des flüssigen Dielektrikums des Transformators enthalten kann und sein natürliches Erlöschen gewährleistet.

c. Orte mit trockenem Hochspannungstransformator

Bauliche Maßnahmen werden getroffen, um Wärmefokussierung an Orten mit trockenem Hochspannungstransformator zu verhindern.

Trockene Hochspannungstransformatoren sind mit einem Schutz ausgestattet, der den Transformator ausschaltet, wenn seine höchste zulässige Temperatur erreicht ist.

In Abweichung von *Buchstabe c* Absatz 2 ist es erlaubt, den Transformator nicht auszuschalten, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Der Transformator ist mit einer undurchlässigen Umhüllung ausgestattet, die ausreichenden Schutz gegen Projektionen von Teilen bei einer internen Explosion bietet.
- Die Temperatur des Transformators wird ständig überwacht.
- Das Überschreiten der höchsten zulässigen Temperatur wird unverzüglich dem Betriebspersonal gemeldet.
- Das Betriebspersonal ist ausreichend qualifiziert und ausgebildet, um angemessene Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden am Transformator zu treffen.
- Es steht genügend Zeit zur Verfügung, um die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit der Transformator per Hand abgeschaltet werden kann oder die Temperatur des Transformators auf die normale Betriebstemperatur gebracht werden kann.

d. Orte mit elektrischen Betriebsmitteln, die ein brennbares flüssiges Dielektrikum enthalten

Die Vorschriften von *Buchstabe d* betreffen nicht unter *Buchstabe b* erwähnte Transformatoren.

Wenn in derselben Räumlichkeit die Gesamtkapazität an flüssigem Dielektrikum mit einem Flammpunkt unter 300°C:

- entweder 25 l in einem elektrischen Gerät oder einer elektrischen Maschine
- oder 50 l für die gesamten elektrischen Geräte und Maschinen überschreitet, gelten folgende Vorschriften:
- Bauliche Maßnahmen werden getroffen, um bei einem Leck die Ausbreitung brennbarer flüssiger Dielektrika zu verhindern. Zu diesem Zweck dürfen keine brennbaren Materialien verwendet werden.
- Trennelemente (Wände, Böden, Decken, Türen, Lüftungsöffnungen, ...) zwischen dieser Räumlichkeit und angrenzenden Räumlichkeiten weisen einen Feuerwiderstand von mindestens einer Stunde auf gemäß den vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen oder entsprechen Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Abschnitt 4.3.4 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre

Spezifische Bestimmungen sind auf elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen anwendbar (siehe *Kapitel 7.1*).

KAPITEL 4.4 - Elektrischer Überstromschutz

Abschnitt 4.4.1 - Allgemeines

Unterabschnitt 4.4.1.1 - Grundsatz

Elektrischer Überstromschutz zielt darauf ab, zu verhindern, dass elektrische Betriebsmittel von Strömen durchflossen werden, die für diese elektrischen Betriebsmittel und ihre Umgebung schädlich sind.

Dieser Schutz erfolgt durch eine oder mehrere Einrichtungen, die den Strom unterbrechen, bevor eine für die Isolierung, die Verbindungen, die elektrischen Leitungen und ihre Umgebung gefährliche Erwärmung entsteht.

Unterabschnitt 4.4.1.2 - Überströme

Es gibt drei Arten von Überströmen, die durch die Leiter eines Stromkreises fließen können, nämlich:

1. Überlastströme, die durch eine Erhöhung der Leistungsaufnahme der Verbrauchsgeräte über die normale Kapazität der elektrischen Leitung hinaus verursacht werden, zum Beispiel:
 - infolge des Festbremsens des Verbrauchsgeräts aufgrund einer mechanischen Überlastung,
 - infolge des Anbringens zusätzlicher Verbrauchsgeräte ohne Vergrößerung des Leiterquerschnitts,
 - infolge der Ersetzung von Verbrauchsgeräten durch leistungsfähigere Geräte ohne angemessene Anpassung der elektrischen Leitung,
2. ohmige Kurzschlussströme in elektrischen Betriebsmitteln; diese Fehler, die mit Überlastströmen vergleichbare Ströme verursachen, sind auf den Stromdurchfluss durch eine fehlerhaft gewordene Isolierung zurückzuführen,
3. Kurzschlussströme.

Überströme, die darauf zurückzuführen sind, dass elektrische Leitungen den Betriebsbedingungen nicht angepasst sind, werden durch die Erhöhung der Kapazität der elektrischen Versorgungsleitungen beseitigt.

Unterabschnitt 4.4.1.3 - Strombelastbarkeit in elektrischen Leitungen

Die Strombelastbarkeit I_z einer elektrischen Leitung ist abhängig von:

- dem Leiterquerschnitt,
- der Isolierung der Leiter,
- der Beschaffenheit der elektrischen Leitung,
- der Verlegeart und Umgebung der elektrischen Leitung,
- der Umgebungstemperatur.
- Die Strombelastbarkeit ist so bemessen, dass die Erwärmung durch Joule-Effekt der Leiter die Isolierung nicht auf eine Temperatur bringt, die die Temperatur überschreitet, der die Isolierung ohne Beeinträchtigung ihrer Eigenschaften auf unbegrenzte Zeit standhalten kann.

Sie wird gemäß den Regeln des Fachs berechnet. Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Berechnung der Strombelastbarkeit festlegen.

Unterabschnitt 4.4.1.4 - Anschluss von Abnehmern an das Netz

Der Anschluss der Abnehmer an das Netz erfolgt nach den Regeln des Fachs.

Abschnitt 4.4.2 - Schutz gegen Kurzschlüsse

Unterabschnitt 4.4.2.1 - Grundsatz

Elektrische Betriebsmittel sind nach den Regeln des Fachs durch Schutzeinrichtungen mit Eigenschaften, die den Besonderheiten dieser Betriebsmittel angemessen sind, gegen Kurzschlüsse geschützt.

Unterabschnitt 4.4.2.2 - Ausschaltvermögen

Einrichtungen, die diesen Schutz gewährleisten, weisen ein Ausschaltvermögen auf, das mindestens der Kurzschlussleistung entspricht, die an der Stelle ihrer Verwendung auftreten kann. Ist dies nicht der Fall, werden Einrichtungen ihrerseits durch eine Einrichtung geschützt, die ein solches Ausschaltvermögen aufweist.

Unterabschnitt 4.4.2.3 - Kurzschlussleistung

Die in *Unterabschnitt 4.4.2.2* erwähnte Kurzschlussleistung darf aufgrund der Netzkonfiguration an einem durchschnittlichen Betriebstag wie nach den Regeln des Fachs festgelegt ermittelt werden.

Unterabschnitt 4.4.2.4 - Kurzschlussstrom

Außerdem halten elektrische Maschinen, Geräte und Leitungen ohne Gefahr für Personen den Beanspruchungen durch Kurzschlussströme stand, die sie durchfließen können. Bei dem zu betrachtenden Wert des Kurzschlussstroms wird die Begrenzungsleistung der Schutzeinrichtungen berücksichtigt.

Abschnitt 4.4.3 - Überlastschutz

Unterabschnitt 4.4.3.1 - Grundsatz

Elektrische Betriebsmittel sind nach den Regeln des Fachs durch Schutzeinrichtungen mit Eigenschaften, die den Besonderheiten dieser Betriebsmittel angemessen sind, gegen Überlast geschützt.

Unterabschnitt 4.4.3.2 - Ausnahmen

Es ist zulässig, eine solche Schutzeinrichtung nicht zu installieren:

- bei elektrischen Maschinen oder Geräten, die durch bauliche Besonderheiten oder besondere Einrichtungen gegen einen außergewöhnlichen Anstieg der Stromstärke geschützt sind,
- vor einem Transformator, wenn eine solche Einrichtung nachgeschaltet ist,
- in Versorgungsstromkreisen von Messwandlern,
- in Erregerkreisen von Generatoren oder Motoren.

KAPITEL 4.5 - Überspannungsschutz

Personen und Güter werden nach den diesbezüglichen Regeln des Fachs vor den schädlichen Folgen geschützt von:

- Fehlern, die zwischen aktiven Teilen von Stromkreisen mit unterschiedlichen Spannungen auftreten können,
- Überspannungen aufgrund anderer Ursachen wie zum Beispiel atmosphärischer Phänomene oder möglicher Schaltüberspannungen.
 - Überspannungsschutzeinrichtungen werden so konzipiert und installiert, dass ihr Betrieb keine Gefahr für Personen und Güter darstellt.

KAPITEL 4.6 - Schutz gegen bestimmte andere Auswirkungen

Abschnitt 4.6.1 - Schutz gegen die Auswirkungen von Spannungsänderungen

Vorkehrungen werden getroffen, um sicherzustellen, dass eine bedeutende Spannungsänderung oder das Wegfallen und Wiederauftreten von Spannung keine Gefahr für Personen und Güter darstellen kann.

Einrichtungen zum Schutz gegen die Auswirkungen von Spannungsänderungen oder vom Wegfallen von Spannung sind in Anlagen von Gebäuden erforderlich, in denen Sicherheitsverbraucher vorgesehen sind, und können (bei Benutzung einer Ersatzstromquelle bei Ausfall der normalen Quelle) in Anlagen von Gebäuden erforderlich sein, in denen kritische Verbraucher vorgesehen sind. Diese Einrichtungen gewährleisten gegebenenfalls die Einschaltung der Sicherheits- oder Ersatzstromquellen und die Stromversorgung der entsprechenden elektrischen Maschinen und Geräte, wenn die Spannung unter einen Wert fällt, unterhalb dessen sie nicht richtig funktionieren können.

Abschnitt 4.6.2 - Schutz gegen biologische Auswirkungen elektrischer und magnetischer Felder

Wenn sich herausstellt, dass elektrische und magnetische Felder schädliche biologische Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben, legen die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Ministern, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass die zu treffenden Sicherheitsmaßnahmen fest.

Metallteile, die aufgrund ihres Vorhandenseins in einem durch eine Anlage für die Übertragung oder Verteilung elektrischer Energie erzeugten elektrischen Feld auf ein Potential gebracht werden, das einen Dauerberührungsstrom von mindestens 1 mA ergibt, müssen geerdet werden.

Abschnitt 4.6.3 - Schutz gegen Verunreinigungsgefahren

Falls erforderlich, werden Vorkehrungen getroffen, um zu verhindern, dass verarbeitete Produkte bei Fehler - zum Beispiel bei Lecken flüssiger Dielektrika - durch die elektrischen Betriebsmittel verunreinigt werden.

Abschnitt 4.6.4 - Schutz gegen Gefahren durch Bewegungen

Bei Konstruktionen, die empfindlich sind oder durch Bewegungen beschädigt werden können, sind elektrische Anlagen oder Teile elektrischer Anlagen so konzipiert, dass sie Verformungen ohne Beschädigung aufnehmen können.

Teil 5 - Wahl und Einsatz von Betriebsmitteln

KAPITEL 5.1 - GEMEINSAME REGELN FÜR ALLE BETRIEBSMITTEL	66
Abschnitt 5.1.1 - Allgemeines.....	66
Unterabschnitt 5.1.1.1 - Sicherheitsziele	66
Unterabschnitt 5.1.1.2 - Allgemeines über Brandverhütungsmaßnahmen.....	66
Abschnitt 5.1.2 - Anwendungsbereich.....	66
Abschnitt 5.1.3 - Konformität mit den Normen.....	66
Unterabschnitt 5.1.3.1 - Allgemeines	66
Unterabschnitt 5.1.3.2 - Ausnahme.....	66
Abschnitt 5.1.4 - Wahl und Benutzung je nach äußeren Einflüssen	67
Abschnitt 5.1.5 - Zugänglichkeit von elektrischen Betriebsmitteln	67
Unterabschnitt 5.1.5.1 - Elektrische Maschinen und Geräte	67
Unterabschnitt 5.1.5.2 - Elektrische Leitungen	67
Abschnitt 5.1.6 - Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel.....	67
KAPITEL 5.2 - ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR LEITUNGEN	67
Abschnitt 5.2.1 - Allgemeines.....	67
Abschnitt 5.2.2 - Verlegearten.....	67
Abschnitt 5.2.3 - Wahl und Benutzung von Leitungen je nach äußeren Einflüssen	71
Unterabschnitt 5.2.3.1 - Umgebungstemperatur (AA).....	71
Unterabschnitt 5.2.3.2 - Auftreten von Wasser (AD)	71
Unterabschnitt 5.2.3.3 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigten Substanzen (AF)	71
.....	71
Unterabschnitt 5.2.3.4 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG)	72
Unterabschnitt 5.2.3.5 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)	72
Unterabschnitt 5.2.3.6 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und	72
Anwesenheit von Tieren (AL).....	72
Unterabschnitt 5.2.3.7 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende	72
Einflüsse (AM) und Sonnenstrahlung (AN).....	72
Unterabschnitt 5.2.3.8 - Schutz gegen elektrischen Schlag (BB und BC)	72
Unterabschnitt 5.2.3.9 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE), der	72
Baustoffe (CA) und der Gebäudestruktur (CB)	72
Abschnitt 5.2.4 - Strombelastbarkeit - Überstromschutz - Leiterquerschnitt	72
Unterabschnitt 5.2.4.1 - Allgemeines	72
Unterabschnitt 5.2.4.2 - Schutz von blanken Leitern, die nicht zu Freileitungen	73
gehören.....	73
Abschnitt 5.2.5 - Spannungsänderung.....	73
Abschnitt 5.2.6 - Verbindungen	73
Abschnitt 5.2.7 - Wahl und Gebrauch zur Begrenzung der Brandausbreitung.....	73
Unterabschnitt 5.2.7.1 - Allgemeines	73
Unterabschnitt 5.2.7.2 - Einzeln verlegte isolierte Leiter und Kabel	73
Unterabschnitt 5.2.7.3 - In Bündeln oder in ebener Anordnung verlegte isolierte Leiter	74
und Kabel	74
Unterabschnitt 5.2.7.4 - Elektroinstallationsrohre, Kabelschächte, Kabelrinnen,	74
Kabelwannen und ähnliche Betriebsmittel	74
Abschnitt 5.2.8 - Vorhandensein anderer Leitungen	74
Abschnitt 5.2.9 - Elektroinstallationsrohre aus magnetischem Metall	74
Abschnitt 5.2.10 - Besondere Regeln für verschiedene Verlegearten	74
Unterabschnitt 5.2.10.1 - Freileitungen.....	74
Unterabschnitt 5.2.10.2 - Unterirdische elektrische Leitungen.....	74

KAPITEL 5.3 - ELEKTRISCHE SCHALTGERÄTE (SCHUTZ, STEUERUNG, TRENnung UND ÜBERWACHUNG)	76
Abschnitt 5.3.1 - Allgemeines	76
Abschnitt 5.3.2 - Wahl und Einsatz von elektrischen Maschinen und Geräten je nach äußeren Einflüssen	77
Unterabschnitt 5.3.2.1 - Umgebungstemperatur (AA)	77
Unterabschnitt 5.3.2.2 - Auftreten von Wasser (AD)	77
Unterabschnitt 5.3.2.3 - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)	77
Unterabschnitt 5.3.2.4 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigten Substanzen (AF)	78
Unterabschnitt 5.3.2.5 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG)	78
Unterabschnitt 5.3.2.6 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)	78
Unterabschnitt 5.3.2.7 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL)	78
Unterabschnitt 5.3.2.8 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM) und Sonnenstrahlung (AN)	78
Unterabschnitt 5.3.2.9 - Fähigkeiten von Personen (BA)	79
Unterabschnitt 5.3.2.10 - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB)	79
Unterabschnitt 5.3.2.11 - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC)	79
Unterabschnitt 5.3.2.12 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE)	79
Unterabschnitt 5.3.2.13 - Baustoffe (CA)	79
Unterabschnitt 5.3.2.14 - Gebäudestruktur (CB)	79
Abschnitt 5.3.3 - Arten der Steuerung und Abschaltung	80
Unterabschnitt 5.3.3.1 - Sicherheitsabschaltung	80
Unterabschnitt 5.3.3.2 - Erdung	82
Unterabschnitt 5.3.3.3 - Betriebsmäßige Schaltung	82
Unterabschnitt 5.3.3.4 - Gleichzeitige Funktionen	83
Unterabschnitt 5.3.3.5 - Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen für Überstrom-Schutzeinrichtungen	83
Abschnitt 5.3.4 - Messkreise	84
Unterabschnitt 5.3.4.1 - Allgemeines	84
Unterabschnitt 5.3.4.2 - Spannungsmesskreise	84
Unterabschnitt 5.3.4.3 - Strommesskreise	84
KAPITEL 5.4 - ERDUNG, SCHUTZLEITER UND POTENTIALAUSGLEICHVERBINDUNGEN	85
Abschnitt 5.4.1 - Allgemeine Anforderungen	85
Unterabschnitt 5.4.1.1 - Allgemeines	85
Unterabschnitt 5.4.1.2 - Widerstand gegen mechanische und chemische Einflüsse	85
Unterabschnitt 5.4.1.3 - Widerstand gegen die thermische Wirkung von Fehlerströmen	85
Abschnitt 5.4.2 - Erstellung von Erdern	87
Unterabschnitt 5.4.2.1 - Allgemeines	87
Unterabschnitt 5.4.2.2 - Eigenschaften	88
Unterabschnitt 5.4.2.3 - Gesamterdung	89
Abschnitt 5.4.3 - Erstellung von Schutzleitern	90
Unterabschnitt 5.4.3.1 - Art der Leiter	90
Unterabschnitt 5.4.3.2 - Mindestquerschnitt von Leitern	90
Unterabschnitt 5.4.3.3 - Installation von Leitern	91
Unterabschnitt 5.4.3.4 - Kennzeichnung von Leitern	91
Unterabschnitt 5.4.3.5 - Anschluss von Leitern an elektrische Betriebsmittel	91

Kapitel 5.1 - Gemeinsame Regeln für alle Betriebsmittel

Abschnitt 5.1.1 - Allgemeines

Unterabschnitt 5.1.1.1 - Sicherheitsziele

Elektrische Betriebsmittel müssen so gewählt und installiert werden, dass sie Folgendem genügen:

- den Vorschriften des vorliegenden Buches,
- den Bedingungen der vorhersehbaren äußeren Einflüsse,

sodass Personen und Güter nicht gefährdet werden.

Unterabschnitt 5.1.1.2 - Allgemeines über Brandverhütungsmaßnahmen

Elektrische Betriebsmittel werden so gewählt und installiert, dass von ihnen keine Gefahr für Personen einerseits und für umgebende Gegenstände und Materialien andererseits ausgeht. Besondere Aufmerksamkeit muss den Anschlüssen und Verbindungen der elektrischen Betriebsmittel gewidmet werden.

Elektrische Betriebsmittel werden so angeordnet und installiert, dass die Ableitung der von den elektrischen Betriebsmitteln bei bestimmungsgemäßem Betrieb erzeugten Wärme nicht behindert wird.

Wenn die natürliche Belüftung nicht ausreicht, um eine übermäßige Wärmekonzentration zu verhindern, wird ein geeignetes Wärmeabzugssystem vorgesehen.

Im Zusammenhang mit dem Brandschutz werden in *Abschnitt 4.3.3* zusätzliche Regeln bestimmt.

Abschnitt 5.1.2 - Anwendungsbereich

Diese Vorschriften gelten für elektrische Hochspannungsbetriebsmittel, mit Ausnahme von Hochspannungsverbrauchsgeräten mit begrenzter Leistung, die über Niederspannung versorgt werden (siehe *Buch 1*).

Abschnitt 5.1.3 - Konformität mit den Normen

Unterabschnitt 5.1.3.1 - Allgemeines

Die Grundprinzipien für elektrische Betriebsmittel werden in *Abschnitt 1.4.2* bestimmt.

Bei elektrischen Betriebsmitteln wird davon ausgegangen, dass sie die erforderliche Sicherheit bieten:

- wenn sie die Kriterien des Wirtschaftsgesetzbuches, Buch IX, Sicherheit von Produkten und Diensten, was das Inverkehrbringen von nicht geregelten elektrischen Betriebsmitteln betrifft, und seiner Durchführungsrechtsakte erfüllen,
- oder wenn sie Teil einer Baugruppe sind, die erfolgreich Prüfungen des Isolationspegels unterzogen wurde, und mit einem Leistungsschild versehen sind, auf dem die bei diesen Prüfungen angelegten Spannungen angegeben sind. Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister legen, jeweils für ihren Bereich, gegebenenfalls von Fall zu Fall durch Erlass die Bedingungen für diese Prüfungen fest.

Unterabschnitt 5.1.3.2 - Ausnahme

Wenn Hochspannungsbetriebsmittel nicht den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.1.3.1* entsprechen, sind sie so entworfen, gebaut und aufgestellt, dass die Luftstrecke zwischen blanken unter Spannung stehenden Teilen, zwischen diesen Teilen und Körper oder zwischen blanken unter Spannung stehenden Teilen desselben Außenleiters, wenn sie in geöffneter Stellung getrennt sind, mindestens Folgendem entspricht:

$$d = 50 + 6,75 (U_N - 1)$$

Dabei ist:

- d die oben erwähnte Luftstrecke in mm,
- U_N die Nennspannung zwischen Außenleitern des Geräts, ausgedrückt in kV und auf die nächsthöhere Einheit aufgerundet.
- Wenn blanke Oberflächen durch einen oder mehrere andere Isolierstoffe als Luft, einschließlich Vakuum, isoliert sind, entspricht der Isolationspegel, der sich aus den kleinsten Abständen zwischen den im vorhergehenden Absatz erwähnten Teilen ergibt, mindestens demjenigen, der durch die Luftstrecken, die sich durch Anwendung der Formel im vorhergehenden Absatz ergeben, erreicht wird.

Abschnitt 5.1.4 - Wahl und Benutzung je nach äußeren Einflüssen

Wahl und Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln richten sich nach vorhandenen äußeren Einflüssen. Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, zusätzliche Bedingungen für die Wahl und Benutzung elektrischer Betriebsmittel festlegen. In Ermangelung dessen erfolgt die Wahl und Benutzung der elektrischen Betriebsmittel im Einvernehmen mit dem Vertreter der in Kapitel 6.3 erwähnten Prüfstelle.

Wenn verschiedene äußere Einflüsse gleichzeitig auftreten können, können ihre Auswirkungen unabhängig voneinander sein oder sich gegenseitig beeinflussen und in diesem Fall die Wahl der Schutzart ändern.

Wenn elektrische Betriebsmittel jedoch bauartbedingt nicht die geforderten Eigenschaften aufweisen, dürfen sie verwendet werden, sofern sie zum Zeitpunkt der Installation mit einem zusätzlichen Schutz versehen werden, der ihnen gleichwertige Eigenschaften verleiht. Dieser zusätzliche Schutz darf die Funktionstüchtigkeit der so geschützten elektrischen Betriebsmittel nicht beeinträchtigen.

Abschnitt 5.1.5 - Zugänglichkeit von elektrischen Betriebsmitteln

Unterabschnitt 5.1.5.1 - Elektrische Maschinen und Geräte

Elektrische Maschinen und Geräte sind so entworfen und installiert, dass sie leicht bedient, überwacht und instand gehalten werden können und ihre Verbindungen leicht zugänglich sind. Diese Anforderung bleibt bestehen, wenn Maschinen und elektrische Geräte in Umhüllungen oder Umhüllungsunterteilungen installiert sind.

Unterabschnitt 5.1.5.2 - Elektrische Leitungen

Elektrische Leitungen werden so verlegt, dass ihre Isolierung jederzeit, falls erforderlich nach Abschaltung, gemessen und eventuelle Fehler geortet sowie die genaue Art zufälliger Fehler festgestellt werden können.

Abschnitt 5.1.6 - Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel

Verteiler- und Schaltgerätekombinationen und elektrische Maschinen und Geräte sind deutlich, auffällig und wischfest individuell gekennzeichnet, es sei denn, eine Verwechslung ist ausgeschlossen.

Kapitel 5.2 - Zusätzliche Regeln für Leitungen

Abschnitt 5.2.1 - Allgemeines

Elektrische Leitungen werden nach den entsprechenden Regeln des Fachs verlegt.

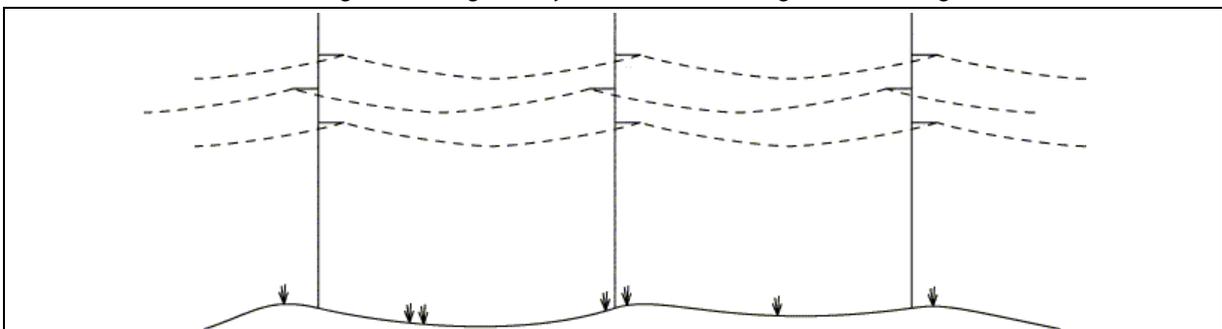
Der Identifizierungscode für elektrische Leitungen ist in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm angegeben oder entspricht Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Abschnitt 5.2.2 - Verlegearten

Elektrische Leitungen können je nach ihrer Beschaffenheit auf folgende Arten verlegt werden:

a. als Freileitungen:

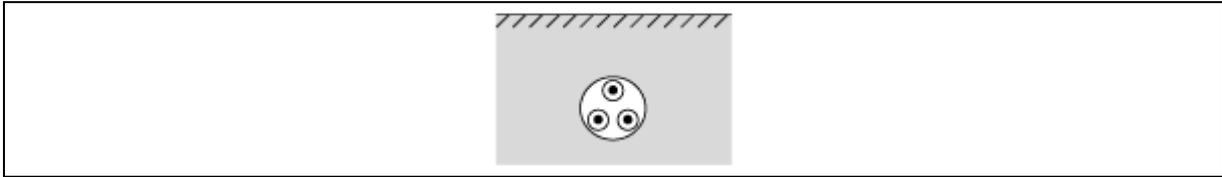
Abbildung 5.1 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Freileitungen



b. als unterirdische elektrische Leitungen:

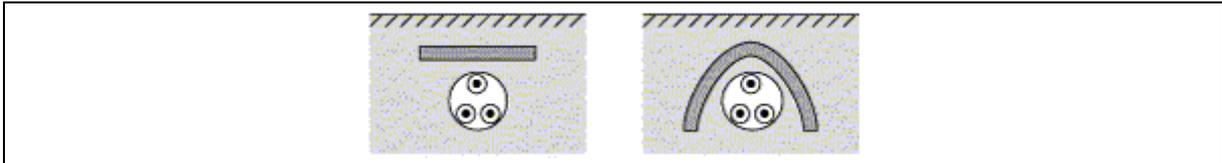
b.1 - Direkt erdverlegt

Abbildung 5.2 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkt erdverlegte elektrische Leitungen



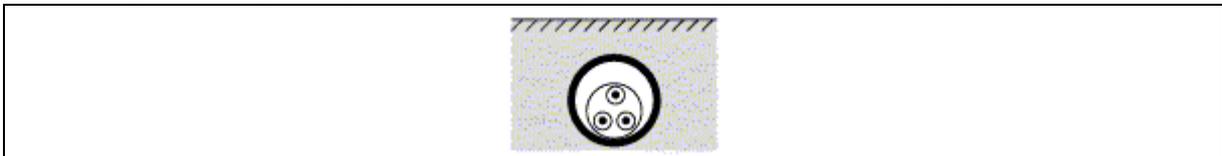
b.2 - Erdverlegt mit mechanischem Schutz

Abbildung 5.3 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Erdverlegte elektrische Leitungen mit mechanischem Schutz



b.3 - Erdverlegt in Kabelrohren

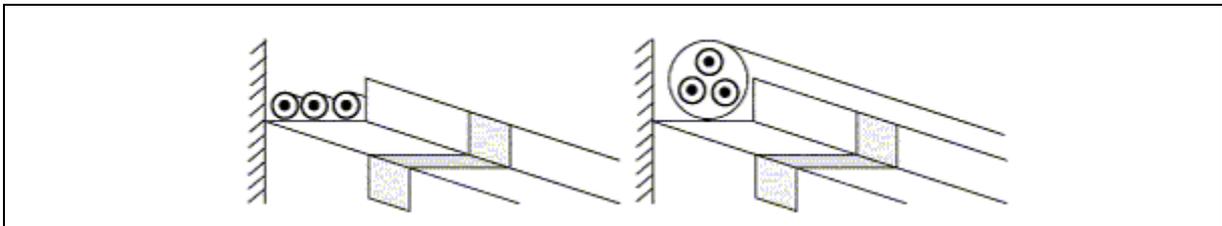
Abbildung 5.4 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Erdverlegte elektrische Leitungen in einem Kabelrohr



c. im Freien oder in Kabelstollen, entweder mit direkter Befestigung mit Schellen, Klemmen oder anderen Befestigungsmitteln oder Verlegung anhand von Kabelwannen, Kabelleitern, Kabelpritschen, Auslegern oder ähnlichen Trägern:

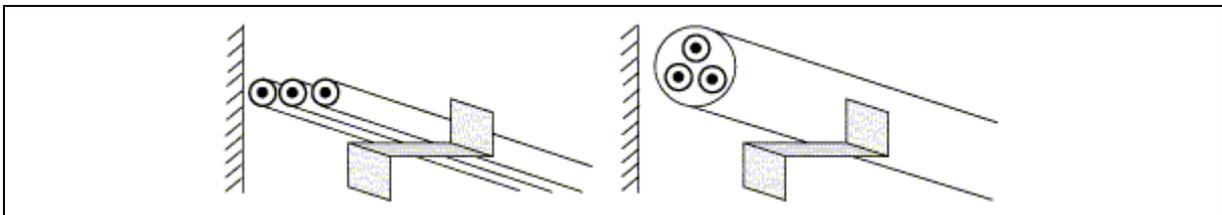
c.1 - Kabelwannen

Abbildung 5.5 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelwannen



c.2 - Ausleger

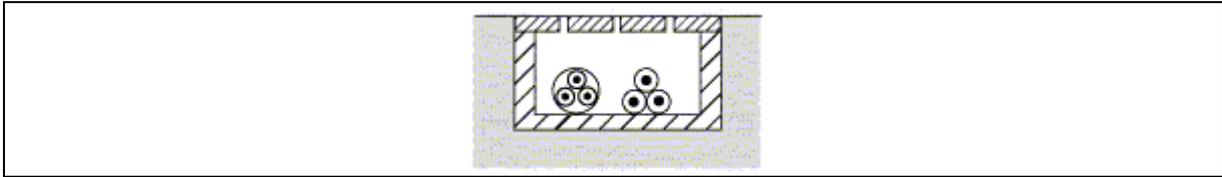
Abbildung 5.6 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Ausleger



d. in offenen, geschlossenen oder sandgefüllten Kabelkanälen:

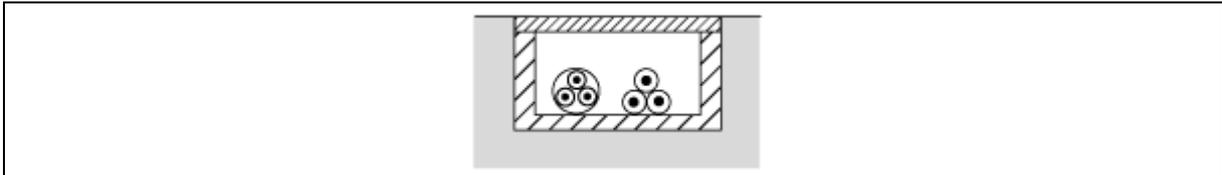
d.1 - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen

Abbildung 5.7 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen



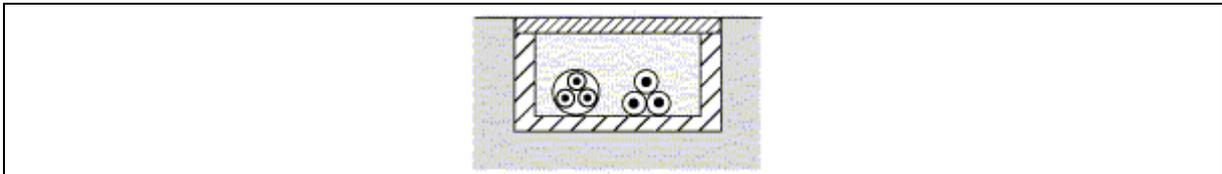
d.2 - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen

Abbildung 5.8 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen



d.3 - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen

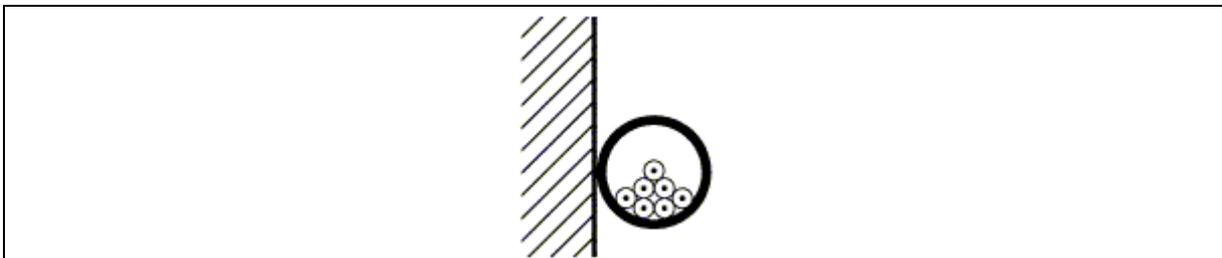
Abbildung 5.9 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen



e. in Elektroinstallationsrohren im Freien, in Kabelstollen oder Kabelkanälen, falls erforderlich mit geeigneten Befestigungsmitteln:

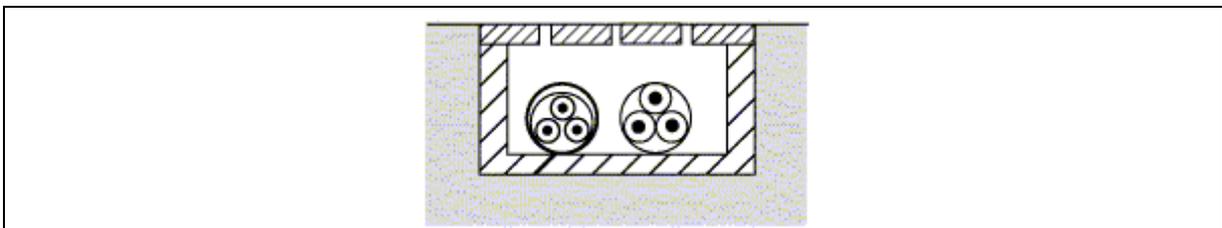
e.1 - In Elektroinstallationsrohren im Freien

Abbildung 5.10 - Verlegearten für elektrische Leitungen - In Elektroinstallationsrohren im Freien



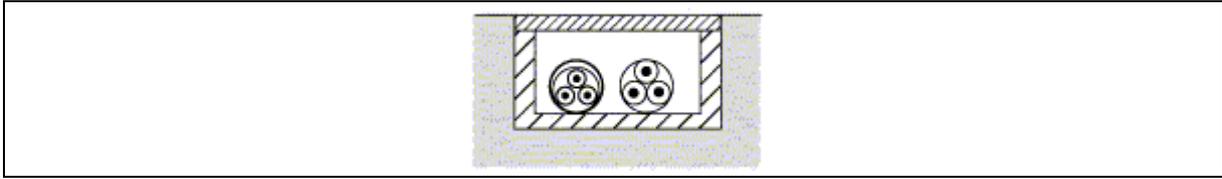
e.2 - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen

Abbildung 5.11 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen



e.3 - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen

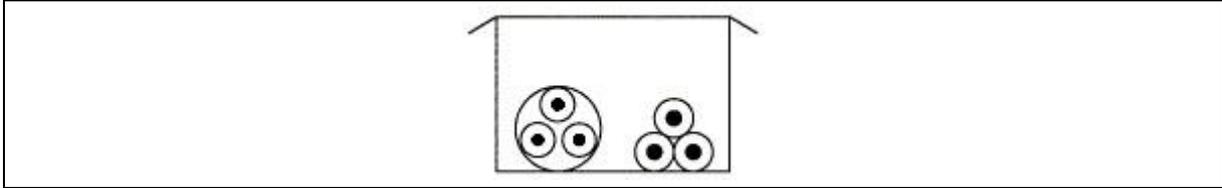
Abbildung 5.12 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen



f. in Kabelschächten und Kabelrinnen:

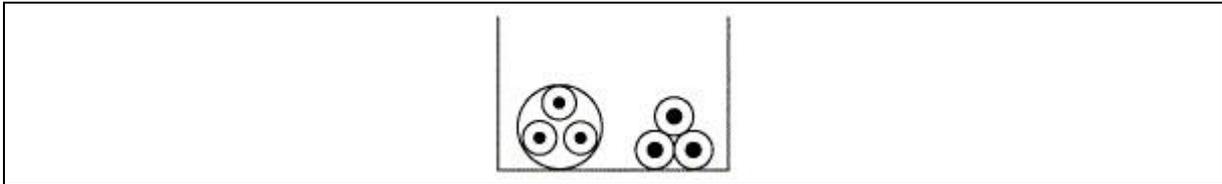
f.1 - Kabelschacht

Abbildung 5.13 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschacht



f.2 - Kabelrinne

Abbildung 5.14 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelrinne

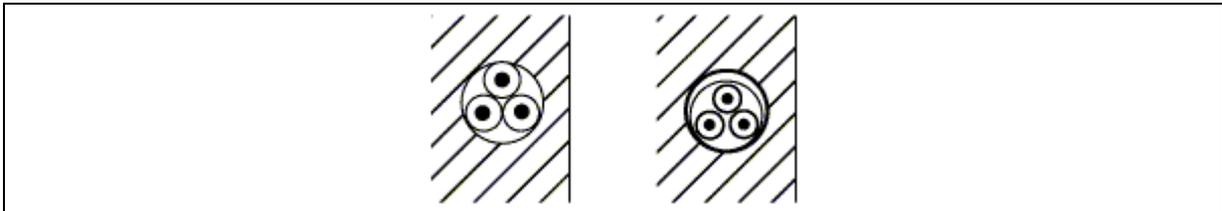


g. in einem Kabelschutz,

h. in baulichen Hohlräumen:

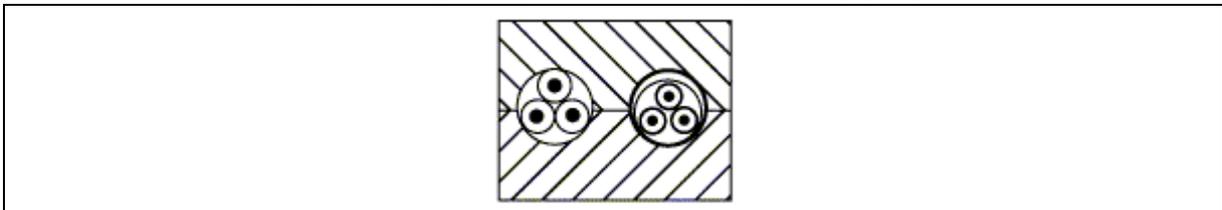
h.1 - Aussparungen

Abbildung 5.15 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aussparungen



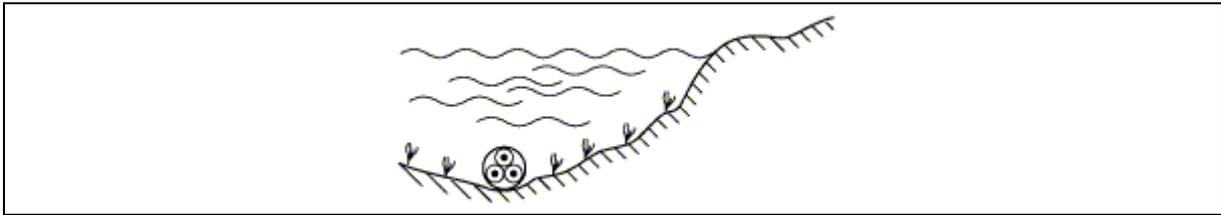
h.2 - Vorgefertigte Blöcke

Abbildung 5.16 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Vorgefertigte Blöcke



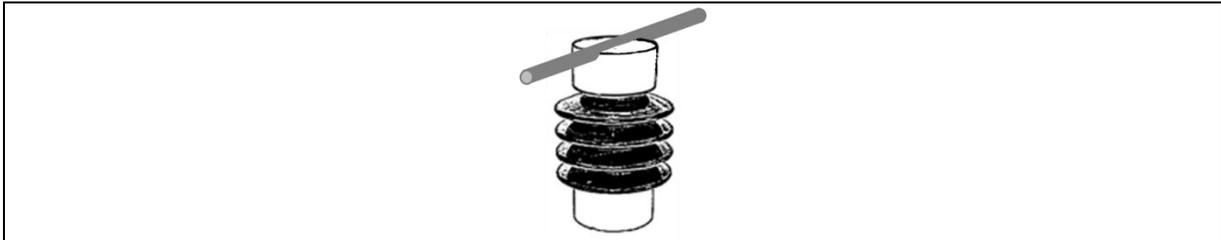
i. unter Wasser:

Abbildung 5.17 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unter Wasser



j. auf Isolatoren:

Abbildung 5.18 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Auf Isolatoren



Andere Verlegearten für elektrische Leiter und Leitungen entsprechen den diesbezüglichen Regeln des Fachs.

Abschnitt 5.2.3 - Wahl und Benutzung von Leitungen je nach äußeren Einflüssen

Unterabschnitt 5.2.3.1 - Umgebungstemperatur (AA)

Elektrische Leitungen müssen so gewählt und verlegt werden, dass sie für die niedrigste und höchste örtliche Umgebungstemperatur geeignet sind.

Teile elektrischer Leitungen, einschließlich Kabel und deren Zubehör, dürfen nur innerhalb des in den entsprechenden Produktnormen festgelegten oder vom Hersteller angegebenen Temperaturbereichs verlegt oder verarbeitet werden.

Darüber hinaus werden für Temperaturen unter -25°C besondere Vorkehrungen (Wärmedämmung, mechanischer Schutz, starre Befestigung, ...) getroffen.

Unterabschnitt 5.2.3.2 - Auftreten von Wasser (AD)

Elektrische Leitungen müssen so gewählt und verlegt werden, dass keine Schäden durch Kondenswasser oder eindringendes Wasser verursacht werden. Die IP-Schutzart elektrischer Leitungen muss nach Abschluss der Verlegung den äußeren Einflüssen des jeweiligen Bereichs genügen.

Wo sich Wasser in elektrischen Leitungen ansammeln oder wo Wasser in elektrischen Leitungen kondensieren kann, muss sichergestellt werden, dass es abgeleitet wird.

Unterabschnitt 5.2.3.3 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF)

Wenn die Menge an korrosiven oder verunreinigenden Substanzen vernachlässigbar ist (AF1), sind alle Arten von elektrischen Leitungen zugelassen, die den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Wenn elektrische Leitungen an einem Ort verlegt werden, an dem korrosive oder verunreinigende Substanzen atmosphärischen Ursprungs vorhanden sind (AF2), können sie vom Typ her eine Salzsprühnebelprüfung bestehen, wie sie entweder in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder in Bestimmungen bestimmt ist, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Wenn elektrische Leitungen an einem Ort verlegt werden, an dem sie zeitweise oder zufällig der Einwirkung üblicherweise verwendeter chemischer oder korrosiver Produkte (AF3) ausgesetzt sind, können sie vom Typ her eine Korrosionsbeständigkeitsprüfung bestehen, wie sie entweder in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder in Bestimmungen bestimmt ist, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Wenn elektrische Leitungen an einem Ort verlegt werden, an dem sie dauernd (AF4) der Einwirkung korrosiver oder verunreinigender chemischer Produkte ausgesetzt sind, sind sie entsprechend der Art der betreffenden Produkte eigens konzipiert.

Unterabschnitt 5.2.3.4 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG)

Elektrische Leitungen verfügen über einen mechanischen Schutz, der den vorhersehbaren Beanspruchungen entspricht.

Unterabschnitt 5.2.3.5 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)

Wenn elektrische Leitungen mittleren (AH2) oder starken (AH3) Schwingungen ausgesetzt sind, sind sie eigens dafür konzipiert oder es werden besondere Vorkehrungen für diese Leitungen getroffen.

Unterabschnitt 5.2.3.6 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL)

Maßnahmen, die gegen Pflanzen ergriffen werden müssen, hängen von der Art der Pflanzen und den örtlichen Bedingungen ab; das Risiko ist entweder auf eine schädliche Entwicklung von Pflanzen oder auf die Üppigkeit der Vegetation zurückzuführen.

Gegen Tiere müssen je nach Fall folgende Schutzmaßnahmen ergriffen werden:

- angemessener Schutz gegen das Eindringen von Festkörpern,
- ausreichende mechanische Festigkeit, metallische Bewehrung,
- Vorkehrungen zur Vermeidung des Auftretens dieser Tiere wie Reinigung, Einsatz von Pestiziden, ...

Unterabschnitt 5.2.3.7 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM) und Sonnenstrahlung (AN)

Falls anwendbar, müssen die Maßnahmen von Unterabschnitt 5.3.2.8 berücksichtigt werden.

Unterabschnitt 5.2.3.8 - Schutz gegen elektrischen Schlag (BB und BC)

Für den Schutz gegen elektrischen Schlag zu berücksichtigende äußere Einflüsse sind die in *Abschnitt 2.4.1 Tabelle 2.3* bestimmten äußeren Einflüsse in Zusammenhang mit dem Zustand des menschlichen Körpers und die in *Abschnitt 2.10.13* bestimmten äußeren Einflüsse in Zusammenhang mit dem Kontakt von Personen mit dem Erdpotential.

Unterabschnitt 5.2.3.9 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE), der Baustoffe (CA) und der Gebäudestruktur (CB)

Zu berücksichtigende äußere Einflüsse werden bestimmt:

- in *Abschnitt 2.10.15*, was die Art der verarbeiteten oder gelagerten Stoffe betrifft,
- in *Abschnitt 2.10.16*, was Baustoffe betrifft,
- in *Abschnitt 2.10.17*, was die Gebäudestruktur betrifft.
 - Für die Wahl elektrischer Leitungen zu beachtende Vorschriften werden aufgeführt:
- in den *Abschnitten 4.3.3* und *5.2.7*, was Brandschutzvorkehrungen betrifft,
- in *Unterabschnitt 7.1.8.4*, was Vorkehrungen gegen Explosionsgefahr betrifft.

Abschnitt 5.2.4 - Strombelastbarkeit - Überstromschutz - Leiterquerschnitt

Unterabschnitt 5.2.4.1 - Allgemeines

In Bezug auf Überstromschutz anzuwendende Regeln werden in *Kapitel 4.4* "Elektrischer Überstromschutz" bestimmt.

Aktive Leiter elektrischer Leitungen sind gegen Überstrom geschützt, es sei denn, sie sind an eine Quelle angeschlossen, deren Impedanz den Maximalstrom auf einen Wert beschränkt, der höchstens der Strombelastbarkeit der elektrischen Leitungen entspricht.

Wenn zwingende Gründe der Sicherheit es erfordern, ist es erlaubt, auf einen Schutz gegen Überstrom als Folge von Kurzschlüssen zu verzichten, und ist es verboten, eine Überlast-Schutzeinrichtung auf den elektrischen Leitungen anzubringen, die elektrische Maschinen oder Geräte versorgen, deren unvermittelter Stillstand ernste Gefahren oder Folgen mit sich bringen könnte. Es handelt sich beispielsweise um Erregerkreise von Motoren, Ankerkreise von Wechselstrommaschinen, Sekundärkreise von Transformatoren, ... Die Querschnitte der Leiter für diese Stromkreise werden gemäß den Regeln des Fachs gewählt.

Unterabschnitt 5.2.4.2 - Schutz von blanken Leitern, die nicht zu Freileitungen gehören

Es werden keine besonderen Schutzmaßnahmen gegen Überstrom zur Vermeidung einer Erwärmung von Sammelschienen und ihrer blanken Abzweigungen in Umspannwerken, Transformatorstationen oder Schaltschränken vorgesehen, sofern die Abmessungen der Sammelschienen und Abzweige so gewählt sind, dass sie den thermischen und mechanischen Beanspruchungen durch Kurzschlussströme, die sie durchfließen können, standhalten. In dieser Hinsicht entsprechen ihre Abmessungen den folgenden Vorschriften:

1. In thermischer Hinsicht werden ihre Querschnitte nach den Regeln des Fachs berechnet. Sie hängen ab:
 - von der Art und den Eigenschaften des Metalls des Leiters (Dichte, Wärmekapazität und Resistivität),
 - von der maximalen Betriebstemperatur des Leiters,
 - von der maximalen Erwärmung des Leiters, die auf 250 °C festgelegt ist.

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Berechnung des Querschnitts von blanken Leitern, die nicht zu Freileitungen gehören, festlegen.

2. In mechanischer Hinsicht hält die gesamte Struktur, das heißt Profil, Anordnung und Befestigung, den Anziehungs-, Abstoßungs- und Resonanzkräften, die durch den maximalen Kurzschlussstrom (Spitzenwert) verursacht werden, stand:

$$I_c = 2,5 \cdot I_{\text{eff}}$$

Dabei ist I_c der Spitzenwert.

Abschnitt 5.2.5 - Spannungsänderung

Spannungsänderungen in elektrischen Leitungen müssen auf die in den Regeln des Fachs beschriebenen Werte begrenzt werden.

Abschnitt 5.2.6 - Verbindungen

Verbindungsstellen zwischen verschiedenen Abschnitten eines Kabels oder zwischen einem Kabel und einer Stromleitung sind mindestens so gut isoliert und hermetisch abgedichtet wie das Kabel selbst, und zwar nach den Regeln des Fachs.

Abschnitt 5.2.7 - Wahl und Gebrauch zur Begrenzung der Brandausbreitung

Unterabschnitt 5.2.7.1 - Allgemeines

Folgende Leiter müssen die Anforderungen der *Unterabschnitte* 5.2.7.2 und 5.2.7.3 nicht erfüllen:

1. isolierte Leiter, die Bestandteil eines Kabels sind,
2. isolierte Leiter und Kabel der Stromkreise einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Geräts, für die in ihrer Gesamtheit eine Produktnorm vorliegt,
3. isolierte Leiter und Kabel, die an Orten mit normaler Feuergefahr verlegt sind,
4. isolierte Leiter und Kabel, die (einzeln oder in Bündeln/in ebener Anordnung) nach folgenden Verlegearten verlegt sind:
 - Freileitungen mit isolierten Leitern,
 - Kabel in sandgefüllten Kabelkanälen,
 - unterirdische Kabel.

Unterabschnitt 5.2.7.2 - Einzel verlegte isolierte Leiter und Kabel

Einzel verlegte isolierte Leiter und Kabel weisen mindestens die Eigenschaft F1 auf oder gehören mindestens der Klasse E_{ca} an (siehe Eigenschaften und Klassen in *Unterabschnitt* 4.3.3.4).

Diese Vorschrift gilt nicht für isolierte Leiter und Kabel, bei deren Verlegung ein Material (zum Beispiel zur Umhüllung, Abdeckung, ...) verwendet wird, das diesen isolierten Leitern und Kabeln eine mindestens F1 gleichwertige Eigenschaft oder mindestens die Klasse E oder E_L verleiht (siehe Eigenschaften und Klassen in *Unterabschnitt* 4.3.3.4).

Isolierte Leiter und Kabel, die nicht die Eigenschaft F1 aufweisen oder die nicht mindestens der Klasse E_{ca} angehören, müssen entweder gemäß *Nr. 3* und *4* der in *Unterabschnitt* 5.2.7.1 erwähnten Ausnahmen oder gemäß der im vorhergehenden Absatz erwähnten Ausnahme verlegt werden.

Isolierte Leiter und Kabel, die zu einem bestehenden Trägersystem hinzugefügt werden, werden unter Berücksichtigung der Platzierung bestehender isolierter Leiter und Kabel gewählt und verlegt (einzeln oder in Bündeln/in ebener Anordnung) und weisen die passenden Eigenschaften auf oder gehören den passenden

Klassen an, wie in den *Unterabschnitten* 5.2.7.2 bzw. 5.2.7.3 festgelegt.

Unterabschnitt 5.2.7.3 - In Bündeln oder in ebener Anordnung verlegte isolierte Leiter und Kabel

In Bündeln oder in ebener Anordnung verlegte isolierte Leiter und Kabel weisen mindestens die Eigenschaft F2 auf oder gehören mindestens der Klasse C_{ca} an (siehe Eigenschaften und Klassen in *Unterabschnitt* 4.3.3.4). Diese Vorschrift gilt unabhängig von der Länge der Strecke, über die isolierte Leiter und Kabel tatsächlich in Bündeln oder in ebener Anordnung verlegt werden.

Diese Vorschrift gilt nicht:

1. für isolierte Leiter und Kabel, bei deren Verlegung ein Material (zum Beispiel zur Umhüllung, Abdeckung, ...) verwendet wird, das diesen isolierten Leitern und Kabeln eine mindestens F2 gleichwertige Eigenschaft oder mindestens die Klasse C oder C_L verleiht (siehe Eigenschaften und Klassen in *Unterabschnitt* 4.3.3.4),
2. für die interne Verkabelung in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, sofern sie mindestens die Eigenschaft F1 aufweist oder mindestens der Klasse E_{ca} angehört.

Isolierte Leiter und Kabel, die nicht die Eigenschaft F2 aufweisen oder die nicht mindestens der Klasse C_{ca} angehören, müssen entweder gemäß *Nr. 3* und *4* der in *Unterabschnitt* 5.2.7.1 erwähnten Ausnahmen oder gemäß *Nr. 1* der im vorhergehenden Absatz erwähnten Ausnahmen verlegt werden.

Unterabschnitt 5.2.7.4 - Elektroinstallationsrohre, Kabelschächte, Kabelrinnen, Kabelwannen und ähnliche Betriebsmittel

Elektroinstallationsrohre, Kabelschächte, Kabelrinnen, Kabelwannen und ähnliche Betriebsmittel dürfen nicht zur Flammenausbreitung beitragen. Sie müssen den vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Abschnitt 5.2.8 - Vorhandensein anderer Leitungen

In der Nähe von Gasleitungen werden die erforderlichen Maßnahmen getroffen, um Gasansammlungen in Revisions- oder Kontrollschächten zu vermeiden. In einer derartigen Umgebung wird die Verwendung von Kabelrohren zum Schutz bewehrter unterirdischer Kabel vermieden. Wenn ein solcher Schutz jedoch aufgrund der Umstände erforderlich ist, werden erforderliche Maßnahmen getroffen, um Gasansammlungen zu vermeiden.

Abschnitt 5.2.9 - Elektroinstallationsrohre aus magnetischem Metall

Elektrische Leitungen, die zum selben Wechselstromkreis gehören, werden zusammen im selben Elektroinstallationsrohr verlegt, wenn dieses aus magnetischem, nicht längsgeteiltem Metall besteht.

Abschnitt 5.2.10 - Besondere Regeln für verschiedene Verlegearten

Unterabschnitt 5.2.10.1 - Freileitungen

Was spezifische Regeln für die Installation von Freileitungen betrifft, gelten die Vorschriften von Buch 3 *Kapitel* 7.1.

Unterabschnitt 5.2.10.2 - Unterirdische elektrische Leitungen

a. Allgemeines

Mit Ausnahme unabhängiger Schutzleiter (PE) dürfen nur Kabel in der Erde und in unzugänglichen unterirdischen Kabelrohren verlegt werden, die den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Kabel werden in einer Mindesttiefe von 0,60 m, gemessen von der Bodenoberfläche (Erdoberfläche, Oberseite der Pflastersteine oder des Straßenbelags, ...), verlegt, sofern dies aus technischen Gründen nicht unmöglich ist.

Wenn eine Verlegung in 0,60 m Tiefe nicht möglich ist, besteht der Schutz aus einem durchgehenden Kabelrohr oder einem abgedichteten, ummantelten oder beschichteten Kabelrohr aus dauerhaftem und widerstandsfähigem Material, nach den diesbezüglichen Regeln des Fachs, oder aus einem gleichwertigen System, das ausreichenden Schutz gegen die Ursachen mechanischer Beschädigungen bietet.

Bei Gleichstrom-Hochspannungsleitungen und bei Wechselstrom-Hochspannungsleitungen der Kategorie 2 erfolgt die Verlegung jedoch in 1,00 m Tiefe. Unterirdische Gleichstrom-Hochspannungsleitungen und unterirdische Wechselstrom-Hochspannungsleitungen der Kategorie 2, die vor dem 1. Januar 1983 verlegt wurden, dürfen in einer Tiefe von mindestens 0,60 m beibehalten werden.

Unterirdische Kabel werden über ihre gesamte Länge mit einem dauerhaften und widerstandsfähigen Material abgedeckt, das bei Ausschachtungsarbeiten Schutz vor Werkzeugen bietet. Diese Abdeckung bildet an beiden Seiten einen Vorsprung über dem Kabel; sie ist ohne durchgehende Längsfugen über dem Kabel ausgeführt.

Kabel sind mit einem geerdeten elektrischen Schutzschirm versehen; bei bewehrten Kabeln kann die Bewehrung zu diesem Zweck dienen. Die Schutzeinrichtungen und die Abschnitte des elektrischen Schutzschirms sind so aufeinander abgestimmt, dass elektrische Leitungen ausreichend gegen Schäden geschützt sind, die durch Erd- oder Kurzschlüsse verursacht werden können.

Unterirdische Gleichstrom-Hochspannungskabel und unterirdische Wechselstrom-Hochspannungskabel der Kategorie 2 müssen anhand eines korrosionsbeständigen Warnbands signalisiert werden, das mindestens 10 cm über dem betreffenden Kabel angebracht wird.

In Bezug auf den Schutz gegen direktes und indirektes Berühren sind neben den weiter oben beschriebenen Bedingungen keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

b. Mauer- und Wanddurchführungen

Wenn bei der Verlegung von unterirdischen Kabeln Mauern oder Wände durchbohrt werden müssen, wird nach Verlegung das Loch sorgfältig abgedichtet.

c. Vorhandensein unterirdischer Telekommunikationskabel und Kreuzung mit solchen Kabeln

c.1 - Allgemeine Bestimmung

In der Nähe zu unterirdischen Telekommunikationskabeln und an Kreuzungen mit solchen Kabeln werden Energiekabel so verlegt, dass sie sich überall in einem Abstand von mindestens 0,50 m zu den zum Zeitpunkt der Verlegung vorhandenen Telekommunikationskabeln befinden.

Wenn eine solche Anordnung nicht möglich ist, kann von den zuständigen Ministern oder den von ihnen zu diesem Zweck bestimmten Beamten eine Abweichung gewährt werden. In diesem Fall trifft derjenige, der eine elektrische Leitung verlegt, in Absprache mit dem Eigentümer des Telekommunikationskabels geeignete Maßnahmen, um spätere Fehler bei der Identifizierung der Kabel auszuschließen, Schäden zu verhindern und Telekommunikationsstörungen und Gefahren, die durch die gewährte Abweichung entstehen können, zu vermeiden.

c.2 - Versetzung von Telekommunikations- und Energiekabeln

Wenn Telekommunikations- und Energiekabel auf Antrag Dritter versetzt werden, gelten die weiter oben in *Punkt c.1* aufgeführten Abweichungsmaßnahmen.

d. Kennzeichnung

d.1 - Grundsatz

Das Vorhandensein eines Kabels wird auf sichtbare und dauerhafte Weise signalisiert. Zu diesem Zweck wird an jedem Ende gerade verlaufender Abschnitte eine Kennzeichnung angebracht. Wenn ein gerade verlaufender Abschnitt länger als zweihundert Meter ist, werden mindestens alle zweihundert Meter Zwischenkennzeichnungen angebracht. An Enden von Krümmungen werden ebenfalls Kennzeichnungen angebracht.

Bei mehr als zwanzig Meter langen Krümmungen wird in der Mitte des beschriebenen Bogens eine zusätzliche Kennzeichnung angebracht. Wenn der Abstand zwischen dieser Kennzeichnung und den Kennzeichnungen an den Enden der Krümmung mehr als fünfzig Meter beträgt, werden zusätzliche Kennzeichnungen angebracht, sodass der Abstand zwischen den Kennzeichnungen höchstens fünfzig Meter beträgt.

d.2 - Kabelbündel

Bei einem Bündel mehrerer Kabel dürfen für alle Kabel gemeinsame Kennzeichnungen verwendet werden.

d.3 - Ausnahme

Wenn es nicht möglich ist, eine Kennzeichnung über einem oder mehreren Kabeln anzubringen, wird die Kennzeichnung so nah wie möglich an der Stelle, an der das Kabel liegt/die Kabel liegen, angebracht.

Auf Privatgrundstücken werden Kennzeichnungen vorzugsweise an Grenzen von Parzellen oder an anderen Stellen angebracht, an denen sie die Nutzung von Flächen, insbesondere von landwirtschaftlichen Flächen, nicht behindern.

Es besteht keine Pflicht, das Vorhandensein von Kabeln, die von den Belgischen Eisenbahnen auf eigenen Grundstücken verlegt werden, zu signalisieren.

Zudem besteht keine Pflicht, das Vorhandensein von Kabeln, die unter einer öffentlichen Straße verlegt sind, zu signalisieren, wenn die Behörde, die diese öffentliche Straße verwaltet, sich aufgrund der besonderen Beschaffenheit des Straßenbelags ausdrücklich dem Anbringen von Kennzeichnungen auf dieser Straße widersetzt.

d.4 - Kennzeichnungen

Die verwendeten Kennzeichnungen bestehen aus dauerhaften Materialien. Ihre Oberfläche beträgt mindestens 0,01 m² und ihre kleinste Abmessung beträgt mindestens 0,08 m. Auf der sichtbaren Seite sind mindestens folgende hervortretende Reliefzeichen vorhanden:

- ein Blitz, um das Vorhandensein eines einzelnen Kabels zu signalisieren,
- zwei Blitze, um das Vorhandensein eines Bündels über- oder nebeneinander angeordneter Kabel zu signalisieren.

d.5 - Pläne unterirdischer Leitungen

Zu den Pflichten des Eigentümers siehe *Abschnitt 9.1.4*.

d.6 - Militärgelände

Die Militärbehörde kann sich aus Gründen der militärischen Sicherheit der vollständigen oder teilweisen Anwendung von Buchstabe *d* in Anlagen, die sie nutzt oder die sich auf ihrem Gebiet befinden, widersetzen.

Kapitel 5.3 - Elektrische Schaltgeräte (Schutz, Steuerung, Trennung und Überwachung)

Abschnitt 5.3.1 - Allgemeines

In vorliegendem Kapitel wird die Wahl und Ingebrauchnahme elektrischer Schaltgeräte in Bezug auf Schutz, Steuerung, Trennung und Überwachung behandelt, wobei unter anderem die in *Kapitel 2.10* bestimmten äußeren Einflüsse berücksichtigt werden:

- AA - Umgebungstemperatur,
- AD - Auftreten von Wasser,
- AE - Auftreten von festen Fremdkörpern,
- AF - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen,
- AG - Mechanische Beanspruchung durch Schläge,
- AH - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen,
- AK - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel und AL - Anwesenheit von Tieren,
- AM - elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse und AN - Sonnenstrahlung,
- BA - Fähigkeiten von Personen,
- BB - elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers,
- BC - Kontakt von Personen mit Erdpotential,
- BD - Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall,
- BE - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe,
- CA - Baustoffe,
- CB - Gebäudestruktur.

Abschnitt 5.3.2 - Wahl und Einsatz von elektrischen Maschinen und Geräten je nach äußeren Einflüssen

Unterabschnitt 5.3.2.1 - Umgebungstemperatur (AA)

Elektrische Maschinen und Geräte werden gemäß den Bestimmungen der *Tabelle 5.1* gewählt und eingesetzt, wobei die an den Einsatzorten herrschenden Temperaturen berücksichtigt werden.

Tabelle 5.1 - Eigenschaften und Einsatz von Betriebsmitteln je nach Umgebungstemperatur (AA)

Code	Umgebungstemperatur	Eigenschaften der Betriebsmittel und Einsatz
AA1	-60°C bis +5°C	Speziell ausgeführte Betriebsmittel oder geeignete Vorkehrungen
AA2	-40°C bis +5°C	
AA3	-25°C bis +5°C	
AA4	-5°C bis +40°C	Normal
AA5	+5°C bis +40°C	
AA6	+5°C bis +60°C	Speziell ausgeführte Betriebsmittel oder geeignete Vorkehrungen

Für spezifische Betriebsmittel können die in *Tabelle 5.2* erwähnten Temperaturen berücksichtigt werden.

Tabelle 5.2 - Eigenschaften und Einsatz von spezifischen Betriebsmitteln je nach Umgebungstemperatur (AA)

Code	Temperatur	Eigenschaften der Betriebsmittel und Einsatz
AA7	-15°C bis +25°C	Normale Betriebsmittel für den Einsatz im Außenbereich
AA8	-5°C bis +30°C	Normale Betriebsmittel für gewöhnlich beheizte Räumlichkeiten

Unterabschnitt 5.3.2.2 - Auftreten von Wasser (AD)

Die Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte gegen das Eindringen von Flüssigkeiten wird gemäß der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm bestimmt oder entspricht Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist, unter Berücksichtigung der Bestimmungen der *Tabelle 5.3*.

Tabelle 5.3 - Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte je nach Auftreten von Wasser (AD)

Code	Auftreten von Wasser	Schutzart
AD1	Vernachlässigbar	IPX0
AD2	Tropfwasser	IPX1
AD3	Sprühwasser	IPX3
AD4	Spritzwasser	IPX4
AD5	Strahlwasser	IPX5
AD6	Schwallwasser	IPX6
AD7	Eintauchen	IPX7
AD8	Untertauchen	IPX8

Unterabschnitt 5.3.2.3 - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)

Die Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte gegen das Eindringen fester Fremdkörper entspricht den vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen oder Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist, unter Berücksichtigung der Bestimmungen der *Tabelle 5.4*.

Tabelle 5.4 - Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte je nach Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)

Code	Feste Fremdkörper	Schutzart	
AE1	Große Abmessungen	IP2X oder IP0X, je nachdem, ob eine Schutzart bei Gefahr direkten Berührens vorgeschrieben ist oder nicht	
AE2	Kleinste Abmessung 2,5 mm	IP3X	
AE3	Kleinste Abmessung 1 mm	IP4X	
AE4	Staub	Darf eindringen	IP5X
		Staubdichtheit erforderlich	IP6X

Unterabschnitt 5.3.2.4 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF)

Wenn die Menge oder Art der korrosiven oder verunreinigenden Substanzen an elektrischen Maschinen und Geräten vernachlässigbar ist (AF1), entsprechen diese Maschinen und Geräte den für gewöhnliche Benutzungsbedingungen geltenden Regeln des Fachs.

Wenn korrosive oder verunreinigende Substanzen atmosphärischen Ursprungs vorhanden sind (AF2), sind elektrische Maschinen und Geräte so entworfen und gebaut, dass sie eine Salzsprühnebelprüfung bestehen, wie sie entweder in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder in Bestimmungen bestimmt ist, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Wenn elektrische Maschinen und Geräte zeitweise oder zufällig der Einwirkung chemischer Produkte (AF3) ausgesetzt sind, sind sie so entworfen und gebaut, dass sie eine Korrosionsbeständigkeitsprüfung bestehen, wie sie entweder in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder in Bestimmungen bestimmt ist, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Wenn elektrische Maschinen und Geräte dauernd (AF4) der Einwirkung chemischer Produkte ausgesetzt sind, sind sie eigens für diese Bedingungen konzipiert bzw. sind sie mit einer an die Art der betreffenden Produkte angepassten Schutzbekleidung ausgestattet.

Unterabschnitt 5.3.2.5 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG)

Wenn die äußeren Einflüsse der Klasse AG1 entsprechen, dürfen für hauswirtschaftliche Zwecke vorgesehene elektrische Maschinen und Geräte benutzt werden, die den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Wenn die äußeren Einflüsse der Klasse AG2 oder AG3 entsprechen, verfügen elektrische Maschinen und Geräte über einen Schutz, der den vorhersehbaren Beanspruchungen entspricht.

Unterabschnitt 5.3.2.6 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH)

Wenn elektrische Maschinen und Geräte Schwingungen ausgesetzt sind, die nach den Regeln des Fachs als mittel oder stark (AH2 bzw. AH3) definiert sind, sind diese Maschinen und Geräte eigens dafür konzipiert oder es werden diesbezüglich besondere Vorkehrungen getroffen.

Unterabschnitt 5.3.2.7 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL)

Maßnahmen, die gegen Pflanzen und/oder Schimmel ergriffen werden müssen, hängen von der Art der Pflanzen/des Schimmels und den örtlichen Bedingungen ab. Das Risiko ist entweder auf eine schädliche Entwicklung von Pflanzen oder auf die Üppigkeit der Vegetation zurückzuführen.

Gegen Tiere müssen je nach Fall eventuell folgende Schutzmaßnahmen ergriffen werden:

- angemessener Schutz gegen das Eindringen von Festkörpern,
- Vorkehrungen zur Vermeidung des Auftretens dieser Tiere wie Reinigung, Einsatz von Pestiziden, ...

Unterabschnitt 5.3.2.8 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM) und Sonnenstrahlung (AN)

Nachstehende besondere Schutzmaßnahmen werden eventuell angewendet.

Gegen Streuströme (AM2):

- verstärkte Isolierung,
- besondere Schutzbekleidung,
- kathodischer Schutz,
- zusätzlicher Potentialausgleich.
 - *Gegen elektromagnetische (AM3) oder ionisierende (AM4) Einflüsse:*
 - Abstand zu Strahlenquellen,
 - Zwischenstellung von Schirmen,
 - Umhüllungen aus besonderen Materialien.
 - *Gegen elektrostatische Einflüsse (AM5):*
 - geerdeter Schirm,
 - Verringerung des Oberflächenwiderstandes von Isolierstoffen,
 - zusätzlicher Potentialausgleich,

- Aufstellung in nichtleitenden Bereichen.
 - *Gegen induzierte Ströme (AM6):*
- Abstand zu Quellen induzierten Stroms,
- Zwischenstellung von Schirmen.
 - *Gegen Sonnenstrahlung, die elektrische Betriebsmittel beschädigen kann (AN2):*
- Materialien, die gegen ultraviolette Strahlung beständig sind,
- Bekleidungen mit besonderen Farben,
- Zwischenstellung von Schirmen.

Unterabschnitt 5.3.2.9 - Fähigkeiten von Personen (BA)

Bei der Wahl elektrischer Maschinen und Geräte werden die Bestimmungen der *Tabelle 5.5* berücksichtigt.

Tabelle 5.5 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach den Fähigkeiten von Personen (BA)

<i>Code</i>	<i>Fähigkeiten von Personen</i>	<i>Eigenschaften der Betriebsmittel und Einsatz</i>
BA1	Laien	Normal
BA2	Kinder	Betriebsmittel mit höherer Schutzart als IPXX-B
BA3	Personen mit Behinderung	Unzugänglichkeit von Betriebsmitteln mit äußeren Oberflächentemperaturen über 80° C
BA4	Elektrotechnisch unterwiesene Personen	Nicht gegen direktes Berühren geschützte Betriebsmittel zugelassen
BA5	Elektrofachkräfte	

Unterabschnitt 5.3.2.10 - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB)

Die Wahl elektrischer Maschinen und Geräte erfolgt gemäß den äußeren Einflüssen BB, je nach elektrischem Widerstand des menschlichen Körpers (BB), unter Berücksichtigung der Bestimmungen der *Tabelle 5.6*.

Tabelle 5.6 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach elektrischem Widerstand des menschlichen Körpers (BB)

<i>Code</i>	<i>Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers</i>	<i>Eigenschaften der Betriebsmittel und Einsatz</i>
BB1	Trockene oder verschwitzte Haut	Normal
BB2	Nasse Haut	Geeignete Schutzmaßnahmen
BB3	Ins Wasser eingetauchte Haut	

Unterabschnitt 5.3.2.11 - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC)

Die Wahl elektrischer Maschinen und Geräte erfolgt gemäß den äußeren Einflüssen BC, je nach Häufigkeit des Kontakts von Personen mit Erdpotential.

Unterabschnitt 5.3.2.12 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE)

Die Wahl elektrischer Maschinen und Geräte erfolgt gemäß den äußeren Einflüssen BE, je nach Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe:

- BE2 Feuergefahr: *Abschnitte 4.3.3 und 5.2.7,*
- BE3 Explosionsgefahr: *Kapitel 7.1,*
- BE4 Verunreinigungsgefahr (Kontamination): *Abschnitt 4.6.3.*

Unterabschnitt 5.3.2.13 - Baustoffe (CA)

Wenn die äußeren Einflüsse CA2 entsprechen, verfügen elektrische Maschinen und Geräte über einen Schutz gegen vorhersehbare Einflüsse; insbesondere müssen die Vorschriften von *Abschnitt 4.3.3* eingehalten werden.

Unterabschnitt 5.3.2.14 - Gebäudestruktur (CB)

Wenn die äußeren Einflüsse CB2, CB3 oder CB4 entsprechen, verfügen elektrische Maschinen und Geräte über einen Schutz, der den vorhersehbaren Einflüssen entspricht. Für CB2 müssen insbesondere die Vorschriften von *Abschnitt 4.3.3* eingehalten werden.

Abschnitt 5.3.3 - Arten der Steuerung und Abschaltung

Unterabschnitt 5.3.3.1 - Sicherheitsabschaltung

a. Trennung

a.1 - Allgemeines

Es müssen Einrichtungen vorhanden sein, die eine Trennung der Gesamtheit einer elektrischen Anlage oder eines Teils davon zwecks Instandhaltung, Überprüfung, Fehlersuche und Reparatur ermöglichen.

a.2 - Trennung vor und nach Hochspannungstransformatoren

Anschlüsse an Hochspannungs-/Niederspannungstransformatoren sind sowohl vor- als auch nachgeschaltet mit Trenneinrichtungen versehen, die den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Diese Bestimmung gilt nicht:

- für Transformatoren, die mit anderen elektrischen Maschinen oder Geräten eine Gruppe bilden. In diesem Fall können Trenneinrichtungen zwischen Transformatoren und elektrischen Maschinen oder Geräten, mit denen die Transformatoren eine Gruppe bilden, weggelassen werden,
- für Transformatoren von Messgeräten.

a.3 - Wahl und Eigenschaften von Betriebsmitteln

Halbleiterbauelemente werden nicht zur Trennung benutzt.

Die Kontrolle der Stellung von Trennschaltern oder Trenneinrichtungen erfolgt auf eine der folgenden Weisen:

- Die Trennung ist sichtbar.
- Die Stellung jedes beweglichen Kontakts, die die Trenn- bzw. Schaltstrecke zwischen jedem Kontakt gewährleistet, wird durch einen Schaltstellungsanzeiger angezeigt, gemäß den Bedingungen der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm bzw. des Erlasses, den die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister, jeweils für ihren Bereich, gefasst haben.
- Es wird eine der folgenden Einrichtungen benutzt:
 - mehrpolige oder einpolige Trennschalter,
 - Abtrennung eines Geräts,
 - Entfernung von Leitern, Schienen oder Trennmessern,
 - Einsätze für Sicherungen,
 - Lasttrennschalter,
 - Leistungstrennschalter.
- Wenn keine dieser Einrichtungen benutzt wird, wird der Mindestabstand in mm zwischen blanken, unter Spannung stehenden Teilen durch folgende Formel angegeben:
$$50 + 6,75 (U_N - 1)$$

Dabei ist U_N die Nennspannung zwischen Außenleitern, ausgedrückt in kV.

In diesem Fall werden Mittel, die eine Einhaltung dieses Abstands ermöglichen, auf sichere Weise von elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) eingesetzt.

Wenn die Nutzungsfrequenz von der Industriefrequenz gemäß der diesbezüglichen vom König bestätigten Norm abweicht, gelten nach den Regeln des Fachs angepasste Abstände.

a.4 - Einsatz zusätzlicher Mittel

Einrichtungen werden so entworfen und installiert, dass sie durch vorhersehbare Schläge nicht unbeabsichtigt geschlossen werden können.

Außerdem werden Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass Betriebsmittel unbeabsichtigt wieder unter Spannung geraten, solange Personen daran arbeiten; diese Maßnahmen werden von einer elektrotechnisch unterwiesenen Person (BA4) oder einer Elektrofachkraft (BA5) durchgeführt und können Folgendes beinhalten:

- Verriegelung durch Schloss oder Vorhängeschloss,
 - Anbringung von Warnschildern,
 - Unterbringung in einer abgeschlossenen Räumlichkeit,
 - Kurzschließen und Erdung von aktiven Teilen.
- Darüber hinaus werden, falls erforderlich, weitere Maßnahmen ergriffen:
- um die Entladung jeglicher kapazitiven Energie sicherzustellen,
 - um eine Spannungswiederkehr zu vermeiden, wenn eine Anlage durch mehrere Quellen versorgt wird.

b. Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung

b.1 - Allgemeines

Eine Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung ist dazu bestimmt, Teile von elektrischen Betriebsmitteln abzuschalten, die mit elektrischer Energie versorgt werden, um andere Unfälle als die durch elektrischen Schlag oder Lichtbogen bei der nicht elektrischen Instandhaltung dieser Betriebsmittel zu verhüten.

b.2 - Wahl der Betriebsmittel

Einrichtungen zur Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung befinden sich vorzugsweise im Hauptversorgungsstromkreis. Sie schalten alle aktiven Versorgungsleiter ab. Die Unterbrechung eines Steuerkreises ist jedoch erlaubt, wenn durch eine zusätzliche Sicherheitseinrichtung ein Zustand entsteht, der einer Abschaltung der Hauptstromversorgung gleichkommt, oder wenn entsprechende Vorschriften dies zulassen.

Für eine Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung können z.B. folgende Mittel eingesetzt werden:

- mehrpolige Schalter,
 - Leitungsschutzschalter,
 - Hilfsstromschalter.
- Einrichtungen zur Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung bzw. entsprechende Hilfsstromschalter werden per Hand gesteuert und verfügen über eine von außen sichtbare Abschaltung bzw. die Stellung wird deutlich und sicher angezeigt. Die Anzeige dieser Stellung sollte nur erscheinen, wenn an jedem Pol die Stellung "AUS" oder "OFFEN" erreicht ist. Zusätzliche Stellungen, z.B. "EIN", "TEST", "AKTIVIERT", können vorgesehen werden, vorausgesetzt, dass sie deutlich gekennzeichnet sind.

Einrichtungen zur Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung werden so entworfen und installiert, dass jegliche unbeabsichtigte Wiedereinschaltung, z.B. durch Schläge oder Schwingungen, verhindert wird.

Eine Trennung ist ebenfalls als gültige Einrichtung anzusehen.

c. Not-Ausschaltung

c.1 - Allgemeines

Not-Ausschaltungseinrichtungen werden für jeden Teil einer Anlage vorgesehen, bei dem es notwendig sein kann, die Stromversorgung abzuschalten, um eine Gefahr zu beseitigen. Wenn diese Gefahr von einer Bewegung ausgeht, werden diese Einrichtungen als "Not-Halt" bezeichnet.

Not-Ausschaltungen und/oder Not-Halt-Einrichtungen können für verschiedene Anwendungen vorgesehen werden, und zwar nach den diesbezüglichen Regeln des Fachs.

Diese Not-Ausschaltungseinrichtungen, Not-Halt inbegriffen, werden so angebracht, dass sie leicht erkennbar und schnell zugänglich sind.

c.2 - Wahl und Eigenschaften von Betriebsmitteln

Mittel zur Not-Ausschaltung, Not-Halt inbegriffen, ermöglichen die Abschaltung des Volllaststroms des entsprechenden Teils der Anlage einschließlich des Stroms etwaiger blockierter Motoren. Bei diesen Mitteln kann es sich um Folgendes handeln:

- eine einfache Abschalteinrichtung, die direkt die Hauptstromversorgung abschaltet,
- eine Kombination mehrerer Geräte, die durch eine einzige Handlung in Betrieb gesetzt wird und die Beseitigung der Gefahr durch Abschaltung der Stromversorgung des entsprechenden Teils der Anlage bewirkt. Eine Aufrechterhaltung der Stromversorgung für die elektrische Bremsung kann vorgesehen werden. Beispiele:
 - Hauptstromkreisschalter,
 - Drucktaster und Vergleichbares in Steuerkreisen.

Handgesteuerte Einrichtungen werden vorzugsweise zur direkten Abschaltung der Hauptstromversorgung gewählt.

Ferngesteuerte Schütze werden durch Abschaltung der Stromversorgung der Spulen oder durch andere Techniken, die gleichwertige Sicherheit bieten, geöffnet.

Mittel zur Steuerung (Griffe, Drucktaster, ...) von Einrichtungen müssen deutlich gekennzeichnet sein, möglichst durch die Farbe Rot im Kontrast zur Hintergrundfarbe.

Not-Ausschaltungseinrichtungen sind in Trennstellung oder Ausschaltstellung (elektrisch oder mechanisch) verriegelbar. Nicht verriegelbare Einrichtungen sind annehmbar, wenn sowohl Einrichtung als auch Anlaufmittel unter der Aufsicht ein und derselben Person stehen. Je nach Bedarf ist diese Aufsicht ununterbrochen.

Unterabschnitt 5.3.3.2 - Erdung

Je nach Fall kann jede Anlage bzw. jeder Teil einer Anlage geerdet werden, sofern diese Maßnahme die allgemeine Sicherheit der Anlage nicht mindert.

Unterabschnitt 5.3.3.3 - Betriebsmäßige Schaltung

a. Allgemeines

Steuerungseinrichtungen werden elektrischen Maschinen, Geräten oder Leitungen vorgeschaltet, bei denen es erforderlich sein kann, die Stromversorgung unabhängig von anderen Teilen einer Anlage herzustellen oder zu unterbrechen.

b. Wahl einer Steuerungseinrichtung

Weiter unten beschriebene Einrichtungen dürfen benutzt werden, wenn sie den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist:

- Schalter,
- Leitungsschutzschalter,
- Schütze,
- Hilfsstromschalter,
- elektronische Einrichtungen.

c. Abschaltung von Leitern

Steuerungseinrichtungen, die zur Umschaltung zwischen Energieversorgungsquellen dienen, schließen alle aktiven Leiter ein und führen nicht zu einer unbeabsichtigten Parallelschaltung von Quellen.

d. Standort

Insbesondere werden jede elektrische Maschine bzw. jedes elektrische Verbrauchsgerät durch eine Steuerungseinrichtung bedient.

Diese Einrichtung ist auch dann erforderlich, wenn der Betrieb der elektrischen Maschine bzw. des elektrischen Verbrauchsgeräts von einem Relais, einem Thermostat oder einem ähnlichen Bauelement abhängig ist.

Es ist jedoch zulässig:

- dass eine Einrichtung mehrere gleichzeitig laufende elektrische Maschinen oder Geräte steuert,
- dass im Versorgungsstromkreis einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Geräts keine Steuerungseinrichtung vorgesehen ist, wenn diese Maschine oder dieses Gerät selbst mit einem

Hauptschalter ausgestattet ist.

e. Steuerungseinrichtungen

Neben den weiter oben vorgesehenen Bestimmungen werden Motoren nach den Regeln des Fachs mit geeigneten Steuerungseinrichtungen ausgestattet, wenn ein Anlauf ohne diese Einrichtungen den Betrieb anderer Anwendungen ungewöhnlich stört.

Außer aus zwingenden Sicherheitsgründen sind Steuerungseinrichtungen für Motoren so entworfen, dass nach einem Stillstand eine automatische Wiedereinschaltung von Motoren verhindert wird, deren Wiederanlauf eine Gefahr für Personen darstellen könnte.

f. Steuerkreise

Steuerkreise werden so entworfen und ausgeführt, dass die Sicherheit von Personen und der wirksame Schutz von Betriebsmitteln vor den Folgen eines Fehlers in Schaltgeräten nicht beeinträchtigt werden.

Sie werden insbesondere so entworfen und angebracht, dass Risiken durch zufällige Berührung eines oder mehrerer Punkte des Steuerkreises mit dem Körper (oder der Erde), wodurch eine unbeabsichtigte Inbetriebsetzung verursacht oder eine Außerbetriebsetzung der gesteuerten elektrischen Maschine oder Geräte verhindert werden kann, begrenzt werden.

Unterabschnitt 5.3.3.4 - Gleichzeitige Funktionen

Die Funktionen Sicherheitsabschaltung und betriebsmäßige Schaltung dürfen ganz oder teilweise in einer Einrichtung kombiniert werden, sofern alle für die jeweilige Funktion vorgesehenen Bedingungen eingehalten werden.

Unterabschnitt 5.3.3.5 - Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen für Überstrom-Schutzeinrichtungen

a. Allgemeines

Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen sind dazu vorgesehen, Überstrom-Schutzeinrichtungen nach Ausschaltung durch einen Fehler wieder einzuschalten, um die Betriebskontinuität wiederherzustellen.

Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen entsprechen:

- entweder den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen
- oder den durch Erlass von den für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Ministern, jeweils für ihren Bereich, festgelegten Bestimmungen
- oder Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Sie werden gemäß den Vorschriften des Herstellers mit geeigneten Überstrom-Schutzeinrichtungen installiert und benutzt.

b. Besondere Vorschriften

Für Anlagen an Orten mit erhöhter Feuergefahr ist der Gebrauch einer Einrichtung zum selbsttätigen Wiederschließen von Überstrom-Schutzeinrichtungen nach einem Fehler an der Anlage verboten. Diese Vorschrift gilt nicht:

- für Stromkreise innerhalb einer Zone 22 eines BE3-Ortes oder
- wenn bei der erforderlichen Verzögerung vor dem selbsttätigen Wiederschließen der Überstrom-Schutzeinrichtung die Sicherheitstemperatur der elektrischen Betriebsmittel berücksichtigt wird.

c. Kennzeichnung

Das Vorhandensein einer Einrichtung zum selbsttätigen Wiederschließen in einer Verteiler- und Schaltgerätekombination muss durch ein Etikett angezeigt werden, das in der Nähe der Einrichtung zum selbsttätigen Wiederschließen angebracht wird. Auf dem Etikett ist Folgendes angegeben: "*Warnung: vor Zugang zu aktiven Teilen die Funktion für selbsttätiges Wiederschließen deaktivieren und die zugehörige Schutzeinrichtung abschalten.*"

Betreffende Stromkreise müssen deutlich gekennzeichnet sein.

Schaltpläne müssen das Vorhandensein von Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen anzeigen.

Abschnitt 5.3.4 - Messkreise

Unterabschnitt 5.3.4.1 - Allgemeines

Betriebsmittel zur Messung entsprechen den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen oder Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Außer im Rahmen spezifischer Anwendungen sind Messwandler einphasig; sie dienen zur Versorgung:

- von Messgeräten (Zähler),
- von Schutzeinrichtungen (Relais, Entriegelungseinrichtungen).
 - Ein Punkt jeder Sekundärwicklung von Hochspannungsmesswandlern ist mit einer Hochspannungserdunganlage verbunden. In Abweichung von den Bestimmungen von *Unterabschnitt 4.4.3.1* dürfen Überlast-Schutzeinrichtungen an der Primärseite von Hochspannungsmesswandlern und ihren elektrischen Versorgungsleitungen weggelassen werden.

Messwandler haben eine Nennleistung und gehören einer Klasse an, die für die angeschlossenen Geräte angemessen ist.

Unterabschnitt 5.3.4.2 - Spannungsmesskreise

In Abweichung von den Bestimmungen von *Abschnitt 4.4.2* darf der Schutz gegen Kurzschlüsse von Hochspannungswandlern durch Schutzeinrichtungen gewährleistet werden, die Teil der Transformatoren- oder Umspannstationen sind, zu denen die Hochspannungswandler gehören.

Für Hochspannungswandler der Kategorie 2 dürfen vorerwähnte Schutzeinrichtungen an irgendeiner Stelle in den Versorgungsstromkreisen der Transformatoren- oder Umspannstationen installiert werden, zu denen die Hochspannungswandler gehören.

Sekundärkreise von Hochspannungswandlern müssen nicht durch Schutzeinrichtungen gegen Überlast geschützt werden:

1. wenn das Risiko eines Kurzschlusses in den Sekundärkreisen auf ein Minimum beschränkt ist,
2. wenn der Maximalstrom, der durch die Sekundärkreise fließen kann, den Nennstrom dieser Stromkreise nicht überschreitet.

Sekundärkreise von Hochspannungswandlern müssen nicht durch Schutzeinrichtungen gegen Kurzschlüsse geschützt werden:

1. wenn das Risiko eines Kurzschlusses in den Sekundärkreisen auf ein Minimum beschränkt ist,
2. wenn sie nicht in der Nähe von brennbarem Material installiert sind.

Es ist verboten, Sekundärkreise von Hochspannungswandlern gegen Überstrom zu schützen, wenn ein Stromausfall Gefahren verursachen könnte.

Unterabschnitt 5.3.4.3 - Strommesskreise

Es ist verboten, Sekundärkreise von Stromwandlern gegen Überlast und Kurzschlüsse zu schützen.

Stromwandler halten thermischem Kurzzeitstrom stand, der an Stellen, an denen sie installiert sind, auftreten kann.

Stromwandler für Messzwecke werden mit dem kleinstmöglichen Sättigungsfaktor und einer Nennleistung gewählt, dass ein Kurzschlussstrom im Primärkreis keine Messgeräte im Sekundärkreis beschädigen kann.

Stromwandler für Schutzzwecke werden mit dem größtmöglichen Sättigungsfaktor und einer Nennleistung gewählt, dass ein Kurzschlussstrom im Primärkreis den Betrieb von Schutzeinrichtungen im Sekundärkreis nicht beeinträchtigt.

Wenn Stromwandler sowohl für Mess- als auch für Schutzzwecke verwendet werden, werden Messgeräte erforderlichenfalls durch geeignete, im Stromkreis installierte Zwischentransformatoren geschützt, um Schäden durch Kurzschlussströme zu verhindern.

Kapitel 5.4 - Erdung, Schutzleiter und Potentialausgleichsverbindungen

Abschnitt 5.4.1 - Allgemeine Anforderungen

Unterabschnitt 5.4.1.1 - Allgemeines

Die Eigenschaften von Erdungsanlagen werden so bestimmt, dass folgende Ziele erreicht werden:

1. Widerstand gegen vorhersehbare mechanische und chemische Einflüsse bieten,
2. Widerstand gegen die thermische Wirkung des höchsten unbeeinflussten Fehlerstroms bieten,
3. die Beschädigung von Gütern und Betriebsmitteln verhindern,
4. die Sicherheit von Personen gewährleisten, unter Berücksichtigung der Spannung, die auftreten kann, wenn der höchste unbeeinflusste Fehlerstrom durch die Erdungsanlage fließt, unter Berücksichtigung passiver und aktiver Schutzmaßnahmen.

Unterabschnitt 5.4.1.2 - Widerstand gegen mechanische und chemische Einflüsse

Die verschiedenen Teile einer Erdungsanlage werden aus Materialien hergestellt, die ausreichenden Widerstand gegen Korrosion (chemische oder biologische Korrosion, Oxidation, elektrolytische Korrosion, ...) bieten.

Sie bieten außerdem den erforderlichen Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen, denen sie sowohl bei ihrer Installation als auch unter normalen Betriebsbedingungen ausgesetzt sein können.

Unterabschnitt 5.4.1.3 - Widerstand gegen die thermische Wirkung von Fehlerströmen

Querschnitte, die für Leiter von Erdungsanlagen eingehalten werden müssen, hängen vom höchsten unbeeinflussten Fehlerstrom ab.

Wenn sich der Fehlerstrom über eine Reihe von Erdungselektroden verteilt, dürfen die Abmessungen jeder Erdungselektrode unter Berücksichtigung dieser Stromverteilung bestimmt werden.

Zur Berechnung des thermischen Widerstands von Erdungsanlagen werden Wert und Dauer des Fehlerstroms berücksichtigt. Hierbei wird zwischen einer Dauer von bis zu 5 Sekunden (adiabatische Erwärmung) und einer Dauer von mehr als 5 Sekunden (nicht adiabatische Erwärmung) unterschieden.

Für eine Dauer von bis zu 5 Sekunden wird der Mindestquerschnitt gemäß folgender Formel berechnet:

$$S \geq \frac{I}{k} \cdot \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Dabei ist:

- S : Querschnitt in mm^2 ,
- I : Effektivwert des Fehlerstroms Außenleiter/Erde in A,
- t : Dauer des Fehlerstroms in Sekunden,
- k : Konstante bei 20 Grad Celsius, die von der Art des Materials abhängt. Werte dieser Konstante, die den meisten benutzten Materialien entsprechen, sind in *Tabelle 5.7* aufgeführt,
- β : Kehrwert des Temperaturkoeffizienten (α) der Resistivität des Materials je nach Temperatur des Materials in Grad Celsius, wie in *Tabelle 5.7* angegeben,
- Θ_i : Ausgangstemperatur in $^{\circ}\text{C}$ unter normalen Umgebungsbedingungen,
- Θ_f : höchste zulässige Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ nach Durchfluss des in *Tabelle 5.8* angegebenen Fehlerstroms.

Tabelle 5.7 - Werte der Konstanten β et k für bestimmte Materialien

Material	β [$^{\circ}\text{C}$]	k [$\text{A} \cdot \sqrt{\text{s}} / \text{mm}^2$]
Kupfer	234,5	226
Aluminium	228	148
Stahl	202	78
Aluminiumlegierung	258	149

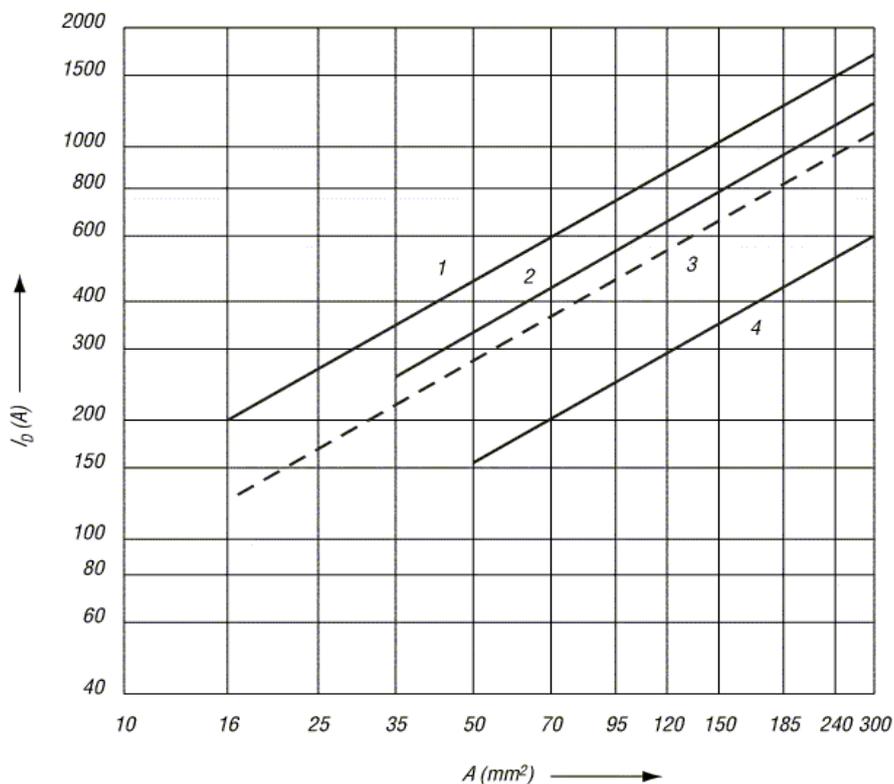
Tabelle 5.8 - Höchste zulässige Temperatur je nach Material

Material		Ausgangstemperatur θ_i [°C]	Endtemperatur θ_f [°C]
Drähte ohne mechanische Belastung	Raffiniertes Kupfer	20	300
	Verzinktes raffiniertes Kupfer	20	300
	Raffiniertes Aluminium	20	300
	Verzinktes raffiniertes Aluminium	20	300
Freileitungen	Raffiniertes Kupfer	20	170
	Aluminiumlegierung	20	170
	Aluminium - Stahl	20	150
	Aluminiumlegierung - Stahl	20	150
Verzinnertes raffiniertes Kupfer		20	150
Kupfer mit Bleimantel		20	150
Vorerwähnte Materialien mit einem Mantel aus:			
Polyvinylchlorid (PVC)		20	160
Kautschuk		20	220
vernetztem Polyethylen (VPE)		20	250
Ethylen-Propylen (EPR)		20	250
Silikonkautschuk (SIR)		20	350

Für eine Dauer von mehr als 5 Sekunden wird der Mindestquerschnitt anhand der Grafik in Abbildung 5.19 bzw. 5.20 bestimmt. Die Geraden 1, 2 und 4 beziehen sich auf eine Endtemperatur von 300 °C. Die Gerade 3 bezieht sich auf eine Endtemperatur von 150 °C. Wenn die einzuhaltende Endtemperatur nicht 300 °C entspricht, muss der in Tabelle 5.9 bestimmte Korrekturfaktor auf den aus der Grafik in Abbildung 5.19 bzw. 5.20 entnommenen Wert angewandt werden.

Die Werte der Abbildungen 5.19 und 5.20 und der Tabelle 5.9 gelten nicht für Leiter, die mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind; für diese Leiter müssen die Werte durch Berechnung bestimmt werden.

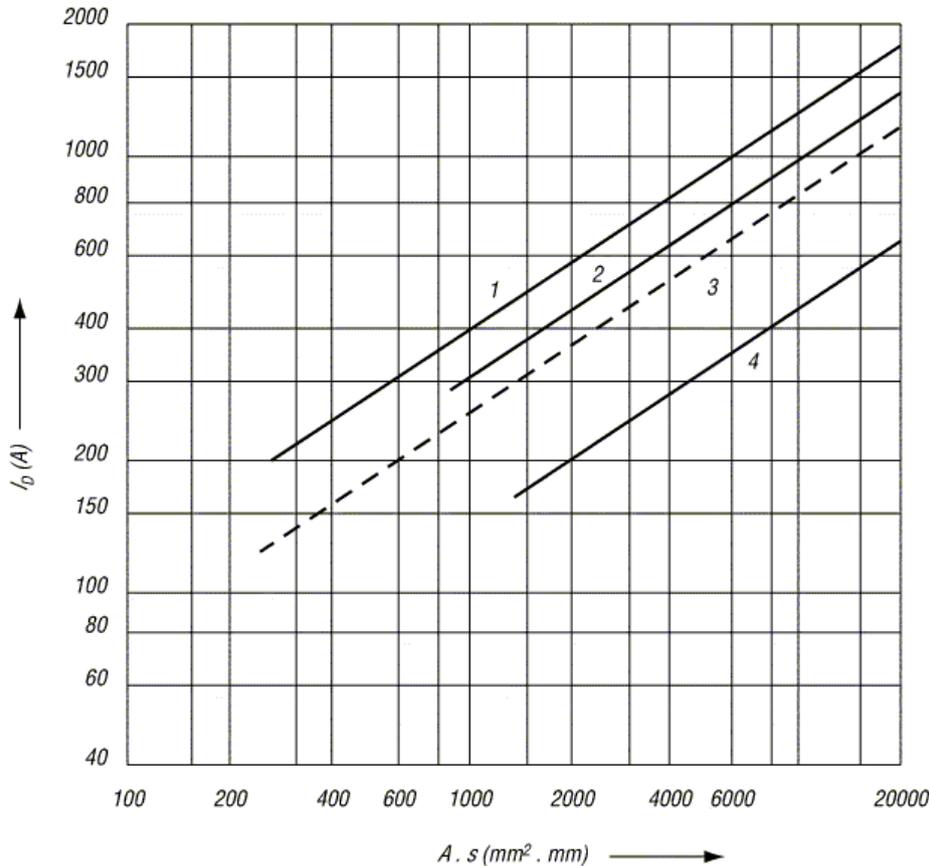
Abbildung 5.19 - Strom I_D für Erdungsleiter mit kreisförmigem Querschnitt je nach Querschnitt (A in mm^2)



Die Geraden 1, 2 und 4 finden bei einer Endtemperatur von 300 °C Anwendung; die Gerade 3 bei einer Endtemperatur von 150 °C.

- Gerade 1: Kupfer, blank oder mit Zinkschicht
- Gerade 2: Aluminium
- Gerade 3: Kupfer, verzinkt oder mit Bleimantel
- Gerade 4: verzinkter Stahl

Abbildung 5.20 - Strom I_D für Erdungsleiter mit rechteckigem Querschnitt je nach Produkt von Querschnitt und Umfang ($A \cdot s$)



Die Geraden 1, 2 und 4 finden bei einer Endtemperatur von 300 °C Anwendung; die Gerade 3 bei einer Endtemperatur von 150 °C.

- Gerade 1: Kupfer, blank oder mit Zinkschicht
- Gerade 2: Aluminium
- Gerade 3: Kupfer, verzinkt oder mit Bleimantel
- Gerade 4: verzinkter Stahl

Tabelle 5.9 - Korrekturfaktor je nach Endtemperatur

Endtemperatur θ_f [°C]	Korrekturfaktor
400	1,2
350	1,1
300	1
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6

Abschnitt 5.4.2 - Erstellung von Erdern

Unterabschnitt 5.4.2.1 - Allgemeines

Erdern können erstellt werden, indem eine oder mehrere horizontale, senkrechte oder schräge Erdungsleitern im Boden verlegt werden.

Horizontale Erdungsleitern werden in einer Mindesttiefe von 0,6 m unter der Bodenoberfläche verlegt.

Bei senkrechten oder schrägen Erdungselektroden wird nur der nutzbare Teil berücksichtigt. Sie werden zueinander in einem Abstand installiert, der mindestens ihrer Länge entspricht.

Wenn verschiedene Materialien, die galvanische Elemente bilden können, miteinander verbunden werden müssen, müssen diese Materialien an Verbindungsstellen durch dauerhafte Mittel vor Kontakt mit Elektrolyten aus ihrer Umgebung geschützt werden.

Erder dürfen keinerlei fremde, im Boden befindliche Metallteile berühren.

Unterabschnitt 5.4.2.2 - Eigenschaften

a. Wahl von Materialien und Mindestabmessungen

Mit Ausnahme der in *b.6.1* aufgenommenen Sonderfälle bestehen Erdungselektroden aus den in *Tabelle 5.10* erwähnten Materialien.

Ihre Mindestabmessungen, je nach Material und Art Elektrode, entsprechen den in genannter Tabelle erwähnten Werten.

Tabelle 5.10 - Mindestabmessungen von Erdungselektroden je nach verwendeten Materialien in Zusammenhang mit ihrem Widerstand gegen mechanische und korrosive Einflüsse

Material	Art Erdungselektrode	Mindestabmessungen				
		Seele			Beschichtung/Mantel	
		Durchmesser [mm]	Querschnitt [mm ²]	Dicke [mm]	Individueller Wert [µm]	Mittelwert [µm]
Stahl						
Feuerverzinkt	Bänder (2)		90	3	63	70
	Profil		90	3	63	70
	Rohre	25		2	47	55
	Runde Stäbe	16			63	70
	Runddrähte	10				50
Mit Bleimantel	Runddrähte	8			1000	
Mit Mantel aus extrudiertem Kupfer	Runde Stäbe	15			2000	
Mit elektrolytisch aufgetragener Umhüllung	Runde Stäbe	14,2			90	100
Kupfer						
Raffiniert	Bänder (2)		50	2		
	Runddrähte		25			
	Verdrillte Kabel	1,8 (1)	25			
	Rohre	20		2		
Verzinkt	Verdrillte Kabel	1,8 (1)	25		1	5
Verzinkt	Bänder		50	2	20	40
Mit Bleimantel	Verdrillte Kabel	1,8 (1)	25		1000	
	Runddrähte		25		2000	

(1) Wert für jeden Draht

(2) Bänder, gewalzt oder geschnitten, mit abgerundeten Kanten

b. Erstellung

Erder werden gemäß einer der folgenden Methoden bzw. Kombination von Methoden erstellt:

b.1 - Mindestens 8 m langer Ringerder, der Boden berührt und auf der Baugrubensohle verlegt wird. Bei Hochspannungsanlagen, die sich in einem Gebäude befinden, wird der Ringerder vorzugsweise unterhalb der Außenwände des Gebäudes verlegt.

Beide Enden des Ringerders sind mit einem Erdungsschalter verbunden, der an einer sicher zugänglichen Stelle installiert ist.

b.2 - Mindestens vier Erdungsstifte mit einer nutzbaren Länge von mindestens 1,5 m, die senkrecht oder vom Gebäude aus gesehen schräg (höchstens 45° Abweichung zur Senkrechten) nach außen in den Boden eingetrieben und in regelmäßigen Abständen um das Gebäude herum verteilt sind. Diese Stifte sind untereinander anhand eines Ringerders verbunden, dessen beide Enden mit einem Erdungsschalter verbunden sind, der an einer sicher zugänglichen Stelle installiert ist.

b.3 - Tiefenerdungselektrode, die mindestens 6 m in den Boden eingetrieben ist. Diese Erdungselektrode ist anhand eines Erdungsleiters mit einem Erdungsschalter verbunden, der an einer sicher zugänglichen Stelle installiert ist.

b.4 - Horizontale Erdungselektrode, deren nutzbare Länge mindestens 8 m beträgt. Diese Erdungselektrode ist anhand eines Erdungsleiters mit einem Erdungsschalter verbunden, der an einer sicher zugänglichen Stelle installiert ist.

b.5 - Vermaschtes Netz mit einer Fläche von mehr als 200 m², das aus mindestens 9 Maschen besteht. Diese Maschen mit einer Seitenlänge von höchstens 10 m befinden sich vorzugsweise unter dem Bereich, in dem sich die Hochspannungsanlage befindet.

In diesem Fall sind keine Erdungsschalter erforderlich; es muss jedoch möglich sein, den ursprünglichen Wert des Erdungswiderstands (wie in *Unterabschnitt 4.2.3.2 Punkt b.3* vorgesehen) vor Ingebrauchnahme zu messen.

b.6 - Sonderfall

1. Erder für elektrische Eisenbahnanlagen, die sich entlang von Gleisen befinden und bei denen die Nennspannung zwischen aktiven Leitern 1100 V Wechselstrom nicht überschreitet, können aus mehreren Stahlmasten bestehen, die miteinander elektrisch verbunden und in Betonsockel mit direkter Berührung mit Erde eingebettet sind, sofern:
 - die Kontaktfläche zwischen Mast und Beton, die sich mindestens 30 cm unter der Bodenoberfläche befindet, mindestens 5000 cm² pro Mast beträgt,
 - mindestens dreißig Maste vorhanden sind,
 - der Mindestabstand zwischen zwei Masten 10 m beträgt.

2. Erder für nicht hauswirtschaftliche elektrische Anlagen können aus mehreren Stahlbetonpfählen mit direkter Berührung mit Erde bestehen, sofern:
 - mindestens vier Pfähle vorhanden sind,
 - die nutzbare Länge mindestens 10 m beträgt,
 - der Abstand zwischen zwei Pfählen mindestens 6 m beträgt,
 - der Durchmesser der Pfähle mindestens 35 cm beträgt,
 - die Bewehrungen der verschiedenen Pfähle miteinander elektrisch verbunden sind.
 - In diesem Fall sind keine Erdungsschalter erforderlich; es muss jedoch möglich sein, den ursprünglichen Wert des Erdungswiderstands (wie in *Unterabschnitt 4.2.3.2 Punkt b.3* vorgesehen) zu messen, bevor die Betonplatte gegossen wird.

Unterabschnitt 5.4.2.3 - Gesamterdung

a. Allgemeiner Grundsatz

Gesamterdung ermöglicht eine Begrenzung lokaler Erdpotentialerhöhungen durch bessere Ableitung von Erdschlussströmen. Gesamterdung wird wie folgt erreicht:

- entweder durch ausreichende Länge der Kabel mit Erdungseffekt
- oder durch eine ausreichende Anzahl von Hochspannungserdungsanlagen, die durch Schutzleiter miteinander verbunden sind,
- oder durch Kombination beider oben erwähnter Möglichkeiten.

b. Bedingungen für Gesamterdungen

Gesamterdungen müssen eine der folgenden Bedingungen *b.1*, *b.2* oder *b.3* erfüllen:

- b.1 - – Lokale Hochspannungserdungsanlagen sind mit den Kabeln mit Erdungseffekt verbunden.
 - Die Summe der Längen dieser Kabel beträgt mindestens 1 km; Abschnitte, an denen mehrere Kabel verlaufen, zählen nur einmal.
- b.2 - Mindestens zwanzig lokale Hochspannungserdungsanlagen sind miteinander verbunden.
- b.3 - Kombination der Bedingungen *b.1* und *b.2*, wobei davon ausgegangen wird, dass eine lokale Erdungsanlage 50 m Kabel mit Erdungseffekt entspricht.

Kabel mit Erdungseffekt müssen nicht unbedingt eine durchgehende Einheit bilden, sondern können durch Schutzleiter von anderen Kabeltypen oder von Freileitungen miteinander verbunden werden. Die durchschnittliche Länge (*L*) von Schutzleitern, die zur Verbindung von lokalen Erdungsanlagen und/oder Kabelabschnitten mit Erdungseffekt dienen, muss folgender Formel entsprechen:

$$L \leq 500 \frac{S_m}{16 \text{ mm}^2} \text{ (m)}$$

S_m = Durchschnittswert der Querschnitte, gewichtet je nach Länge der Schutzleiter der Verbindungskabel und ausgedrückt in mm^2 Querschnitt Kupfer oder gleichwertig.

Wenn eine Verbindung verschiedene parallel verlegte Kabel umfasst, muss dies bei der Berechnung von S_m berücksichtigt werden.

Die elektrische Durchgängigkeit der Metallteile von Mänteln und Schutzleitern muss an Anschlüssen, Schaltstationen, Umspannstationen und Stützpunkten gewährleistet sein.

c. Nutzung der Gesamterdung eines übergeordneten Verteilnetzes

Auf Antrag des Betreibers einer Hochspannungsanlage, die an ein anderes übergeordnetes Verteilnetz angeschlossen ist, bestätigt der Betreiber dieses übergeordneten Verteilnetzes schriftlich, ob die betreffende Anlage in ein Netz mit Gesamterdung integriert wird oder nicht.

Abschnitt 5.4.3 - Erstellung von Schutzleitern

Unterabschnitt 5.4.3.1 - Art der Leiter

Folgende Gegenstände können als Schutzleiter genutzt werden:

- unabhängige Leiter,
- Leiter, die sich in denselben elektrischen Leitungen wie die aktiven Leiter einer Anlage befinden, sofern sie in gleicher Weise wie vorerwähnte aktive Leiter isoliert sind,
- isolierte oder blanke metallische Außenmäntel, Umflechtungen oder Schutzschirme elektrischer Leitungen, die nach den Regeln des Fachs zu diesem Zweck geeignet sind,
- Metallgerüste, an denen Hochspannungsschaltgeräte befestigt sind, unter der Bedingung, dass besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden:
 1. um anhand einer geeigneten Kontaktfläche die elektrische Durchgängigkeit sicherzustellen,
 2. um diese elektrische Durchgängigkeit nicht durch mechanische, chemische oder elektrochemische Beschädigungen und die bei Durchfluss des höchsten unbeeinflussten Fehlerstroms bis zur Ausschaltung durch Schutzeinrichtungen verursachte Erwärmung zu beeinträchtigen.

Unterabschnitt 5.4.3.2 - Mindestquerschnitt von Leitern

Querschnitte von Schutzleitern sind so vorgesehen, dass die Leiter bis zur Ausschaltung durch Schutzeinrichtungen dem höchsten unbeeinflussten Fehlerstrom ohne Beschädigung durch Erwärmung standhalten. Für unabhängige Leiter beträgt der Mindestquerschnitt:

- 16 mm^2 für Kupferleiter, die auf Putz verlegt oder in Beton eingebaut sind,
- 35 mm^2 für Kupferleiter ohne Korrosionsschutz, die unterirdisch oder unter Putz verlegt sind,
- 50 mm^2 für Leiter aus Aluminium oder Stahl.
 - Die Erdung bestimmter Metallteile wie Geländer kann jedoch anhand eines Schutzleiters aus Kupfer mit einem Mindestquerschnitt von 4 mm^2 erfolgen.

Der Querschnitt für die Erdung eines Punkts der Sekundärwicklung von Hochspannungsmesswandlern beträgt für Kupferleiter mindestens $2,5 \text{ mm}^2$. Wenn die Erdung anhand eines Schutzleiters ohne mechanischen Schutz erfolgt, beträgt der Querschnitt des Schutzleiters aus Kupfer mindestens 4 mm^2 .

Unterabschnitt 5.4.3.3 - Installation von Leitern

Schutzleiter sind in angemessener Weise gegen mechanische und chemische Beschädigung sowie elektrodynamische Beanspruchung geschützt.

Isolierte oder blanke unabhängige Aluminiumleiter dürfen weder unterirdisch verlegt noch eingebaut werden.

Unterabschnitt 5.4.3.4 - Kennzeichnung von Leitern

Schutzleiter, ob Teil eines Kabels oder nicht, werden auf die Weise gekennzeichnet, die in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm bestimmt ist, oder die Kennzeichnung entspricht Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Unterabschnitt 5.4.3.5 - Anschluss von Leitern an elektrische Betriebsmittel

Die Körper aller Maschinen und elektrischen Geräte müssen gemäß *Unterabschnitt 5.4.3.1* mit einem Schutzleiter verbunden sein.

Falls Metallgerüste von Hochspannung-Schaltgerätekombinationen als Schutzleiter benutzt werden, müssen sie, wenn sie eine Funktionseinheit bilden (z.B. Zellen), darüber hinaus mit einem durchgehenden Schutzleiter aus Kupfer verbunden sein, an den andere Schutzleiter angeschlossen werden können.

Diese Vorschrift gilt nicht für Metallteile zur Befestigung von Isolatoren.

Durch Entfernen einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Geräts darf die Durchgängigkeit von Schutzstromkreisen nicht unterbrochen werden.

Teil 6 - Prüfung von Anlagen

KAPITEL 6.1 - EINLEITUNG	93
KAPITEL 6.2 - ANWENDUNGSBEREICH	93
KAPITEL 6.3 - ZUGELASSENE STELLEN	93
Abschnitt 6.3.1 - Gegenstand der Zulassung	93
Abschnitt 6.3.2 - Begriffsbestimmungen	93
Abschnitt 6.3.3 - Zulassungsbedingungen	93
Unterabschnitt 6.3.3.1 - Allgemeine Bedingungen	93
Unterabschnitt 6.3.3.2 - Sonderfall	94
Abschnitt 6.3.4 - Zulassungsverfahren	94
Abschnitt 6.3.5 - Erneuerung einer Zulassung	95
Abschnitt 6.3.6 - Ermächtigungserklärung von Prüfern	95
Abschnitt 6.3.7 - Arbeitskriterien	95
Abschnitt 6.3.8 - Beratungs- und Überwachungsausschuss	96
Abschnitt 6.3.9 - Überwachung und Sanktionen	96
Abschnitt 6.3.10 - Elektrische Anlagen öffentlicher Dienste	97
KAPITEL 6.4 - KONFORMITÄTSPRÜFUNG VOR INGEBRAUCHNAHME	97
Abschnitt 6.4.1 - Allgemeines	97
Abschnitt 6.4.2 - Verwaltungstechnische Kontrollen	97
Abschnitt 6.4.3 - Sichtkontrollen	97
Abschnitt 6.4.4 - Kontrollen durch Prüfungen	97
Abschnitt 6.4.5 - Kontrollen durch Messungen	98
Unterabschnitt 6.4.5.1 - Allgemeines	98
Unterabschnitt 6.4.5.2 - Kontrolle von Erdungsanlagen	98
Abschnitt 6.4.6 - Berichte	98
Unterabschnitt 6.4.6.1 - Allgemeines	98
Unterabschnitt 6.4.6.2 - Spezifische Bestimmungen für Berichte über neue elektrische Anlagen	98
Unterabschnitt 6.4.6.3 - Spezifische Bestimmungen für Berichte über Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	98
Unterabschnitt 6.4.6.4 - Inhalt des Berichts über die Konformitätsprüfung	99
KAPITEL 6.5 - KONTROLLBESUCHE	99
Abschnitt 6.5.1 - Allgemeines	99
Abschnitt 6.5.2 - Häufigkeit von Kontrollbesuchen	99
Abschnitt 6.5.3 - Verwaltungstechnische Kontrollen	99
Abschnitt 6.5.4 - Sichtkontrollen	99
Abschnitt 6.5.5 - Kontrollen durch Prüfungen	99
Abschnitt 6.5.6 - Kontrollen durch Messungen	99
Unterabschnitt 6.5.6.1 - Allgemeines	99
Unterabschnitt 6.5.6.2 - Kontrolle von Erdungsanlagen	99
Abschnitt 6.5.7 - Berichte	100
Unterabschnitt 6.5.7.1 - Allgemeines	100
Unterabschnitt 6.5.7.2 - Inhalt des Berichts über den Kontrollbesuch	100

Kapitel 6.1 - Einleitung

Vorliegender Teil betrifft die Prüfungen gemäß den Bestimmungen des vorliegenden Buches, die bei diesen Prüfungen zu erstellenden Berichte und die von den zugelassenen Stellen zu erfüllenden Bedingungen.

Kapitel 6.2 - Anwendungsbereich

Die Prüfungen betreffen elektrische Hochspannungsanlagen, mit Ausnahme von Hochspannungsverbrauchsgeräten, die über ein Niederspannungsnetz versorgt werden und bei denen die Leistung des Hochspannungsteils 500 VA nicht überschreitet. Für Entladungslampen von Leuchtschildern wird die Grenze von 500 VA jedoch auf 200 VA herabgesetzt.

Kapitel 6.3 - Zugelassene Stellen

Abschnitt 6.3.1 - Gegenstand der Zulassung

Stellen werden von dem für Energie zuständigen Minister zugelassen für die Durchführung:

- von Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme und Besuchen zur Kontrolle von elektrischen Anlagen, wie in den *Kapiteln 6.4* und *6.5* vorgesehen,
- und von Prüfungen elektrischer Anlagen wie in Buch III Titel II Kapitel V des Gesetzbuches über das Wohlbefinden bei der Arbeit in Bezug auf elektrische Anlagen am Arbeitsplatz vorgesehen, und zwar gemäß den Bestimmungen des vorliegenden Kapitels.

Abschnitt 6.3.2 - Begriffsbestimmungen

Technischer Leiter: innerhalb einer zugelassenen Stelle bestimmte Person, die für die technische Leitung der zugelassenen Stelle verantwortlich ist,

Ermächtigungserklärung: schriftliche Erklärung einer zugelassenen Stelle, mit der sie die Fähigkeit eines Prüfers bestätigt, in einem oder mehreren spezifischen Tätigkeitsbereichen selbstständig Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme und/oder Kontrollbesuche durchzuführen,

Minister: der für Energie zuständige Minister,

Verwaltung: Generaldirektion Energie des Föderalen Öffentlichen Dienstes Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie,

Ausschuss: in *Abschnitt 6.3.8* vorgesehener Beratungs- und Überwachungsausschuss,

Aufsichtsbehörden: in *Abschnitt 6.3.9 Buchstabe a* erwähnte Behörden.

Abschnitt 6.3.3 - Zulassungsbedingungen

Unterabschnitt 6.3.3.1 - Allgemeine Bedingungen

- Zugelassene Stellen müssen:
 - Rechtspersönlichkeit in Form einer Vereinigung ohne Gewinnerzielungsabsicht oder ihrer Entsprechung besitzen, gemäß dem Recht des Mitgliedstaates, in dem sich ihr Sitz im Europäischen Wirtschaftsraum befindet,
 - gemäß den Kriterien der Norm NBN EN ISO/IEC 17020 durch das belgische Akkreditierungssystem, eingerichtet durch das Wirtschaftsgesetzbuch, Buch VIII Titel 2, *Akkreditierung von Konformitätsbewertungsstellen* oder durch eine gleichwertige Akkreditierungsstelle im Europäischen Wirtschaftsraum akkreditiert sein. Diese Akkreditierung zielt darauf ab, die Kenntnisse der belgischen Vorschriften in Bezug auf elektrische Anlagen nachzuweisen,
 - die für Prüfstellen des Typs A geltenden Anforderungen gemäß der Norm NBN EN ISO/IEC 17020 erfüllen.
- Der technische Leiter:
 - ist entweder Inhaber eines Diploms eines Zivil- oder Industrieingenieurs oder eines Masterdiploms in Ingenieurwissenschaften oder industriellen Wissenschaften, das von einer belgischen Hochschuleinrichtung ausgestellt worden ist, oder eines ausländischen Diploms, das gemäß den geltenden Vorschriften als gleichwertig anerkannt ist,
 - verfügt über angemessene berufliche und wissenschaftliche Erfahrungen, um eine zugelassene Stelle mit der erforderlichen Kompetenz leiten zu können.
- Der technische Leiter und die Prüfer müssen durch einen unbefristeten Arbeitsvertrag an die zugelassene Stelle gebunden sein.

Unterabschnitt 6.3.3.2 - Sonderfall

- a) Kontrolldienste, die Teil eines öffentlichen Dienstes oder einer juristischen Person des öffentlichen Rechts sind und nicht in Form einer Vereinigung ohne Gewinnerzielungsabsicht gegründet worden sind, müssen die Zulassungsbedingungen in *Unterabschnitt 6.3.3.1 Buchstabe a* zweiter Gedankenstrich und *b* bis *c* erfüllen.
- b) Für Kontrolldienste, die Teil eines öffentlichen Dienstes sind, ist die Zulassungsbedingung in *Unterabschnitt 6.3.3.1 Buchstabe c* nicht anwendbar.

Abschnitt 6.3.4 - Zulassungsverfahren

- a) Zulassungsanträge werden per Einschreibesendung an die Verwaltung gerichtet. Sie beziehen sich auf einen oder mehrere der nachstehend aufgeführten Tätigkeitsbereiche:
 - hauswirtschaftliche Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen, erwähnt in Buch 1,
 - Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, erwähnt in den Büchern 1, 2 und 3,
 - Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen, die in den vorerwähnten Bereichen nicht bestimmt sind, erwähnt in den Büchern 1 und 3,
 - Hochspannungsanlagen (mit Ausnahme von Hochspannungsfreileitungen), erwähnt in den Büchern 2 und 3,
 - Hochspannungsfreileitungen (mit Ausnahme der in Buch 3 erwähnten thermografischen Prüfung), erwähnt in Buch 3,
 - thermografische Prüfung von Hochspannungsfreileitungen, erwähnt in Buch 3.
- b) Anträgen müssen folgende Unterlagen beigefügt werden:
 1. Kopie des Diploms des technischen Leiters,
 2. Lebenslauf des technischen Leiters,
 3. Kopie der Satzung der Stelle,
 4. Kopie der Akkreditierungsbescheinigung und Geltungsbereich der Akkreditierung,
 5. Erklärung, dass die zivilrechtliche Haftung der Stelle durch einen Versicherungsvertrag gedeckt sein wird. Nach Erteilung der Zulassung und vor Beginn von Prüftätigkeiten muss der entsprechende Deckungsbeleg der Verwaltung vorgelegt werden,
 6. Liste der Prüfer mit Angabe ihrer unter *Buchstabe a* aufgeführten Tätigkeitsbereiche.
- c) Um zu beurteilen, ob die Stelle über die erforderliche Kompetenz zur Durchführung der Prüfungen verfügt, für die eine Zulassung beantragt wird, kann die Verwaltung von ihren Sachverständigen Audits durchführen lassen.
- d) Zulassungsanträge werden von der Verwaltung geprüft, die innerhalb sechzig Tagen eine Stellungnahme abgibt:
 - Bei günstiger Stellungnahme wird der Antragsteller davon in Kenntnis gesetzt und wird die Akte an den Ausschuss weitergeleitet.
 - Bei ungünstiger Stellungnahme wird der Antragsteller per Einschreibebrief anhand einer mit Gründen versehenen Notifizierung davon in Kenntnis gesetzt; er verfügt über eine Frist von dreißig Tagen, um per Einschreibebrief einen mit Gründen versehenen Antrag auf Neuüberprüfung bei der Verwaltung einzureichen. Wenn innerhalb dieser Frist keine Neuüberprüfung beantragt worden ist, gilt die Akte als abgeschlossen. Andernfalls wird die Akte an den Ausschuss weitergeleitet.
- Der Ausschuss gibt seine Stellungnahme innerhalb sechzig Tagen nach Erhalt der Akte ab. Nach Ablauf dieser Frist wird davon ausgegangen, dass der Ausschuss sich der Stellungnahme der Verwaltung angeschlossen hat.
- e) Bei günstiger Stellungnahme des Ausschusses legt die Verwaltung den Zulassungsvorschlag innerhalb dreißig Tagen dem Minister zur Entscheidung vor.
- f) Bei ungünstiger Stellungnahme des Ausschusses wird der Antragsteller innerhalb dreißig Tagen per Einschreibebrief anhand einer mit Gründen versehenen Notifizierung davon in Kenntnis gesetzt; er verfügt über eine Frist von dreißig Tagen, um per Einschreibebrief einen mit Gründen versehenen Antrag auf Neuüberprüfung beim Minister einzureichen. Die Verwaltung gibt ihre Stellungnahme zu betreffendem Widerspruch ab und übermittelt die Akte zwecks Entscheidung innerhalb sechzig Tagen an den Minister.
- g) Die Dauer der Zulassung ist auf fünf Jahre begrenzt. Die Zulassung ist gemäß *Abschnitt 6.3.5* erneuerbar.

Abschnitt 6.3.5 - Erneuerung einer Zulassung

Anträge auf Erneuerung einer Zulassung werden mindestens sechs Monate vor Ablauf der Gültigkeitsdauer der Zulassung per Einschreibesendung an die Verwaltung gerichtet. In den Anträgen wird der Tätigkeitsbereich angegeben und ihnen wird eine Liste der ermächtigten Prüfer beigelegt.

Das in *Abschnitt 6.3.4 Buchstabe c, d, e, f* und *g* aufgeführte Verfahren ist auf diese Anträge anwendbar.

Abschnitt 6.3.6 - Ermächtigungserklärung von Prüfern

- a) Zugelassene Stellen übermitteln der Verwaltung die Ermächtigungserklärung jedes neuen Prüfers und jedes bereits tätigen Prüfers, wenn sich dessen Tätigkeitsbereich erweitert.
- b) Für neue Prüfer werden der Erklärung folgende Unterlagen beigelegt:
 - Kopie des Abschlussdiploms,
 - Lebenslauf,
 - Kopie des Einstellungsvertrags (außer bei Kontrolldiensten, die Teil eines öffentlichen Dienstes sind).
- c) Die Verwaltung kann verlangen, dass ein Prüfer den Nachweis erbringt, dass er die Verordnungsvorschriften in dem/den Tätigkeitsbereich(en) kennt, für den/die eine Ermächtigungserklärung eingereicht worden ist. Die Verwaltung behält sich das Recht vor, den Prüfer einer schriftlichen oder mündlichen Bewertung zu unterziehen, um festzustellen, ob er die Verordnungsvorschriften in dem/den Tätigkeitsbereich(en) kennt, für den/die eine Ermächtigungserklärung eingereicht worden ist.
- d) Bei ungünstiger Beurteilung des unter *Buchstabe c* erwähnten Prüfers teilt die Verwaltung der betreffenden zugelassenen Stelle innerhalb dreißig Tagen mit, dass die Erklärung ausgesetzt worden ist. Die zugelassene Stelle darf für diesen Anwärter erst nach einer Frist von neunzig Tagen eine neue Ermächtigungserklärung einreichen.
- e) Wenn die mit der Überwachung beauftragten Beamten und Bediensteten feststellen, dass ein Prüfer Prüfungen nicht gemäß den Vorschriften des vorliegenden Buches durchführt, kann die Verwaltung bei der betreffenden zugelassenen Stelle intervenieren, damit erforderliche Korrekturmaßnahmen ergriffen werden.

Abschnitt 6.3.7 - Arbeitskriterien

- a) Zugelassene Stellen müssen der Verwaltung folgende Informationen übermitteln:
 1. Änderungen der Satzung (außer bei Kontrolldiensten, die Teil eines öffentlichen Dienstes sind),
 2. Ersetzung des technischen Leiters; die in *Abschnitt 6.3.4 Buchstabe b* Nr. 1 und 2 erwähnten Unterlagen werden beigelegt,
 3. Änderungen oder Entzug der Akkreditierungsbescheinigung.Diese Angaben müssen innerhalb sieben Tagen nach ihrem Eintritt übermittelt werden.
- b) Zugelassene Stellen müssen dem Ausschuss spätestens am 1. April jeden Jahres eine Liste ihrer Prüfer mit Angabe ihrer Qualifikationen in den in *Abschnitt 6.3.4 Buchstabe a* aufgeführten Tätigkeitsbereichen vorlegen und einen ausführlichen Bericht über:
 - ihre Prüftätigkeiten, einschließlich der Gesamtzahl durchgeführter Prüfungen pro Tätigkeitsbereich,
 - ihre Tätigkeiten in Zusammenhang mit Ausbildung und Information,
 - Änderungen der internen Organisation und der Tätigkeiten nach außen hin der Stelle,
 - registrierte Beschwerden im technischen Bereich,
 - Arbeitsweise und Zusammensetzung der Leitungs- und Verwaltungsorgane der Stelle, in diesen Organen im abgelaufenen Jahr getroffene Entscheidungen im Bereich Wohlbefinden bei der Arbeit und Folgemaßnahmen zu den vom Ausschuss bei der Ausführung seines Auftrags abgegebenen Stellungnahmen und Empfehlungen.
- c) Zugelassene Stellen müssen:
 - Beamten und Bediensteten der Aufsichtsbehörden freien Zugang gewähren,
 - diesen Beamten und Bediensteten jegliche Unterlagen und Daten zur Verfügung stellen, die es ihnen ermöglichen, die Arbeitsweise einer Stelle zu beurteilen,
 - diesen Beamten und Bediensteten auf Verlangen diese Unterlagen oder eine Kopie davon aushändigen,
 - für die Prüfung der von ihnen geprüften hauswirtschaftlichen Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen, die als den Vorschriften des vorliegenden Buches entsprechend erklärt werden, eine Datenbank mit folgenden Angaben führen:

1. Adresse der besuchten Anlage und Art der von ihr versorgten Räumlichkeiten: Wohneinheit (Haus, Wohnung, ...), hauswirtschaftliche Arbeitseinheit, gemeinschaftliche Teile einer Wohnanlage,
2. Namen, Vornamen und Adresse des Eigentümers der geprüften elektrischen Anlage,
3. Datum und Art der durchgeführten Prüfung (Konformitätsprüfung, regelmäßige Kontrolle, Anhebung der Anschlussleistung, Eigentumsübertragung),
4. EAN-Code zur eindeutigen Identifizierung jeder Anlage.

Diese Daten müssen während eines Zeitraums von mindestens dreißig Jahren aufbewahrt werden.

- d) Aufsichtsbehörden dürfen Verträge zwischen Stellen und ihren Kunden sowie etwaigen Subunternehmern einsehen.
- e) Zugelassene Stellen müssen bei Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme und bei Kontrollbesuchen schriftliche Anweisungen des für Energie zuständigen föderalen öffentlichen Dienstes und des für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen föderalen öffentlichen Dienstes, jeweils für ihren Bereich, befolgen.

Abschnitt 6.3.8 - Beratungs- und Überwachungsausschuss

- a) Bei dem für Energie zuständigen föderalen öffentlichen Dienst wird ein Beratungs- und Überwachungsausschuss eingesetzt mit folgendem Auftrag:
 - Abgabe von Stellungnahmen gemäß den Bestimmungen von *Abschnitt 6.3.4 Buchstabe d* und *Abschnitt 6.3.9 Buchstabe d*,
 - Abgabe von Stellungnahmen und Vorschlägen in Bezug auf die Arbeitsweise zugelassener Stellen,
 - Überwachung der Aktivitäten zugelassener Stellen im Rahmen des vorliegenden Kapitels.
- b) Der Ausschuss besteht aus neun Mitgliedern und ebenso vielen stellvertretenden Mitgliedern und setzt sich wie folgt zusammen:
 - drei Vertreter der repräsentativsten Arbeitgeberorganisationen im Hohen Rat für Gefahrenverhütung und Schutz am Arbeitsplatz,
 - drei Vertreter der repräsentativsten Arbeitnehmerorganisationen im Hohen Rat für Gefahrenverhütung und Schutz am Arbeitsplatz,
 - drei Vertreter der Aufsichtsbehörden, davon zwei Vertreter des für Energie zuständigen föderalen öffentlichen Dienstes und ein Vertreter des für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen föderalen öffentlichen Dienstes.
- c) Vertreter der Aufsichtsbehörden und ihre Stellvertreter werden von den betreffenden Ministern ernannt; Vertreter der im Hohen Rat für Gefahrenverhütung und Schutz am Arbeitsplatz vertretenen Organisationen und ihre Stellvertreter werden von dem für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister ernannt.
- d) Vorsitz und Sekretariatsgeschäfte des Ausschusses werden von der Verwaltung wahrgenommen.

Abschnitt 6.3.9 - Überwachung und Sanktionen

- a) Die Überwachung zugelassener Stellen in Bezug auf die Einhaltung der Vorschriften des vorliegenden Kapitels wird durch Beamte und Bedienstete der Verwaltung ausgeübt. Feststellungen in Bezug auf die Einhaltung der Vorschriften des vorliegenden Kapitels, die von Beamten und Bediensteten des für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen föderalen öffentlichen Dienstes während der im Rahmen des Wohlbefindens der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit ausgeübten Überwachung gemacht werden, werden der Verwaltung übermittelt.
- b) Wenn die Verwaltung feststellt, dass eine zugelassene Stelle eine der Bedingungen in *Unterabschnitt 6.3.3.1* nicht mehr erfüllt oder eine der Verpflichtungen in *Abschnitt 6.3.7* nicht einhält, oder wenn im Wiederholungsfall festgestellt wird, dass Prüfer Prüfungen nicht gemäß den Vorschriften des vorliegenden Buches durchführen, setzt sie eine Frist, die nicht mehr als drei Monate betragen darf, binnen der sich die Stelle den Vorschriften anpassen muss. Der Ausschuss wird davon in Kenntnis gesetzt.
- c) Wenn sich die Stelle bis zum Ende der in *Buchstabe b* erwähnten Frist nicht den Vorschriften angepasst hat, setzt die Verwaltung eine neue Frist, die nicht mehr als sechs Monate betragen darf, während der die Zulassung der Stelle vorübergehend ausgesetzt wird und die Stelle noch die Möglichkeit hat, sich den Vorschriften anzupassen. Der Ausschuss wird davon in Kenntnis gesetzt (Aussetzung und Anpassung an die Vorschriften).

- d) Wenn die Stelle sich nach Ablauf der in *Buchstabe c* erwähnten Frist nicht den Vorschriften angepasst hat, wird der Ausschuss davon in Kenntnis gesetzt; der Ausschuss gibt dem Minister eine Stellungnahme ab. Der Minister kann auf Vorschlag des Ausschusses die Zulassung der Stelle entziehen. Nach Entscheidung des Ministers wird die Stelle davon in Kenntnis gesetzt.
- e) Die Zulassung wird von Amts wegen entzogen, wenn die zugelassene Stelle ihre Tätigkeiten einstellt oder überträgt.

Abschnitt 6.3.10 - Elektrische Anlagen öffentlicher Dienste

- a) Föderale Behörden können elektrische Anlagen, deren Eigentümer, Verwalter oder Mieter sie sind, durch den Kontrolldienst des für die Gebäuderegie zuständigen föderalen öffentlichen Dienstes prüfen lassen.
- b) Regionalbehörden können elektrische Anlagen, deren Eigentümer, Verwalter oder Mieter sie sind, durch eigene Kontrolldienste oder durch den Kontrolldienst des für die Gebäuderegie zuständigen föderalen öffentlichen Dienstes prüfen lassen.
- c) Das Ministerium der Landesverteidigung kann elektrische Anlagen, deren Eigentümer, Verwalter oder Mieter es ist, durch seinen eigenen Kontrolldienst prüfen lassen.
- d) Die Belgischen Eisenbahnen können elektrische Anlagen, deren Eigentümer oder Verwalter sie sind, durch ihren eigenen Kontrolldienst prüfen lassen.

Kapitel 6.4 - Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme

Abschnitt 6.4.1 - Allgemeines

Hochspannungsanlagen, auch solche, die durch private Anlagen versorgt werden, werden vor Ingebrauchnahme dieser Anlagen bzw. bei wesentlichen Änderungen oder Erweiterungen von bestehenden elektrischen Anlagen einer Prüfung der Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches unterzogen.

Die Konformitätsprüfung wird vor Ort entweder durch eine zugelassene Stelle oder durch eine gemäß den Vorschriften von *Kapitel 6.3* ermächtigte bzw. beauftragte Behörde durchgeführt.

Die Prüfung der Konformität von elektrischen Anlagen muss im spannungsfreien Zustand durchgeführt werden und umfasst:

- verwaltungstechnische Kontrollen,
- Sichtkontrollen,
- Kontrollen durch Prüfungen,
- Kontrollen durch Messungen.

Abschnitt 6.4.2 - Verwaltungstechnische Kontrollen

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung verwaltungstechnischer Kontrollen festlegen.

Abschnitt 6.4.3 - Sichtkontrollen

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung von Sichtkontrollen festlegen.

Abschnitt 6.4.4 - Kontrollen durch Prüfungen

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung von Kontrollen durch Prüfungen festlegen.

Abschnitt 6.4.5 - Kontrollen durch Messungen

Unterabschnitt 6.4.5.1 - Allgemeines

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung von zusätzlichen Kontrollen durch Messungen festlegen.

Unterabschnitt 6.4.5.2 - Kontrolle von Erdungsanlagen

Bei einer Kontrolle von Erdungsanlagen wird Folgendes geprüft:

- Unversehrtheit lokaler Erdungsanlagen,
- Durchgängigkeit von Erdungen.
 - Die Kontrolle erfolgt durch Messung einer oder mehrerer der folgenden Größen:
- Erdungswiderstand R_E ,
- Schleifenimpedanz Z_{EB} ,
- Erdungsimpedanz Z_E .
- Bemerkungen
- Die Schleifenimpedanz Z_{EB} eines Erders ist ein Schätzwert des Erdungswiderstands R_E , soweit die Impedanz aller anderen Erder der Anlage oder des Netzes, vom Messpunkt aus gesehen, einen viel kleineren Wert aufweist.
- Die Messung der Schleifenimpedanz dient auch als Test der lokalen Durchgängigkeit der Verbindungen zwischen Erdungen.
- Die Erdungsimpedanz Z_E der Anlage ist der Hauptparameter zur Gewährleistung des aktiven Schutzes gegen elektrischen Schlag. Sie kann mit derselben Methode wie für die Bestimmung des ursprünglichen Werts von R_E gemessen werden.
- Alle Impedanzwerte werden als Betrag ausgedrückt.
 - Bei der Konformitätsprüfung wird der Erdungswiderstand R_E gemessen.

Abschnitt 6.4.6 - Berichte

Unterabschnitt 6.4.6.1 - Allgemeines

Nach einer Konformitätsprüfung wird ein Bericht gemäß *Unterabschnitt 6.4.6.4* erstellt. Dieser Bericht über die Konformitätsprüfung, auch Kontrollbericht genannt, wird in die Akte der elektrischen Anlage eingefügt.

Die zugelassene Stelle oder die befugte Behörde, die diese Konformitätsprüfung durchgeführt hat, bewahrt mindestens fünf Jahre lang eine Kopie dieses Berichts auf.

Der Bericht über die Konformitätsprüfung muss dem Eigentümer, Verwalter oder Betreiber schriftlich oder in elektronischer Form übermittelt werden.

Der Eigentümer, Verwalter, Betreiber oder die zugelassene Stelle legt den Bericht über die Konformitätsprüfung auf Ersuchen des mit der Überwachung beauftragten Beamten vor. Auf Verlangen des mit der Überwachung beauftragten Beamten muss der Eigentümer, Verwalter, Betreiber oder die zugelassene Stelle der Verwaltung ebenfalls eine Kopie dieser Unterlage zukommen lassen.

Die zugelassene Stelle oder die befugte Behörde, die die Prüfung durchführt, trägt ihre Feststellungen zudem in ein Sonderregister ein, das zu diesem Zweck geführt wird und auf Ersuchen des mit der Kontrolle oder Überwachung beauftragten Beamten vorgelegt wird.

Unterabschnitt 6.4.6.2 - Spezifische Bestimmungen für Berichte über neue elektrische Anlagen

Bevor die Leistung einer neuen elektrischen Hochspannungsanlage aus einem von einem Netzbetreiber betriebenen elektrischen Hochspannungsnetz bereitgestellt wird, vergewissert sich der Netzbetreiber bzw. die Person, die er zu diesem Zweck bevollmächtigt hat, dass der Bericht vorliegt, in dem die Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches bestätigt wird.

Unterabschnitt 6.4.6.3 - Spezifische Bestimmungen für Berichte über Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

Spezifische Bestimmungen für Berichte über Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen werden in *Kapitel 7.1* festgelegt.

Unterabschnitt 6.4.6.4 - Inhalt des Berichts über die Konformitätsprüfung

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln in Bezug auf Form und Inhalt des Berichts festlegen.

Kapitel 6.5 - Kontrollbesuche

Abschnitt 6.5.1 - Allgemeines

Hochspannungsanlagen, auch solche, die durch private Anlagen versorgt werden, werden einem Kontrollbesuch vor Ort entweder durch eine zugelassene Stelle oder durch eine gemäß den Vorschriften von *Kapitel 6.3* dazu befugte bzw. damit beauftragte Behörde unterzogen.

Der Kontrollbesuch bezieht sich auf die Aufrechterhaltung der Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches. Elektrische Anlagen müssen während des Kontrollbesuchs spannungsfrei geschaltet werden können.

Der Kontrollbesuch umfasst:

- verwaltungstechnische Kontrollen,
- Sichtkontrollen,
- Kontrollen durch Prüfungen,
- Kontrollen durch Messungen.

Abschnitt 6.5.2 - Häufigkeit von Kontrollbesuchen

Nach der Konformitätsprüfung werden elektrische Anlagen mindestens jährlich überprüft.

Abschnitt 6.5.3 - Verwaltungstechnische Kontrollen

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung verwaltungstechnischer Kontrollen festlegen.

Abschnitt 6.5.4 - Sichtkontrollen

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung von Sichtkontrollen festlegen.

Abschnitt 6.5.5 - Kontrollen durch Prüfungen

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung von Kontrollen durch Prüfungen festlegen.

Abschnitt 6.5.6 - Kontrollen durch Messungen

Unterabschnitt 6.5.6.1 - Allgemeines

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln für die Ausführung von zusätzlichen Kontrollen durch Messungen festlegen.

Unterabschnitt 6.5.6.2 - Kontrolle von Erdungsanlagen

Bei einer Kontrolle von Erdungsanlagen wird Folgendes geprüft:

- Unversehrtheit lokaler Erdungsanlagen,
- Durchgängigkeit von Erdungen.
 - Die Kontrolle erfolgt durch Messung einer oder mehrerer der folgenden Größen:
- Erdungswiderstand R_E ,
- Schleifenimpedanz Z_{EB} ,
- Erdungsimpedanz Z_E .
- Bemerkungen
- Die Schleifenimpedanz Z_{EB} eines Erders ist ein Schätzwert des Erdungswiderstands R_E , soweit die Impedanz aller anderen Erder der Anlage oder des Netzes, vom Messpunkt aus gesehen, einen viel kleineren Wert aufweist.

- Die Messung der Schleifenimpedanz dient auch als Test der lokalen Durchgängigkeit der Verbindungen zwischen Erdungen.
- Die Erdungsimpedanz Z_E der Anlage ist der Hauptparameter zur Gewährleistung aktiven Schutzes gegen elektrischen Schlag. Sie kann mit derselben Methode wie für die Bestimmung des ursprünglichen Werts von R_E gemessen werden.
- Alle Impedanzwerte werden als Betrag ausgedrückt.
 - Beim ersten Kontrollbesuch wird die Erdungsimpedanz Z_E gemessen. Das Ergebnis dieser Messung ist zufriedenstellend, wenn Z_E unter dem zulässigen Höchstwert für R_E bleibt.

Wenn der Wert von Z_E unter 1Ω liegt und sofern eine Verbindung mit anderen Erdungsanlagen besteht, muss bei späteren Kontrollbesuchen eine Messung der Schleifenimpedanz Z_{EB} erfolgen. Diese Maßnahme kann mit oder ohne Ausschaltung des Erdungsleiters durchgeführt werden.

Der Wert von Z_{EB} muss über Z_E und unter dem größten der beiden folgenden Grenzwerte liegen:

- ursprünglicher Wert von $R_E + 1 \Omega$ oder
- ursprünglicher Wert von $R_E + 50 \%$.
 - Bei Überschreitung muss R_E erneut gemessen werden und muss die Durchgängigkeit der Erdungsanlage durch Messung von Z_{EB} geprüft werden.

Wenn der Wert von Z_E 1Ω oder mehr beträgt, muss R_E gemessen werden. Bei späteren Kontrollbesuchen wird das Verfahren wiederholt.

Abschnitt 6.5.7 - Berichte

Unterabschnitt 6.5.7.1 - Allgemeines

Nach einem Kontrollbesuch wird ein Bericht gemäß *Unterabschnitt 6.5.7.2* erstellt. Dieser Bericht über den Kontrollbesuch wird in die Akte der elektrischen Anlage eingefügt.

Die zugelassene Stelle oder die befugte Behörde, die diesen Kontrollbesuch durchgeführt hat, bewahrt mindestens fünf Jahre lang eine Kopie dieses Berichts auf.

Der Bericht über den Kontrollbesuch muss dem Eigentümer, Verwalter oder Betreiber schriftlich oder in elektronischer Form übermittelt werden.

Der Eigentümer, Verwalter, Betreiber oder die zugelassene Stelle legt den Bericht über den Kontrollbesuch auf Ersuchen des mit der Überwachung beauftragten Beamten vor. Auf Verlangen des mit der Überwachung beauftragten Beamten muss der Eigentümer, Verwalter, Betreiber oder die zugelassene Stelle der Verwaltung ebenfalls eine Kopie dieser Unterlage zukommen lassen.

Die zugelassene Stelle oder die befugte Behörde, die die Kontrolle durchführt, trägt ihre Feststellungen zudem in ein Sonderregister ein, das zu diesem Zweck geführt wird und auf Ersuchen des mit der Kontrolle oder Überwachung beauftragten Beamten vorgelegt wird.

Unterabschnitt 6.5.7.2 - Inhalt des Berichts über den Kontrollbesuch

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass nähere Regeln in Bezug auf Form und Inhalt des Berichts festlegen.

Teil 7 - Vorschriften für Anlagen und Orte besonderer Art

KAPITEL 7.1 - EXPLOSIONSSCHUTZ IN EXPLOSIONSFÄHIGER ATMOSPHERE	102
Abschnitt 7.1.1 - Anwendungsbereich.....	102
Abschnitt 7.1.2 - Begriffe und Begriffsbestimmungen.....	102
Abschnitt 7.1.3 - Allgemeine Gefahrenverhütungsmaßnahmen	102
Abschnitt 7.1.4 - Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche	102
Abschnitt 7.1.5 - Bestimmung der Zonen	103
Abschnitt 7.1.6 - Unterlagen	103
Abschnitt 7.1.7 - Wahl und Benutzung von elektrischen Maschinen und Geräten und ihre Schutzsysteme.....	104
Abschnitt 7.1.8 - Installation elektrischer Betriebsmittel	105
Unterabschnitt 7.1.8.1 - Allgemeines	105
Unterabschnitt 7.1.8.2 - Installation und Instandhaltung elektrischer Maschinen und Geräte	105
Unterabschnitt 7.1.8.3 - Reparatur elektrischer Maschinen und Geräten.....	106
Unterabschnitt 7.1.8.4 - Verlegung elektrischer Leitungen	106
Unterabschnitt 7.1.8.5 - Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	107
Unterabschnitt 7.1.8.6 - Not-Ausschaltung	108
Abschnitt 7.1.9 - Schutz gegen Temperaturanstieg und Funkenbildung.....	108
Unterabschnitt 7.1.9.1 - Allgemeines	108
Unterabschnitt 7.1.9.2 - Potentialausgleich	108
Unterabschnitt 7.1.9.3 - Galvanischer Kontakt	108
Unterabschnitt 7.1.9.4 - Elektrostatische Entladungen	108
Unterabschnitt 7.1.9.5 - Kathodischer Schutz.....	108
Abschnitt 7.1.10 - Ausnahmen bei der Wahl der Betriebsmittel	109

Kapitel 7.1 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre

Abschnitt 7.1.1 - Anwendungsbereich

Die allgemeinen Vorschriften der anderen Teile des vorliegenden Buches gelten für die in vorliegendem Kapitel 7.1 behandelten Anlagen und Orte besonderer Art. Diese allgemeinen Vorschriften werden durch die Vorschriften des vorliegenden Kapitels ergänzt.

Die besonderen Vorschriften des vorliegenden Kapitels gelten für elektrische Anlagen in den nachfolgend bestimmten explosionsgefährdeten Bereichen.

Diese Bestimmungen gelten nicht für die Benutzung von Gasverbrauchseinrichtungen, auf die die Bestimmungen des Königlichen Erlasses vom 3. Juli 1992 über das Inverkehrbringen von Gasverbrauchseinrichtungen anwendbar sind, weil diese Gasverbrauchseinrichtungen selbst nicht als Freisetzungquellen, die eine explosionsfähige Atmosphäre erzeugen können, betrachtet werden.

Abschnitt 7.1.2 - Begriffe und Begriffsbestimmungen

Atmosphärische Bedingungen: Umgebungsbedingungen, bei denen der Druck zwischen 80 kPa (0,8 bar) und 110 kPa (1,1 bar) und die Temperatur zwischen -20 °C und +40 °C (Gase) bzw. +60 °C (Staub) schwanken kann und bei denen der Sauerstoffgehalt 21 ± 1 Volumenprozent beträgt.

Explosionsfähige Atmosphäre: Gemisch aus Luft und entflammaren Stoffen in Form von Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Staubpartikeln unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.

Explosionsgefährdeter Bereich: Bereich, in dem eine explosionsfähige Gasatmosphäre in solchen Mengen vorliegt oder erwartet werden kann, dass besondere Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich der Bauweise, der Installation und der Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln erforderlich sind, um den Schutz von Personen und Gütern gegen die Gefahren explosionsfähiger Atmosphären zu gewährleisten.

Nichtexplosionsgefährdeter Bereich: Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre nicht in solchen Mengen zu erwarten ist, dass besondere Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich der Bauweise, der Installation und der Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln erforderlich sind.

Freisetzungquelle: Punkt oder Ort, an dem ein entflammbarer Stoff freigesetzt werden kann. Schichten, Ablagerungen und Haufen aus brennbarem Staub werden ebenfalls als Freisetzungquellen betrachtet.

Abschnitt 7.1.3 - Allgemeine Gefahrenverhütungsmaßnahmen

In oder in der Nähe von explosionsgefährdeten Bereichen werden Maßnahmen ergriffen, um:

- explosionsgefährdete Bereiche und ihre Ausdehnung auf ein striktes Minimum zu reduzieren,
- die Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln in diesen Bereichen möglichst einzuschränken,
- zu verhindern, dass elektrische Betriebsmittel eine explosionsfähige Atmosphäre entzünden,
- Ausfälle und Zwischenfälle, die eine explosionsfähigen Atmosphäre erzeugen können, zu begrenzen.
- Ausfälle und Zwischenfälle, die eine explosionsfähige Atmosphäre erzeugen können, werden auf der Grundlage einer Risikoanalyse und -bewertung, insbesondere hinsichtlich ihrer Häufigkeit und der Dauer, für die jede explosionsfähige Atmosphäre bestehen bleiben kann, als zum bestimmungsgemäßen Betrieb gehörend oder als nicht zum bestimmungsgemäßen Betrieb gehörend eingestuft.

Abschnitt 7.1.4 - Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von explosionsfähigen Atmosphären wie folgt in Zonen eingeteilt:

Zone 0: Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und entflammaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 1: Bereich, in dem sich bei bestimmungsgemäßem Betrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und entflammaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

Zone 2: Bereich, in dem bei bestimmungsgemäßem Betrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und entflammaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Zone 20: Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 21: Bereich, in dem sich bei bestimmungsgemäßem Betrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

Zone 22: Bereich, in dem bei bestimmungsgemäßem Betrieb eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Abschnitt 7.1.5 - Bestimmung der Zonen

Bevor die Zonen und ihre Ausdehnung bestimmt werden, stellt der Betreiber sicher, dass die für ihre Bestimmung erforderlichen Daten gemäß den nachstehenden *Buchstaben a bis k* verfügbar sind.

Bei der Einteilung von explosionsgefährdeten Bereichen wird mindestens Folgendes berücksichtigt:

- a) Art der Anlage, Art der Tätigkeit und angewendete Verfahren,
- b) Arbeitsbedingungen und benutzte Geräte,
- c) Eigenschaften entflammbarer gasförmiger Stoffe, insbesondere Konzentration, relative Dichte, Mindestzündtemperatur, Mindestzündenergie, Dampfdruck, Explosionsgrenzen, ...,
- d) Eigenschaften entflammbarer staubförmiger Stoffe, insbesondere Partikelgröße und ihre Konzentration in der Luft, Feuchtigkeitsgehalt, Selbstentzündungstemperatur, Mindestzündtemperatur, Mindestzündenergie, Explosionsgrenzen, ...,
- e) Lage und Eigenschaften (Durchflussmenge, Häufigkeit und Dauer der Freisetzung, ...) der Freisetzungsquellen und Menge der freigesetzten brennbaren Stoffe,
- f) Vorhandensein von Hindernissen (Wände, Dächer, ...), die die Verdünnung und Verstreuung der brennbaren Stoffe beeinflussen können, und Vorhandensein von Räumen (Hohlräume, Elektroinstallationsrohre, ...), in denen sich brennbare Stoffe ansammeln oder leicht bewegen können,
- g) Öffnungen in den unter *Buchstabe f* erwähnten Hindernissen,
- h) Wirksamkeit der Dichtungen,
- i) Druckunterschied zwischen:
 - explosionsgefährdeten Bereichen,
 - explosionsgefährdeten und nichtexplosionsgefährdeten Bereichen,
- j) Schichten, Ablagerungen aus brennbarem Staub und deren kumulative Wirkung,
- k) Eigenschaften von natürlicher und/oder künstlicher Belüftung und Luftströmungen, die zur Bildung von Staubwolken führen können.

Beeinflusst die künstliche Belüftung die Bestimmung der Art der Zonen und/oder ihre Ausdehnung, muss die Zuverlässigkeit der künstlichen Belüftung berücksichtigt werden.

Die Bestimmung der Zonen und ihre Abgrenzung beruht auf:

- Berechnungen,
 - Messungen,
 - Erfahrung
 - oder einer Kombination der vorerwähnten Kriterien.
- Wurden die explosionsgefährdeten Bereiche einer technischen Betriebseinheit bestimmt, dürfen ohne vorherige Rücksprache mit der für die Bestimmung dieser Bereiche verantwortlichen Person weder die Ausrüstung noch die Betriebsverfahren verändert werden.

Abschnitt 7.1.6 - Unterlagen

Die in *Abschnitt 7.1.5* erwähnten Daten werden in einem ausführlichen Bericht genau angegeben; die geografischen Abmessungen der Zonen werden auf einem oder mehreren Zonenplänen festgehalten.

Dieser Zonenbericht enthält die Daten, auf denen die Bestimmung der Zonen und ihrer Ausdehnung beruht, die Schlussfolgerungen und ihre Rechtfertigung.

Der Zonenbericht und der Zonenplan können in Bezug auf die jeweils andere Unterlage identifiziert werden.

Diese Unterlagen müssen vom Betreiber oder von seinem Beauftragten und vom Vertreter der in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stelle gebilligt und paraphiert werden.

Wird einer der Parameter, die für die Einteilung der Zonen ausschlaggebend waren, abgeändert, werden Zonenplan und -bericht aktualisiert und erneut vom Betreiber oder von seinem Beauftragten und vom Vertreter der zugelassenen Stelle gebilligt und paraphiert.

Abschnitt 7.1.7 - Wahl und Benutzung von elektrischen Maschinen und Geräten und ihre Schutzsysteme

In explosionsgefährdeten Bereichen entsprechen elektrische Maschinen und Geräte und Schutzsysteme je nach Datum des Inverkehrbringens entweder den Bestimmungen des Königlichen Erlasses vom 22. Juni 1999 oder den Bestimmungen des Königlichen Erlasses vom 21. April 2016 über das Inverkehrbringen von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.

In den angegebenen Zonen werden insbesondere folgende Gerätekategorien benutzt, sofern sie sich für die betreffenden Gase, Dämpfe oder Nebel und/oder den betreffenden Staub eignen:

- in Zone 0 und Zone 20 Geräte der Kategorie 1,
- in Zone 1 und Zone 21 Geräte der Kategorie 1 oder 2,
- in Zone 2 und Zone 22 Geräte der Kategorie 1, 2 oder 3.

In Abweichung von den Absätzen 1 und 2 müssen elektrische Maschinen und Geräte und Schutzsysteme, die bereits vor dem 30. Juni 2003 erstmals in der Europäischen Union in Verkehr gebracht wurden, nicht den Bestimmungen des Königlichen Erlasses vom 22. Juni 1999 entsprechen, wenn sie folgende drei Bedingungen erfüllen:

- Die installierten elektrischen Maschinen und Geräte und Schutzsysteme entsprechen den Vorschriften des Königlichen Erlasses vom 12. August 1981 zur Bestimmung der Sicherheitsgarantien, die elektrische Betriebsmittel zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen, hauswirtschaftliche Steckvorrichtungen und Versorgungseinrichtungen für Elektrozäune bieten müssen.
- Die Risikobewertung belegt, dass sie sicher benutzt werden können.
- Die Risikobewertung wird durch eine zugelassene Stelle, die auch für die Prüfung von elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen zugelassen ist, gebilligt.
 - Elektrische Betriebsmittel müssen Eigenschaften aufweisen, die den vorhandenen äußeren Einflüssen angepasst sind.

Elektrische Betriebsmittel werden so gewählt, dass die maximale Oberflächentemperatur ihrer Teile nicht zur Entzündung einer möglichen Staubschicht führen kann.

Besonders geachtet werden muss auf mögliche Reaktionen von elektrischen Betriebsmitteln mit vorhandenen Chemikalien.

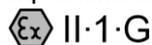
Bei der Wahl von elektrischen Betriebsmitteln werden die Angaben auf dem Leistungsschild und die (je nach Datum des Inverkehrbringens) entweder im Königlichen Erlass vom 22. Juni 1999 oder im Königlichen Erlass vom 21. April 2016 vorgesehene Betriebsanleitung berücksichtigt, zum Beispiel die Buchstaben G (Gas) und D (Staub), Gasgruppen IIA-IIB-IIC, Temperaturklassen T1 bis T6.

Auf jeder elektrischen Maschine, jedem elektrischen Gerät und jedem Schutzsystem müssen lesbar und wischfest folgende Mindestangaben vermerkt werden:

- Name des Herstellers,
- CE-Kennzeichnung, gefolgt von den Kenndaten des Herstellers und gegebenenfalls der benannten Stelle,
- spezielles Explosionsschutzkennzeichen,



gefolgt von dem Kennzeichen, das auf die Gerätegruppe und -kategorie verweist, bei der Gerätegruppe II gefolgt von dem Buchstaben G für Bereiche, in denen explosionsfähige Gas-, Dampf-, Nebel-, Luft-Gemische vorhanden sind, und/oder von dem Buchstaben D für Bereiche, in denen Staub explosionsfähige Atmosphären bilden kann; Beispiele:



- alle für die Sicherheit bei der Benutzung unabdingbaren Hinweise; Beispiele:
 - EEx de IIB, T4
 - ExtD 22 T 135 °C
 - "NICHT UNTER SPANNUNG ÖFFNEN"

Werden am selben Ort oder im selben Bereich eines Ortes unterschiedliche entflammbare Produkte benutzt, wird für jeden Parameter vom schwersten Grad ausgegangen.

Im Falle einer explosionsfähigen Atmosphäre aufgrund von leitfähigem Staub (spezifischer elektrischer Widerstand $\leq 10^3 \Omega\text{m}$) müssen die elektrischen Geräte mindestens der Kategorie 2D angehören.

Der Betreiber muss den mit der Überwachung beauftragten Beamten und der mit der Konformitätsprüfung beauftragten zugelassenen Stelle vor der Ingebrauchnahme die erforderlichen Unterlagen zur Verfügung stellen können, damit überprüft werden kann, ob die elektrischen Betriebsmittel sich für die Betriebsbedingungen eignen und gefahrlos benutzt werden können.

Es handelt sich unter anderem:

- bei elektrischen Betriebsmitteln, auf deren Bescheinigungsnummer das Suffix X folgt, um Unterlagen mit den Bedingungen für Betrieb und/oder spezifische Installation,
- um die oben erwähnte Betriebsanleitung.

Abschnitt 7.1.8 - Installation elektrischer Betriebsmittel

Unterabschnitt 7.1.8.1 - Allgemeines

Um die Installation und Instandhaltung von elektrischen Maschinen und Geräten, die gemäß einer der in *Abschnitt 7.1.7* erwähnten Kategorien gebaut wurden, kümmern sich elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5), die die spezifischen Installations- und Instandhaltungsanforderungen für diese Art von Betriebsmitteln kennen.

Elektrische Betriebsmittel müssen so installiert werden, dass die Ableitung der von den elektrischen Betriebsmitteln bei bestimmungsgemäßem Betrieb erzeugten Wärme nicht behindert wird.

Elektrische Betriebsmittel müssen gemäß der in *Abschnitt 7.1.7* erwähnten Betriebsanleitung installiert werden.

Besonders geachtet werden muss auf die Wärmeleistung, die von Betriebsmitteln wie Transformatoren, Widerständen, Verbindungsklemmen, ... abgegeben wird.

Reicht die natürliche Belüftung nicht aus, um eine gefährliche Wärmekonzentration zu verhindern, wird eine geeignete Kühleinrichtung vorgesehen. Bei Überschreitung der für die elektrischen Betriebsmittel zulässigen Temperaturen werden diese Betriebsmittel spannungsfrei geschaltet.

Motoren, die mit variabler Frequenz und Spannung versorgt werden, müssen eine der folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Entweder verfügt der Motor über:
 - eine Schutzeinrichtung, die den Motor vor Überschreiten der zulässigen Oberflächentemperatur mithilfe von im Motor eingebauten und in den Motorunterlagen angegebenen Temperaturfühlern ausschaltet,
 - oder andere wirksame Mittel zur Begrenzung seiner Oberflächentemperatur auf einen Wert, der die zulässige Oberflächentemperatur nicht überschreitet.
- In diesen Fällen muss die Kombination aus Motor und Umformer nicht zusammen getestet werden.
- b) Oder die Kombination aus Motor, Umformer und Schutzeinrichtung ist Gegenstand einer Konformitätserklärung.

Unterabschnitt 7.1.8.2 - Installation und Instandhaltung elektrischer Maschinen und Geräte

a. Allgemeines

Elektrische Maschinen und Geräte werden so angeordnet oder geschützt, dass sich darauf möglichst wenig Staub ablagert und sie sich leicht reinigen lassen.

Installation und Instandhaltung erfolgen nach den Regeln des Fachs und unter Einhaltung der Bestimmungen der Betriebsanleitung des Herstellers. Auf nachfolgende Punkte wird besonders geachtet.

b. Zündschutzart "d"

Druckfeste Anschlüsse (Flansche) zwischen druckfesten Kapselungen (EExd) und ihren abnehmbaren Teilen (Deckel) müssen vor Korrosion geschützt werden.

Die Benutzung von Dichtungen ist nur zugelassen, wenn dies in den Unterlagen über das entsprechende Betriebsmittel vorgesehen ist.

Ersatzteile (zum Beispiel Bolzen, Kugellager, ...) dürfen nur durch Teile mit denselben Eigenschaften ersetzt werden.

c. Zündschutzart "e"

Bei Kurzschlussläufermaschinen, einschließlich Synchronmaschinen, die nicht über einen Frequenzumrichter oder Starter gesteuert werden, muss die Schutzeinrichtung unter Berücksichtigung der maximalen Anwärmzeit " t_E " und des auf dem Leistungsschild angegebenen Anzugstromverhältnisses I_A/I_N gewählt und eingestellt werden.

Kann die Zeit t_E nicht eingehalten werden, müssen angemessene alternative Schutzmittel eingesetzt werden.

d. Zündschutzart "p"

Bei elektrischen Maschinen und Geräten mit der Schutzart "Überdruckkapselung" (EExp) sind die Leitungen für die Zu- und Abfuhr von Schutzgasen für einen Überdruck ausgelegt, der:

- entweder dem Anderthalbfachen des vom Hersteller angegebenen maximalen Überdrucks bei bestimmungsgemäßem Betrieb entspricht
- oder dem maximalen Überdruck, den die Überdruckquelle erreichen kann, wenn alle Auslässe mit mindestens 200 Pa (2 mbar) geschlossen sind.
- Für Leitungen verwendete Werkstoffe halten sowohl den Auswirkungen des verwendeten Schutzgases stand als auch den Auswirkungen der Gase oder Dämpfe in den betreffenden explosionsgefährdeten Bereichen.

Stellen, an denen das Schutzgas in die Zufuhrleitungen gesaugt wird, müssen sich außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche befinden.

Saugleitungen, in denen der Druck des Schutzgases niedriger ist als der Luftdruck, müssen luftdicht verschlossen sein.

In Zone 1 endende Abfuhrleitungen müssen über einen Funkenschutz verfügen.

Dies gilt auch für Abfuhrleitungen in Zone 2, wenn bei bestimmungsgemäßem Betrieb in der Nähe der zu schützenden Betriebsmittel Funken auftreten können.

Überdrucksysteme (EExp), die vor Ort zusammengebaut werden, müssen Sicherheitsgarantien bieten, die den besonderen Vorschriften der vom König bestätigten einschlägigen Normen gleichwertig sind, oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

e. Zündschutzart "o"

Es werden Maßnahmen getroffen (Einrichtung, Sauberkeit), damit der Ölstand des Ölstandsanzeigers richtig und sicher abgelesen werden kann.

Unterabschnitt 7.1.8.3 - Reparatur elektrischer Maschinen und Geräten

Reparaturen elektrischer Maschinen und Geräte werden:

- entweder vom Hersteller durchgeführt
- oder von einer Fachwerkstatt unter der Aufsicht des Herstellers oder der in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stelle.
- Bringt die Reparatur keine Veränderung der Schutzeigenschaften der reparierten elektrischen Maschine bzw. des reparierten elektrischen Geräts mit sich, muss der Reparateur eine Unterlage zur Bestätigung dieser Nichtveränderung aushändigen.

Hat die Reparatur eine Veränderung der Schutzeigenschaften zur Folge, muss die reparierte elektrische Maschine bzw. das reparierte elektrische Gerät einer neuen Konformitätsprüfung gemäß dem Verfahren unterzogen werden, das in Anlage 9 des Königlichen Erlasses vom 22. Juni 1999 oder des Königlichen Erlasses vom 21. April 2016 - Einzelprüfung festgelegt ist (je nach Datum des Inverkehrbringens).

Unterabschnitt 7.1.8.4 - Verlegung elektrischer Leitungen

a. Allgemeines

Nach Möglichkeit sollten elektrische Leitungen, die nicht mit Geräten in explosionsgefährdeten Bereichen verbunden sind, aus diesen Bereichen gebannt werden.

Im Falle von ortsfesten Anlagen müssen elektrische Leitungen und Zubehörteile so installiert werden, dass sie keinen mechanischen (Schläge, Schwingungen, ...), thermischen oder chemischen (Korrosion, ...) Einflüssen ausgesetzt sind.

In staubigen explosionsgefährdeten Bereichen werden die Verlegesysteme für elektrische Leitungen (Kabelschacht, Kabelkanal, ...) so angeordnet oder geschützt, dass sich darauf möglichst wenig Staub ablagert und sie sich leicht reinigen lassen.

Es werden bauliche und/oder organisatorische Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass sich Gase und/oder Staub ansammeln, sich explosionsgefährdete Bereiche über Durchgangsrohre (Elektroinstallationsrohre, Schornsteine, Kabelkanäle oder Kabelgräben) ausdehnen und sich explosionsgefährdete Gase und/oder explosionsfähiger Staub in Durchgangsrohren anhäufen bzw. solche Gase oder solcher Staub über solche Rohre Durchlass finden.

An Stellen, an denen diese Durchgangsrohre in einen explosionsgefährdeten Bereich ein- oder austreten, sind Verschlussvorrichtungen vorgesehen.

Mit Ausnahme von unabhängigen Schutzleitern (PE) dürfen isolierte Leiter nicht als aktive Leiter benutzt werden, es sei denn, sie sind gemäß den Vorschriften von *Abschnitt 5.2.9* in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, Umhüllungen oder Systemen aus Elektroinstallationsrohren eingebaut.

Wenn sich Staub in Schichten auf elektrischen Leitungen ablagern und die Wärmeabgabe der elektrischen Leitungen behindern kann, muss die für bestimmungsgemäßen Betrieb empfohlene maximal zulässige Stromstärke I_z auf $0,8 \cdot I_z$ verringert werden.

Anschlusstechniken und Zubehörteile für den Anschluss elektrischer Leitungen (Kabel und Elektroinstallationsrohre) an elektrische Maschinen und Geräte werden so gewählt, dass die jeweilige Zündschutzart und Schutzart der Umhüllung erhalten bleiben.

Isolierte Leiter und Kabel müssen den Anforderungen von *Unterabschnitt 5.2.7.3* entsprechen, mit Ausnahme der in *Unterabschnitt 5.2.7.1* erwähnten isolierten Leiter und Kabel.

Öffnungen, die nicht für die Einführung von elektrischen Leitungen benutzt werden, müssen mit Mitteln verschlossen werden, die der jeweiligen Zündschutzart und Schutzart entsprechen.

Verschlussvorrichtungen dürfen sich nur mithilfe von Werkzeugen entfernen lassen.

Eingänge in druckfesten Kapselungen (EExd) und Umhüllungen mit erhöhter Sicherheit (EExe) müssen zertifiziert sein.

Um die maximale Oberflächentemperatur von Heizwiderstandsleitungen zu begrenzen, müssen sie und ihre Temperaturbegrenzer gemäß den Anweisungen in den dazugehörigen Unterlagen installiert werden.

b. Zündschutzart "d"

Nachdem Leiter und Kabel in Elektroinstallationsrohren verlegt wurden, müssen die Verschlüsse mit einer Dichtungsmasse gefüllt werden, die sich beim Aushärten nicht zusammenzieht oder gasdurchlässig wird. Diese Verschlüsse müssen in einem Abstand von höchstens 450 mm zu jeder druckfesten Kapselung angebracht werden.

Wenn die Umhüllung speziell für den Anschluss an eine elektrische Leitung in einem Elektroinstallationsrohr konzipiert wurde, zur Herstellung der Verbindung aber Kabel erforderlich sind, kann an den für das Elektroinstallationsrohr bestimmten Umhüllungseingang ein druckfester Adapter mit einer Rohrlänge von höchstens 150 mm angeschlossen werden.

c. Zündschutzart "e"

Anschlussklemmen für Umhüllungen mit der Zündschutzart "Erhöhte Sicherheit" (EExe) müssen zertifiziert sein.

Nicht benutzte Leiter müssen an freie Klemmen angeschlossen werden.

Mehr als einen Leiter an eine Anschlussklemme anzuschließen ist nur erlaubt, wenn dies in den Unterlagen über die Betriebsmittel vorgesehen ist. Bei Anschluss von Leitern mit unterschiedlichen Querschnitten muss besonderes achtsam vorgegangen werden.

Unterabschnitt 7.1.8.5 - Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Die Benutzung einer Einrichtung zum selbsttätigen Wiederschließen von Überstrom-Schutzeinrichtungen nach einem Fehler an der Anlage ist verboten. Diese Vorschrift gilt nicht:

- für Stromkreise innerhalb einer Zone 22 oder
- wenn bei der erforderlichen Verzögerung vor dem selbsttätigen Wiederschließen der Überstrom-Schutzeinrichtung die Sicherheitstemperatur der elektrischen Maschine oder des elektrischen Geräts berücksichtigt wird.

Wenn mit der automatischen Ausschaltung der elektrischen Betriebsmittel ein Sicherheitsrisiko verbunden ist, das höher ist als die Entzündungsgefahr, muss ein Isolationswächter vorgesehen werden, der an eine wirksame Meldeeinrichtung angeschlossen ist.

Organisatorische Maßnahmen werden ergriffen, um gemeldete gefährliche Situationen sofort zu beheben. Maßnahmen werden getroffen, die den Betrieb von Drehstrommotoren bei Ausfall einer Phase verhindern.

Unterabschnitt 7.1.8.6 - Not-Ausschaltung

Außerhalb von explosionsgefährdeten Bereichen befinden sich an sorgfältig ausgewählten Stellen Not-Ausschalteinrichtungen, wie in *Unterabschnitt 5.3.3.1 Buchstabe c* vorgesehen, die es ermöglichen, im Notfall die Stromversorgung des Bereichs zu unterbrechen.

Elektrische Betriebsmittel, deren Betrieb gewährleistet werden muss, damit keine zusätzlichen Gefahren auftreten, dürfen nicht an Notschalter angeschlossen werden.

Abschnitt 7.1.9 - Schutz gegen Temperaturanstieg und Funkenbildung

Unterabschnitt 7.1.9.1 - Allgemeines

Bauliche Maßnahmen werden ergriffen, um zu verhindern, dass elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen die Bildung von Funken oder einen gefährlichen Anstieg der Temperatur verursachen, die zurückzuführen sind auf:

- Ableit- oder Fehlerströme,
- Streuströme,
- galvanischen Kontakt mit aktiven Teilen,
- elektrostatische Entladungen,
- Entladungen, die durch kathodische Schutzanlagen verursacht werden.
 - Stecker müssen in staubigen explosionsgefährdeten Bereichen spannungsfrei eingesteckt oder entfernt werden.

Unterabschnitt 7.1.9.2 - Potentialausgleich

Körper und fremde leitfähige Teile in explosionsgefährdeten Bereichen müssen an eine Potentialausgleichsverbindung angeschlossen werden.

Die Potentialausgleichsverbindung entspricht hinsichtlich ihrer Anlage den Anforderungen von *Kapitel 5.4*.

Unterabschnitt 7.1.9.3 - Galvanischer Kontakt

Maßnahmen werden ergriffen, um jeglichen unerwünschten Kontakt mit aktiven Teilen zu verhindern.

Installations-, Einstell-, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten an oder in der Nähe von unter Spannung stehenden aktiven Teilen dürfen nicht durchgeführt werden.

Unterabschnitt 7.1.9.4 - Elektrostatische Entladungen

Was elektrostatische Entladungen angeht, werden Maßnahmen getroffen, um die Ansammlung statischer Ladungen zu vermeiden.

In dieser Hinsicht:

- wird der Oberflächenwiderstand der Umhüllungen von elektrischen Maschinen oder Geräten und von elektrischen Leitungen aus Kunststoff so gewählt, dass keine gefährliche elektrostatische Ladung zu befürchten ist ($R \leq 10^9 \Omega$),
- ist der Wert des Widerstands zwischen metallischen Umhüllungen von elektrischen Maschinen oder Geräten und fremden leitfähigen Teilen kleiner oder gleich $10^6 \Omega$.

Unterabschnitt 7.1.9.5 - Kathodischer Schutz

Metallteile mit kathodischem Schutz in explosionsgefährdeten Bereichen gelten als leitfähige anlagenfremde Teile, die als potenziell gefährlich betrachtet werden müssen.

In Zone 0 benutzte Metallteile dürfen nicht über einen kathodischen Schutz verfügen, es sei denn, er ist speziell für diese Anwendung entwickelt.

Für den kathodischen Schutz erforderliche isolierende Teile müssen sich außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs befinden. Ist dies nicht möglich, werden bauliche Maßnahmen ergriffen, um Funkenbildung aufgrund einer unbeabsichtigten Überbrückung zu verhindern.

Übergangsstellen zwischen Elektroinstallationsrohren mit kathodischem Schutz und Elektroinstallationsrohren ohne kathodischen Schutz, die Teil einer Verladeanlage für entflammbare Flüssigkeiten oder Gase sind, befinden sich im festen Teil der Verladeanlage.

Abschnitt 7.1.10 - Ausnahmen bei der Wahl der Betriebsmittel

Unter besonderen und vorübergehenden Umständen, wie bei der Instandhaltung, Reparatur, Änderung von Anlagen, dürfen elektrische Betriebsmittel benutzt werden, die nicht den vorerwähnten Vorschriften entsprechen, sofern der Betreiber oder sein Beauftragter die spezifischen Risiken, die sich aus diesen Umständen und aus der Benutzung dieser Betriebsmittel ergeben, ermittelt und bewertet.

Damit die Arbeiten sicher durchgeführt werden können, werden auf der Grundlage der Risikobewertung die zu treffenden Vorsichtsmaßnahmen festgelegt.

Anhand dieser Maßnahmen wird sichergestellt, dass bei Benutzung dieser elektrischen Betriebsmittel keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann.

Zu diesem Zweck werden gezielte Kontrollmessungen durchgeführt, sodass in allen Bereichen, in denen diese elektrischen Betriebsmittel benutzt werden, zuverlässig festgestellt werden kann, dass keine explosionsfähige Atmosphäre besteht.

Kontrollmessungen werden mit kalibrierten Messgeräten durchgeführt, die unter Berücksichtigung der ursprünglichen Gefahrenzone und der Eigenschaften der explosionsfähigen Atmosphäre gewählt werden.

Diese Messungen werden vor Beginn der Arbeiten und, falls es laut Risikobewertung erforderlich ist, während der Arbeiten durchgeführt.

Ermittlung und Bewertung der Risiken, Festlegung der zu treffenden Sicherheitsmaßnahmen und Durchführung der weiter oben erwähnten Kontrollmessungen werden unter der Verantwortung des Anlagenverwalters von einer befugten Person vorgenommen.

Teil 8 - Besondere Vorschriften in Bezug auf bestehende elektrische Anlagen

KAPITEL 8.1 - EINLEITUNG	111
Abschnitt 8.1.1 - Begriffsbestimmungen	111
Abschnitt 8.1.2 - Auf der Grundlage der früheren A.O.E.A. geprüfte bestehende elektrische Anlagen	111
KAPITEL 8.2 - ABWEICHUNGSBESTIMMUNGEN FÜR BESTEHENDE ELEKTRISCHE ANLAGEN.....	111
Abschnitt 8.2.1 - Alte elektrische Anlagen	111
Unterabschnitt 8.2.1.1 - Elektrische Anlagen an Orten, an denen keine in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnten Personen beschäftigt sind.....	111
Unterabschnitt 8.2.1.2 - Elektrische Anlagen an Orten, an denen in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnte Personen beschäftigt sind	112
Abschnitt 8.2.2 - Elektrische Anlagen nach früherer A.O.E.A.	112
Unterabschnitt 8.2.2.1 - Allgemeines	112
Unterabschnitt 8.2.2.2 - Abweichungsbestimmungen.....	113
KAPITEL 8.3 - KONTROLLBESUCH EINER ALTEN ELEKTRISCHEN ANLAGE AN ORTEN, AN DENEN KEINE IN ARTIKEL 2 DES GESETZES VOM 4. AUGUST 1996 ÜBER DAS WOHLBEFINDEN DER ARBEITNEHMER BEI DER AUSFÜHRUNG IHRER ARBEIT ERWÄHNTEN PERSONEN BESCHÄFTIGT SIND	113

Kapitel 8.1 - Einleitung

Abschnitt 8.1.1 - Begriffsbestimmungen

Für die Anwendung von *Teil 8* versteht man unter:

früherer A.O.E.A.: die Allgemeine Ordnung für elektrische Anlagen, gebilligt durch die Königlichen Erlasse vom 10. März 1981 und 2. September 1981, und ihre Abänderungen,

bestehender elektrischer Anlage: elektrische Anlagen oder Teile von elektrischen Anlagen, mit deren Errichtung vor Ort vor dem Datum des Inkrafttretens des vorliegenden Buches begonnen wurde und die keiner Konformitätsprüfung gemäß *Kapitel 6.4* des vorliegenden Buches unterzogen wurden.

Als bestehende elektrische Anlagen betrachtet werden:

- alte elektrische Anlagen oder Teile von alten elektrischen Anlagen, mit deren Errichtung vor Ort spätestens begonnen wurde:
 - a) am 1. Oktober 1981 für elektrische Anlagen in Einrichtungen ohne Elektrizitätsdienst, der sich aus elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) zusammensetzt,
 - b) am 1. Januar 1983 für andere Anlagen
(in vorliegendem Buch "alte elektrische Anlagen" genannt),
- elektrische Anlagen oder Teile von elektrischen Anlagen, die einer Konformitätsprüfung gemäß der früheren A.O.E.A. unterzogen wurden (in vorliegendem Buch "elektrische Anlagen nach früherer A.O.E.A." genannt).

Abschnitt 8.1.2 - Auf der Grundlage der früheren A.O.E.A. geprüfte bestehende elektrische Anlagen

Wenn eine bestehende elektrische Anlage, die auf der Grundlage der früheren A.O.E.A. von einer zugelassenen Stelle geprüft wurde, gegen die frühere A.O.E.A. verstößt, muss der Eigentümer, Verwalter oder Betreiber der elektrischen Anlage diese Verstöße beheben. Die Vorschriften von *Unterabschnitt 9.1.3.2* sind anwendbar.

Bei einer bestehenden elektrischen Anlage, die auf der Grundlage der früheren A.O.E.A. von einer zugelassenen Stelle geprüft wurde, wird der erste Kontrollbesuch gemäß *Abschnitt 6.5.2* binnen der Frist durchgeführt, die im letzten nach den Vorschriften der früheren A.O.E.A. erstellten Bericht vorgeschrieben ist.

Kapitel 8.2 - Abweichungsbestimmungen für bestehende elektrische Anlagen

Abschnitt 8.2.1 - Alte elektrische Anlagen

Unterabschnitt 8.2.1.1 - Elektrische Anlagen an Orten, an denen keine in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnten Personen beschäftigt sind

Folgende Abweichungsbestimmungen gelten für bestehende Teile von alten elektrischen Anlagen an diesen Orten:

1. Die elektrische Anlage wird so errichtet, dass Personen gegen die Risiken von direktem und indirektem Berühren, die Auswirkungen von Überspannungen, die insbesondere durch Isolationsfehler, Schaltvorgänge und atmosphärische Einflüsse bedingt sind, Verbrennungen und nicht elektrische Risiken infolge der Benutzung von Strom geschützt sind.

Erweist es sich als unmöglich, die vorerwähnten Risiken durch Maßnahmen auf Ebene der Konzipierung oder durch kollektive Schutzmaßnahmen zu bannen bzw. die Risiken schwerer Verletzungen durch materielle Maßnahmen zu begrenzen, muss der Zugang zu diesen Anlagen ausschließlich elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) vorbehalten sein.

2. Die elektrische Anlage wird so errichtet, dass:

1. Lichtbögen und gefährliche Oberflächentemperaturen verhindert oder damit verbundene Risiken begrenzt werden,
2. Überhitzung, Brand und Explosion verhindert oder damit verbundene Risiken begrenzt werden.

3.1 Jeder Stromkreis wird durch mindestens eine Schutzeinrichtung geschützt, die Überlaststrom abschaltet, bevor es zu einer die Isolierung, Anschlüsse, Leiter oder die Umgebung schädigenden Erwärmung kommt.

Jeder Stromkreis wird durch eine Schutzeinrichtung geschützt, die Kurzschlussstrom abschaltet, bevor gefährliche Auswirkungen auftreten.

3.2 In Abweichung von den Bestimmungen von Nr. 3.1 ist es erlaubt, bestimmte Stromkreise nicht gegen Überstrom zu schützen, sofern die in den *Unterabschnitten 4.4.3.2* und *5.2.4.1* des vorliegenden Buches vorgesehenen Bedingungen und Modalitäten eingehalten werden.

4.1 Im Hinblick auf die Ausführung von Arbeiten im spannungsfreien Zustand müssen die elektrische Anlage oder einzelne Stromkreise sicher und zuverlässig getrennt werden können.

4.2 Das betriebsmäßige Schalten der Maschinen wird sicher ausgeführt.

4.3 Die Sicherheit von Personen wird nicht durch die Auswirkungen von Spannungsänderungen oder dem Wegfallen und Wiederauftreten von Spannung gefährdet.

5. Die elektrische Anlage wird mit elektrischen Betriebsmitteln errichtet, die so gefertigt sind, dass sie bei ordnungsgemäßer Installation und Instandhaltung und bestimmungsgemäßer Benutzung die Sicherheit von Personen nicht gefährden.

6. Verwendete elektrische Betriebsmittel sind entweder durch ihren Aufbau oder durch einen zusätzlichen Schutz an die vorhandenen oder vernünftigerweise vorhersehbaren äußeren Einflüsse und Betriebsbedingungen angepasst.

7. Mögliche Anweisungen des Herstellers von elektrischen Betriebsmitteln in Bezug auf Installation, Instandhaltung und sichere Benutzung dieser Betriebsmittel werden berücksichtigt.

8. In den in *Kapitel 9.4* des vorliegenden Buches erwähnten Fällen meldet der Eigentümer, Verwalter oder Betreiber einer elektrischen Anlage die elektrische Anlage.

Unterabschnitt 8.2.1.2 - Elektrische Anlagen an Orten, an denen in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnte Personen beschäftigt sind

Buch III Titel II über elektrische Anlagen des Gesetzbuches über das Wohlbefinden bei der Arbeit gilt für bestehende Teile von alten elektrischen Anlagen an diesen Orten.

Abschnitt 8.2.2 - Elektrische Anlagen nach früherer A.O.E.A.

Unterabschnitt 8.2.2.1 - Allgemeines

Verstöße in einer elektrischen Anlage, die der früheren A.O.E.A. entspricht, gegen vorliegendes Buch gelten als behoben, wenn:

- sie entweder so angepasst werden, dass sie den Bestimmungen des vorliegenden Buches entsprechen,
- oder sie Gegenstand einer in *Unterabschnitt 8.2.2.2* erwähnten Abweichung sind
- oder Maßnahmen auf der Grundlage einer Risikoanalyse getroffen werden, um die Sicherheit von Personen und Gütern zu gewährleisten.

Die Risikoanalyse wird der mit dem Kontrollbesuch beauftragten zugelassenen Stelle und dem mit der Überwachung beauftragten Beamten zur Verfügung gestellt. Die Referenzangabe der Unterlage wird im Bericht über den Kontrollbesuch erwähnt. Diese Unterlage ist Teil der Akte der elektrischen Anlage. Sie umfasst:

- eine Identifizierung der betreffenden bestehenden Teile der elektrischen Anlage,
- Schlussfolgerungen der Risikoanalyse,
- eine Rechtfertigung der Maßnahmen, die zur Gewährleistung der Sicherheit von Personen und Gütern getroffen wurden.

Durch die in Buch III Titel II über elektrische Anlagen des Gesetzbuches über das Wohlbefinden bei der Arbeit erwähnte Risikoanalyse kann die in Absatz 1 erwähnte Anforderung der Risikoanalyse erfüllt werden.

Unterabschnitt 8.2.2.2 - Abweichungsbestimmungen

Folgende Abweichungsbestimmungen gelten für bestehende Teile von elektrischen Anlagen nach früherer A.O.E.A.:

1. Konformität der elektrischen Betriebsmittel in der elektrischen Anlage

In Abweichung von den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.1.3.1* dürfen elektrische Betriebsmittel wie elektrische Leitungen, Schutzeinrichtungen, ..., die nach den Vorschriften der früheren A.O.E.A. installiert und nach den zum Zeitpunkt ihrer Installation geltenden Regeln des Fachs gebaut wurden, in einer elektrischen Anlage in Betrieb bleiben. Bei ordnungsgemäßer Installation und Instandhaltung und bestimmungsgemäßer Benutzung dürfen elektrische Betriebsmittel die Sicherheit von Personen nicht gefährden. Sie sind entweder durch ihren Aufbau oder durch einen zusätzlichen Schutz an die vorhandenen oder vernünftigerweise vorhersehbaren äußeren Einflüsse und Betriebsbedingungen angepasst. Mögliche Anweisungen des Herstellers von elektrischen Betriebsmitteln in Bezug auf Installation, Instandhaltung und sichere Benutzung dieser Betriebsmittel werden berücksichtigt.

2. Schaltplan und Kennzeichnung von Stromkreisen

In Abweichung von den *Abschnitten 3.1.2, 3.1.3* und *5.1.6* darf folgenden Vorschriften für bestehende Teile von elektrischen Anlagen nach früherer A.O.E.A. entsprochen werden.

a. Schaltplan oder Beschreibung

Es werden ein Schaltplan und eine Beschreibung der elektrischen Anlage erstellt, die insbesondere Folgendes umfassen:

- Spannungen und Art der Ströme,
 - vorhersehbare größte Kurzschlussleistung von Verteilnetzen im Normalzustand an der Stelle, an der sich die Anlage befindet,
 - Art und Zusammensetzung der Stromkreise,
 - Eigenschaften und Einstellungen der Vorrichtungen, die die Sicherheitsabschaltung und Trennung der Stromkreise gewährleisten,
 - Lage der Erder.
- Dieser Schaltplan und diese Beschreibung stehen vor Ort allen Personen zur Verfügung, die befugt sind, diese elektrische Anlage zu beaufsichtigen, zu prüfen oder daran zu arbeiten.

b. Kennzeichnung von Stromkreisen

Abschalt- und Schutzeinrichtungen werden deutlich und sichtbar anhand von Hinweisen aus dauerhaftem Material gekennzeichnet, damit die Stromkreise zu erkennen sind, es sei denn, eine Verwechslung ist ausgeschlossen.

Gegebenenfalls werden Stromkreise so eingerichtet, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen von Prüfungen, Tests, Reparaturen oder Veränderungen der Anlage zu erkennen sind.

Damit Kabel sichtbar angebrachter Bündel zu erkennen sind, wird die Kennzeichnung gegebenenfalls in regelmäßigen Abständen wiederholt.

Kapitel 8.3 - Kontrollbesuch einer alten elektrischen Anlage an Orten, an denen keine in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnten Personen beschäftigt sind

Ist ein Kontrollbesuch einer alten elektrischen Anlage an diesen Orten erforderlich, wird dieser von einer zugelassenen Stelle durchgeführt und dient er der Überprüfung der Konformität der elektrischen Anlage mit mindestens:

- den für sie geltenden Vorschriften des vorliegenden Buches, mit Ausnahme von *Teil 8* für den Teil, mit dessen Errichtung nach dem Datum des Inkrafttretens des vorliegenden Buches begonnen wurde,
- den für sie geltenden Vorschriften des vorliegenden Buches, einschließlich *Teil 8* für den Teil, mit dessen Errichtung vor dem Datum des Inkrafttretens des vorliegenden Buches begonnen wurde.

Der für Energie zuständige Minister kann durch Erlass Modalitäten in Bezug auf Form und Inhalt des Berichts festlegen. Dieser Bericht über den Kontrollbesuch wird in die Akte der elektrischen Anlage eingefügt.

Die zugelassene Stelle oder die befugte Behörde, die diesen Kontrollbesuch durchgeführt hat, bewahrt mindestens fünf Jahre lang eine Kopie dieses Berichts auf.

Der Bericht über den Kontrollbesuch muss dem Eigentümer, Verwalter oder Betreiber schriftlich oder in elektronischer Form übermittelt werden.

Der Eigentümer, Verwalter, Betreiber oder die zugelassene Stelle legt den Bericht über den Kontrollbesuch auf Ersuchen des mit der Überwachung beauftragten Beamten vor. Auf Verlangen des mit der Überwachung beauftragten Beamten muss der Eigentümer, Verwalter, Betreiber oder die zugelassene Stelle der Verwaltung ebenfalls eine Kopie dieser Unterlage zukommen lassen.

Arbeiten, die zur Behebung der im Rahmen der regelmäßigen Kontrollbesuche festgestellten Verstöße erforderlich sind, werden unverzüglich ausgeführt und alle angemessenen Maßnahmen werden getroffen, damit diese Verstöße keine Gefahr für Personen und Güter darstellen, wenn die Anlage in Betrieb bleibt.

Für alle späteren Kontrollbesuche gelten die Vorschriften der *Abschnitte 6.5.1* und *6.5.2*.

Teil 9 - Von Personen zu berücksichtigende allgemeine Vorschriften

KAPITEL 9.1 - PFLICHTEN DES EIGENTÜMERS, VERWALTERS ODER BETREIBERS	116
Abschnitt 9.1.1 - Allgemeines.....	116
Abschnitt 9.1.2 - Routinebesuche von elektrischen Anlagen	117
Abschnitt 9.1.3 - Bei einer Konformitätsprüfung oder einem Kontrollbesuch als nicht konform befundene Anlagen.....	117
Unterabschnitt 9.1.3.1 - Konformitätsprüfung	117
Unterabschnitt 9.1.3.2 - Kontrollbesuch	117
Abschnitt 9.1.4 - Lage von unterirdischen elektrischen Leitungen.....	117
Abschnitt 9.1.5 - Unterlage in Bezug auf äußere Einflüsse.....	117
Abschnitt 9.1.6 - Zonenpläne	118
KAPITEL 9.2 - ZUTEILUNG DER CODES BA4/BA5	118
KAPITEL 9.3 - ARBEITEN AN ELEKTRISCHEN ANLAGEN	119
Abschnitt 9.3.1 - Anwendungsbereich.....	119
Abschnitt 9.3.2 - Allgemeine Vorschriften	119
Unterabschnitt 9.3.2.1 - Grundprinzip	119
Unterabschnitt 9.3.2.2 - Personal.....	119
Unterabschnitt 9.3.2.3 - Organisation.....	119
Abschnitt 9.3.3 - Betriebsarbeiten	120
Unterabschnitt 9.3.3.1 - Allgemeines	120
Unterabschnitt 9.3.3.2 - Bedienung unter Strom und Bedienung unter Spannung	120
Abschnitt 9.3.4 - Arbeitsverfahren	121
Unterabschnitt 9.3.4.1 - Vorbereitung	121
Unterabschnitt 9.3.4.2 - Arbeiten im spannungsfreien Zustand	121
Unterabschnitt 9.3.4.3 - Arbeiten unter Spannung	123
Unterabschnitt 9.3.4.4 - Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile.....	124
Abschnitt 9.3.5 - Instandhaltungsarbeiten	126
Unterabschnitt 9.3.5.1 - Allgemeines	126
Unterabschnitt 9.3.5.2 - Personal.....	126
Unterabschnitt 9.3.5.3 - Reparaturarbeiten.....	126
Unterabschnitt 9.3.5.4 - Austauscharbeiten.....	126
Unterabschnitt 9.3.5.5 - Vorübergehende Unterbrechung.....	127
Unterabschnitt 9.3.5.6 - Abschluss der Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten.....	127
Abschnitt 9.3.6 - Besondere Vorsichtsmaßnahmen	127
Unterabschnitt 9.3.6.1 - Arbeiten in der Nähe von Freileitungen und unterirdischen Kabeln	127
KAPITEL 9.4 - SICHERHEITSZEICHEN.....	127
Abschnitt 9.4.1 - Schilder zur Warnung vor den Gefahren elektrischer Anlagen	127
Abschnitt 9.4.2 - Verbotsschilder	128
Abschnitt 9.4.3 - Informationsschilder	128
Abschnitt 9.4.4 - Platz und Abmessungen der Schilder	128
KAPITEL 9.5 - VERBOTSBESTIMMUNGEN	129

Kapitel 9.1 - Pflichten des Eigentümers, Verwalters oder Betreibers

Abschnitt 9.1.1 - Allgemeines

Der Eigentümer, Verwalter oder Betreiber einer elektrischen Anlage muss:

1. der zugelassenen Stelle vor den in *Kapitel 6.4* erwähnten Konformitätsprüfungen oder den in *Kapitel 6.5* erwähnten Kontrollbesuchen die in *Abschnitt 3.1.2* erwähnten Schemata, Pläne und Unterlagen und alle anderen für die Konformitätsprüfung oder den Kontrollbesuch erforderlichen Unterlagen zur Verfügung stellen,
2. die Instandhaltung der Anlage sicherstellen und Handlungen, die bei Instandhaltungen und Prüfungen, wie zum Beispiel bei der mechanischen Prüfung von Sicherungstrennern, unternommen werden, dokumentieren,
3. alle erforderlichen Maßnahmen treffen, damit die Bestimmungen des vorliegenden Buches jederzeit eingehalten werden,
4. bei Arbeiten an elektrischen Anlagen seinem Personal, das die Arbeiten ausführt, Folgendes zur Verfügung stellen:
 - a. erforderliches Material wie in *Kapitel 9.3* bestimmt,
 - b. aktualisierte Schemata, Pläne und Unterlagen der elektrischen Anlage wie in *Abschnitt 3.1.2* bestimmt,
5. Folgendes zusammenstellen und jedem Betreffenden zwecks Einsichtnahme zur Verfügung stellen:
 - a. Akte(n) der elektrischen Anlage, die Folgendes umfasst/umfassen:
 1. Schemata, Pläne und Unterlagen der elektrischen Anlage wie in *Abschnitt 3.1.2* bestimmt,
 2. mögliche Berechnungsblätter,
 3. mögliche Risikoanalysen,
 4. Unterlage mit den technischen Eigenschaften des Anschlusses an das Verteilnetz,
 5. Bericht über die Konformitätsprüfung und über den letzten und vorletzten Kontrollbesuch der elektrischen Anlage,
 6. Unterlage mit den Änderungen, die seit dem letzten Besuch einer zugelassenen Stelle an der Anlage vorgenommen wurden.

Diese Akte(n) muss/müssen vor Ort aufbewahrt werden,
 - b. schriftliche Anweisungen, die sowohl für die Sicherheit als auch für die Rettung von Personen bei einem Unfall erforderlich sind,
 - c. das in *Abschnitt 9.1.2* erwähnte Sonderregister der Routinebesuche,
 - d. Unterlagen und Maßnahmen zur Feststellung der Konformität der elektrischen Betriebsmittel mit den Betriebsbedingungen (Erklärungen, Betriebsanleitungen, ...),
6. seinem in *Kapitel 9.3* erwähnten Personal und jedem der in *Abschnitt 9.1.2* erwähnten Vertreter ein Exemplar des vorliegenden Buches und eine Kopie der in *Nr. 5 Buchstabe b* erwähnten schriftlichen Anweisungen zur Verfügung stellen,
7. sicherstellen, dass:
 - a. mit dem Betrieb der elektrischen Anlage beauftragte Personen die Verordnungsvorschriften und Anweisungen, die sie einhalten müssen oder deren Einhaltung sie sicherstellen müssen, kennen und verstehen,
 - b. in *Kapitel 6.4* erwähnte Konformitätsprüfungen durchgeführt worden sind,
 - c. in *Kapitel 6.5* erwähnte Kontrollbesuche durchgeführt worden sind,
 - d. Konformitätsprüfungen und Kontrollbesuche alle Anlagen abdecken,
 - e. Arbeiten, die zur Behebung der im Rahmen der regelmäßigen Kontrollbesuche festgestellten Verstöße erforderlich sind, unverzüglich ausgeführt werden und alle angemessenen Maßnahmen getroffen werden, damit diese Verstöße keine Gefahr für Personen und Güter darstellen, wenn die Anlage in Betrieb bleibt,
 - f. in *Abschnitt 9.1.2* erwähnte Routinebesuche durchgeführt worden sind,
 - g. die elektrische Anlage oder ein Teil der elektrischen Anlage vor der Ingebrauchnahme einer Konformitätsprüfung unterzogen wird, wobei im Falle von Anlagen zur Versorgung mobiler Maschinen oder Geräte die gesamte Anlage von ihrem Speisepunkt bis zu den Steuerungseinrichtungen überprüft wird,
8. an sorgfältig ausgewählten Stellen eine Anleitung für Erste Hilfe bei Unfällen mit Elektrizität aushängen,
9. dem internen Dienst für Gefahrenverhütung und Schutz am Arbeitsplatz und dem Ausschuss für Gefahrenverhütung und Schutz am Arbeitsplatz die in den *Kapiteln 6.4* und *6.5* erwähnten Kontrollberichte vorlegen,
10. dem neuen Eigentümer, Verwalter oder Betreiber der elektrischen Anlage die weiter oben in *Nr. 5 Buchstabe a* erwähnte Akte übermitteln,
11. dem möglichen Mieter eine Kopie der Akte der elektrischen Anlage zur Verfügung stellen,

12. den mit der Aufsicht beauftragten Beamten des für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Föderalen Öffentlichen Dienstes und den für Energie zuständigen Föderalen Öffentlichen Dienst unverzüglich über alle Unfälle mit Personen informieren, die direkt oder indirekt auf das Vorhandensein von elektrischen Anlagen zurückzuführen sind.

Abschnitt 9.1.2 - Routinebesuche von elektrischen Anlagen

Der Betreiber einer elektrischen Hochspannungsanlage, sein Bevollmächtigter oder Angestellter muss diese Anlage mindestens einmal alle drei Monate besuchen bzw. besuchen lassen, um sicherzustellen, dass ihre Sicherheit aufrechterhalten bleibt.

Personen, die Besuche durchführen, sind verpflichtet, von ihnen festgestellte Fehler sofort ihren Auftraggebern zu melden. Zu diesem Zweck werden die Feststellungen in einem Sonderregister vermerkt. Dieses Register wird den in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stellen bzw. befugten Behörden und den mit der Kontrolle und allgemeinen Überwachung der Anlage beauftragten Bediensteten und Beamten zur Verfügung gestellt.

Abschnitt 9.1.3 - Bei einer Konformitätsprüfung oder einem Kontrollbesuch als nicht konform befundene Anlagen

Unterabschnitt 9.1.3.1 - Konformitätsprüfung

Elektrische Anlagen oder Teile von elektrischen Anlagen, bei denen im Rahmen einer Konformitätsprüfung Verstöße gegen das vorliegende Buch festgestellt werden, dürfen nicht in Gebrauch genommen werden.

Unterabschnitt 9.1.3.2 - Kontrollbesuch

Arbeiten, die zur Behebung der im Rahmen der regelmäßigen Kontrollbesuche festgestellten Verstöße erforderlich sind, werden unverzüglich ausgeführt und alle angemessenen Maßnahmen werden getroffen, damit diese Verstöße keine Gefahr für Personen und Güter darstellen, wenn die Anlage in Betrieb bleibt.

Abschnitt 9.1.4 - Lage von unterirdischen elektrischen Leitungen

Eigentümer von unterirdischen elektrischen Leitungen sind jederzeit in der Lage, die Pläne der unterirdischen Leitungen zur Verfügung zu stellen oder, in deren Ermangelung, die für ihre Lokalisierung notwendigen Angaben zu machen.

Diese Auskunft erteilen sie jedem, der Arbeiten in der Nähe des Kabels ausführen darf, binnen einer Frist von sieben Arbeitstagen ab Empfang des zu diesem Zweck an sie gerichteten Antrags.

Abschnitt 9.1.5 - Unterlage in Bezug auf äußere Einflüsse

Äußere Einflüsse einschließlich der Orte, an denen sie Anwendung finden, werden auf der Grundlage von Daten festgelegt, die der Betreiber der Orte, an denen sich die Anlage befindet, zur Verfügung stellt.

Diese Daten werden in die Unterlage in Bezug auf äußere Einflüsse eingetragen. In dieser Unterlage in Form eines Plans, einer Tabelle oder einer Liste werden die äußeren Einflüsse der Orte eindeutig festgelegt. Sind keine spezifischen äußeren Einflüsse zu berücksichtigen, wie sie in der Tabelle mit den unspezifischen äußeren Einflüssen weiter unten aufgeführt sind, wird dies in der Unterlage bestätigt. Die Unterlage muss vom Betreiber oder von seinem Beauftragten paraphiert werden, bevor die Anlage konzipiert und errichtet wird. Der Vertreter der in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stelle paraphiert die Unterlage bei der Prüfung, um den Empfang zu bestätigen. Der Vertreter der zugelassenen Stelle muss die Übereinstimmung der Unterlage mit der Anlage überprüfen.

Die unspezifischen äußeren Einflüsse sind in *Tabelle 9.1* aufgeführt.

Tabelle 9.1 - Unspezifische äußere Einflüsse

Umgebungstemperatur	AA	1	2	3	4	5	6	7	8
Auftreten von Wasser	AD	1	2	3	4	5	6	7	8
Auftreten von festen Fremdkörpern	AE	1	2	3	4				
Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen	AF	1	2	3	4				
Mechanische Beanspruchung durch Schläge	AG	1	2	3					
Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen	AH	1	2	3					
Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel	AK	1	2						
Anwesenheit von Tieren	AL	1	2						
Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse	AM	1	2	3	4	5	6		
Sonnenstrahlung	AN	1	2						
Fähigkeiten von Personen	BA	1	2	3	4	5			
Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers	BB	1	2	3					
Kontakt von Personen mit Erdpotential	BC	1	2	3	4				
Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall	BD	1	2	3	4				
Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe	BE	1	2	3	4				
Baustoffe	CA	1	2						
Gebäudestruktur	CB	1	2	3	4				

Bemerkung: Unspezifische äußere Einflüsse sind durch schwarze Kästchen gekennzeichnet.

Der Betreiber mehrerer Anlagen derselben Art oder sein Beauftragter kann pro Anlagentyp eine eigene Liste mit unspezifischen äußeren Einflüssen erstellen. Die Liste muss vom Betreiber oder von seinem Beauftragten paraphiert werden, bevor die Anlage konzipiert und errichtet wird. Der Vertreter der in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stelle paraphiert die Liste bei der Prüfung, um den Empfang zu bestätigen. Der Vertreter der zugelassenen Stelle muss die Übereinstimmung der Unterlage mit der Anlage überprüfen.

Abschnitt 9.1.6 - Zonenpläne

Die Spezifikationen für die Erstellung von Zonenplänen mit Bezug auf Explosionsgefahren werden in *Kapitel 7.1* beschrieben.

Kapitel 9.2 - Zuteilung der Codes BA4/BA5

Die Kompetenz von Personen, die durch den Code BA4 oder BA5 gekennzeichnet ist, wird den Arbeitnehmern vom Arbeitgeber zugeteilt. Der Geltungsbereich dieser Zuteilung, der von der Art der elektrischen Anlage oder von der Art der Arbeiten abhängt, für die diese Fähigkeiten gelten, muss festgelegt werden.

Ungeachtet der Bestimmungen von Buch III Titel II Kapitel VI des Gesetzbuches über das Wohlbefinden bei der Arbeit in Bezug auf elektrische Anlagen am Arbeitsplatz trägt der Arbeitgeber bei der Beurteilung der Kompetenzen von Personen und bei der Zuteilung des Codes BA4 oder BA5 wenigstens Rechnung mit:

- den Kenntnissen des Arbeitnehmers in Bezug auf die von den elektrischen Anlagen ausgehenden Risiken, die er durch Ausbildung oder Erfahrung innerhalb oder außerhalb der Einrichtung des Arbeitgebers erworben hat,
- der Art und Vielfalt der elektrischen Anlagen, wie zum Beispiel Hoch- und Niederspannung, Netzsysteme, Art der eingesetzten elektrischen Betriebsmittel (zum Beispiel konventionelle elektrische Betriebsmittel, explosionsgeschützte Betriebsmittel), ..., auf die diese Kenntnisse anwendbar sind,
- der Vielfalt der Tätigkeiten an oder in der Nähe der elektrischen Anlagen (Arbeiten unter Spannung, Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile, Arbeiten im spannungsfreien Zustand, Schaltvorgänge, Prüf-, Inspektions- und Messarbeiten), ..., auf die diese Kenntnisse anwendbar sind.
- Diese Beurteilung der Fähigkeiten einschließlich der Beschreibung der Anlagen und Arbeiten, für die die Beurteilung gilt, ist rückverfolgbar.

Teilt der Arbeitgeber einem Arbeitnehmer einen Code für die durch den Code BA4 oder BA5 gekennzeichneten Fähigkeiten von Personen zu, legt er dies in einer Unterlage fest, in der neben dem Namen des Arbeitnehmers deutlich die Fähigkeiten und elektrischen Anlagen angegeben werden, für die die Einstufung gilt (unter anderem durch eine Beschreibung der zugelassenen Tätigkeiten, der elektrischen Anlagen, an denen oder in deren Nähe gearbeitet werden darf, ...), mit möglichen besonderen Einschränkungen, der Dauer und möglichen Bedingungen für die Aufrechterhaltung der Einstufung.

Ungeachtet der Kennzeichnung der Fähigkeiten durch die Codes BA4/BA5 müssen Arbeitgeber, jeder für seinen Zuständigkeitsbereich und auf seiner Ebene:

- dafür sorgen, dass jeder Betreffende eine ausreichende und angemessene Ausbildung erhält, die insbesondere auf seinen Arbeitsplatz oder seine Funktion ausgerichtet ist,
- die Fähigkeiten der Betreffenden in den Bereichen Sicherheit und Gesundheit berücksichtigen, wenn sie sie mit der Ausführung einer Arbeit an oder in der Nähe einer elektrischen Anlage beauftragen,
- prüfen, ob die Aufgaben so verteilt sind, dass die verschiedenen Arbeiten an oder in der Nähe einer elektrischen Anlage von Personen ausgeführt werden, die über die erforderlichen Kompetenzen verfügen oder diese aufrechterhalten haben und die erforderliche Ausbildung und erforderliche Anweisungen erhalten haben.

Kapitel 9.3 - Arbeiten an elektrischen Anlagen

Abschnitt 9.3.1 - Anwendungsbereich

Vorliegendes Kapitel:

- gilt für alle Arbeiten an, mit oder in der Nähe von elektrischen Anlagen,
- gilt nicht für Personen bei der Benutzung von elektrischen Anlagen, die für die Benutzung durch Personen, denen wie in *Abschnitt 2.10.11* bestimmt der Code BA1, BA2 oder BA3 zugeteilt wurde, konzipiert und installiert worden sind.

Abschnitt 9.3.2 - Allgemeine Vorschriften

Unterabschnitt 9.3.2.1 - Grundprinzip

Allen Arbeiten muss eine Risikobewertung vorausgehen, die dazu dient, genau festzulegen, wie Arbeiten im Hinblick auf die Gewährleistung der Sicherheit vorbereitet und durchgeführt werden müssen.

Für Betriebsarbeiten oder immer wiederkehrende Arbeiten, die unter denselben Umständen ausgeführt werden, reicht ein schriftliches allgemeines Verfahren aus, das auf einer Risikobewertung beruht.

Alle eingesetzten kollektiven und persönlichen Schutzausrüstungen und Arbeitsmittel (Werkzeuge, Messgeräte, ...) müssen für den Verwendungszweck geeignet sein, sich in einem annehmbaren Gebrauchszustand befinden und korrekt eingesetzt werden.

Falls erforderlich muss während der gesamten Dauer der Arbeiten eine angemessene Beschilderung angebracht werden.

Fehler, die eine unmittelbare Gefahr darstellen, müssen unverzüglich behoben werden.

Unterabschnitt 9.3.2.2 - Personal

An Arbeiten beteiligte Personen müssen über die Sicherheitsvorschriften und die Anweisungen des Unternehmens unterrichtet werden, die für ihre Arbeit gelten. Dauern die Arbeiten lange an oder ändern sich die Arbeitsbedingungen, müssen diese Vorschriften und Anweisungen während der Arbeiten wiederholt werden.

Unterabschnitt 9.3.2.3 - Organisation

Jede elektrische Anlage muss der Verantwortung des Anlagenverantwortlichen unterstellt werden.

Alle Arbeiten müssen der Verantwortung des Arbeitsverantwortlichen unterstehen.

Der Arbeitsverantwortliche und der Anlagenverantwortliche müssen einvernehmlich Vorkehrungen treffen, um die sichere Ausführung der Arbeiten zu gewährleisten.

Beim Anlagenverantwortlichen und Arbeitsverantwortlichen kann es sich um ein und dieselbe Person handeln.

Der Arbeitsverantwortliche muss nach Rücksprache mit dem Anlagenverantwortlichen den Arbeitsbereich festlegen. Ein angemessener Arbeitsraum und erforderliche Zugangsmittel müssen vorgesehen werden.

Wenn in der Risikobewertung eine entsprechende Notwendigkeit aufgezeigt wird, muss:

- der Arbeitsbereich und/oder der Zugang zum Arbeitsbereich abgegrenzt sein,
- eine schriftliche Vorbereitung der Arbeiten vorgenommen werden.
 - Erforderliche Informationen, ob mündlich, schriftlich oder visuell, müssen zuverlässig und unmissverständlich übermittelt werden.

Um Fehler bei der mündlichen Übertragung von Informationen zu vermeiden, muss der Empfänger die Information für den Absender hörbar wiederholen, der wiederum bestätigen muss, dass die Information korrekt übermittelt und verstanden wurde.

Die Erlaubnis, mit Arbeiten zu beginnen und die elektrische Anlage nach Abschluss der Arbeiten wieder unter Spannung zu setzen, darf nicht durch automatisch abgegebene Signale oder bei Ablauf eines aufgrund einer vorherigen Absprache bestimmten Zeitraums erteilt werden.

Abschnitt 9.3.3 - Betriebsarbeiten

Unterabschnitt 9.3.3.1 - Allgemeines

Betriebsarbeiten bedürfen der Zustimmung des Anlagenverantwortlichen und müssen von elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) durchgeführt werden. Der Anlagenverantwortliche muss, falls verlangt, über den Abschluss üblicher Betriebsarbeiten informiert werden.

Personen, die Betriebsarbeiten ausführen, müssen angemessene Vorsichtsmaßnahmen zum Schutz gegen elektrische Risiken treffen. Kollektive oder persönliche Schutzausrüstungen und Arbeitsmittel (angepasste Arbeitskleidung, Messgeräte, ...) müssen für diese Anwendung geeignet sein.

Gegebenenfalls sind die Regeln für Arbeiten im spannungsfreien Zustand, Arbeiten unter Spannung oder Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile anzuwenden.

Die Funktionstüchtigkeit der Mess- und Testgeräte muss vor und gegebenenfalls nach ihrem Einsatz überprüft werden.

Prüfungen müssen von Elektrofachkräften (BA5) durchgeführt werden, die Erfahrung mit der Prüfung ähnlicher Anlagen haben. Um Gefahren vorzubeugen, müssen Prüfungen mit geeignetem Material durchgeführt werden, wobei gegebenenfalls die durch das Vorhandensein blanker unter Spannung stehender Teile bedingten Einschränkungen zu berücksichtigen sind.

Werden Tests unter Zuhilfenahme einer externen Energieversorgungsquelle durchgeführt, müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass:

- die Anlage von jeder normalen Energieversorgungsquelle getrennt ist,
- die Anlage nicht durch eine andere Energieversorgungsquelle wiedereingeschaltet werden kann,
- während der gesamten Dauer der Tests für das gesamte anwesende Personal Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz gegen elektrische Risiken getroffen werden,
- die Trennungspunkte ausreichend isoliert sind, um der gleichzeitigen Anwendung von Prüfspannung einerseits und Arbeitsspannung andererseits standzuhalten.

Unterabschnitt 9.3.3.2 - Bedienung unter Strom und Bedienung unter Spannung

In Hochspannungsanlagen ist es verboten, Sicherungen zu bedienen, die unter Strom stehen; von dieser Regel darf abgewichen werden für Sicherungen, die Spannungswandler und Transformatoren, deren Leistung 10 kVA nicht überschreitet, schützen, unter der Bedingung, dass bei Letzteren der Niederspannungsstromkreis vollständig unterbrochen ist, bevor Primärsicherungen bedient werden.

Hochspannungstrennschalter, die unter Strom stehen, dürfen nur bei Inbetriebnahme oder Außerbetriebsetzung von Anlagen mit einer installierten Scheinleistung von höchstens 100 kVA bedient werden.

Diese Vorschrift gilt jedoch nicht, wenn die Trennschalter Sicherungen mit strombegrenzenden Einrichtungen steuern, sofern das Personal allerdings während der Bedienung geschützt ist.

Wird bei der Bedienung direkt auf aktive Teile, Hochspannungstrennschalter und -sicherungen eingewirkt, darf nur mit Geräten gearbeitet werden, deren Baugruppe aus mindestens zwei in Reihe geschalteten isolierenden Elementen besteht, von denen jedes eine ausreichende, für die Nennspannung des Netzes geeignete Isolierung aufweist. Zu diesem Zweck kann eine Bedienungsstange mit einem Isolationspegel, der dem Isolationspegel der oben erwähnten Baugruppe entspricht, benutzt werden.

Das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein von Spannung, die Außenleiterübereinstimmung, ... dürfen nur mit einem handgehaltenen Hochspannungsgerät geprüft werden, wenn dieses Gerät über eine ausreichende, für die Nennspannung des Netzes geeignete Isolierung verfügt.

Wenn elektrische Betriebsmittel direkt durch ein Hochspannungsnetz versorgt werden, darf die Steuerung und Bedienung dieser Betriebsmittel nur elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) anvertraut werden.

Abschnitt 9.3.4 - Arbeitsverfahren

Unterabschnitt 9.3.4.1 - Vorbereitung

a. Allgemeines

Der Anlagenverantwortliche oder der Arbeitsverantwortliche stellt sicher, dass ausführendes Personal vor Beginn der Arbeiten spezifische und detaillierte Anweisungen erhält. Er vergewissert sich, dass diese Anweisungen verstanden und angewendet werden.

Der Arbeitsverantwortliche unterrichtet den Anlagenverantwortlichen vor Beginn der Arbeiten über Art, Ort und Planung der beabsichtigten Arbeiten und über die Auswirkungen auf die elektrische Anlage. Bei im Voraus geplanten Arbeiten, mit Ausnahme von Betriebsarbeiten, erfolgt die Unterrichtung schriftlich.

Nur der Anlagenverantwortliche darf die Erlaubnis erteilen, mit den Arbeiten zu beginnen. Dieses Verfahren muss auch für den Fall einer Unterbrechung bestimmt werden.

Grundsätzlich werden Arbeiten im spannungsfreien Zustand durchgeführt.

Arbeiten unter Spannung dürfen nur durchgeführt werden, sofern folgende drei Bedingungen erfüllt sind:

- Die Eigenschaften der elektrischen Anlagen lassen es zu.
- Eine angemessene Arbeitsmethode wird angewendet.
- Die Betriebsanforderungen machen es erforderlich.

b. (Elektromagnetische) Induktion

Leiter oder leitfähige Teile in der Nähe unter Spannung stehender Leiter können elektrisch beeinflusst werden. Ungeachtet der Vorschriften der *Unterabschnitte 9.3.4.2* und *9.3.4.4* müssen spezifische Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, wenn an diesen Leitern oder leitfähigen Teilen, die einer Induktion unterliegen, gearbeitet wird:

- Erdung in angemessenen Abständen, um das Potential zwischen Leitern und Erde auf ein sicheres Niveau zu verringern,
- Potentialausgleichsverbindungen im Arbeitsbereich, um zu verhindern, dass Personen in eine Induktionsschleife geraten.

c. Atmosphärische Bedingungen

Bei ungünstigen atmosphärischen Bedingungen müssen Einschränkungen auferlegt werden. Wenn es zur Vermeidung von Gefahren erforderlich ist, müssen Arbeiten an Freiluftanlagen oder an Geräten, die direkt an eine solche Anlage angeschlossen sind, unverzüglich eingestellt werden, sobald Blitz zu sehen ist, Donner zu hören ist oder ein Gewitter aufzieht. Dies muss dem Anlagenverantwortlichen mitgeteilt werden.

Sind die Sichtverhältnisse im Arbeitsbereich schlecht, dürfen keine Arbeiten durchgeführt oder fortgesetzt werden.

Unterabschnitt 9.3.4.2 - Arbeiten im spannungsfreien Zustand

a. Wesentliche Vorschriften

Um sicherzustellen, dass die elektrische Anlage im Arbeitsbereich während der Dauer der Arbeiten spannungsfrei ist und bleibt, müssen folgende Maßnahmen angewendet werden:

- Arbeiten vorbereiten,
- elektrische Anlage trennen,
- gegen Wiedereinschalten der elektrischen Anlage sichern,
- Spannungsfreiheit überprüfen,
- erden, entladen und kurzschließen,
- elektrische Anlage abgrenzen und/oder schützen,
- elektrische Anlage freigeben.

b. Arbeit vorbereiten

Zur Vorbereitung gehört die Identifizierung der Anlagen, an denen gearbeitet werden muss, und der Maßnahmen, die getroffen werden müssen, um die Sicherheit zu gewährleisten und die Anlage freigeben zu können.

c. Trennen

Der Teil der Anlage, an dem Arbeiten durchgeführt werden müssen, muss gemäß den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.3.3.1* von allen Energieversorgungsquellen getrennt werden.

d. Gegen Wiedereinschaltung sichern

Schaltanlagen, die zum Trennen der elektrischen Anlage im Arbeitsbereich verwendet wurden, müssen gegen jegliche Wiedereinschaltung gesichert werden, vorzugsweise durch Verriegelung des Bedienungsmechanismus. Ist eine mechanische Verriegelung nicht möglich, müssen andere Maßnahmen ergriffen werden, um zu verhindern, dass Betriebsmittel unbeabsichtigt wieder unter Spannung geraten. Wird für die Schaltung der Abschaltanlage eine zusätzliche Hilfsenergieversorgungsquelle benötigt, muss diese außer Betrieb gesetzt werden.

Verbotsschilder müssen angebracht werden, die jeglichen Schaltvorgang untersagen. Diese Verpflichtung gilt nicht für automatische Trennsysteme.

e. Spannungsfreiheit überprüfen

Die Spannungsfreiheit muss mit geeigneten Geräten an allen aktiven Leitern der elektrischen Anlage im Arbeitsbereich oder möglichst nah am Arbeitsbereich überprüft werden.

f. Erden, entladen und kurzschließen

Im Arbeitsbereich müssen alle Teile, an denen gearbeitet werden muss, geerdet und kurzgeschlossen werden. Erdungs- und Kurzschließenrichtungen oder -mittel müssen zuerst an den Erdungspunkt und dann an die zu erdenden aktiven Teile angeschlossen werden.

Aktive Teile dieser elektrischen Anlage, die nach der Trennung noch kapazitive Ladungen aufweisen, müssen mit geeigneten Geräten entladen werden.

Anlagen, die nach der Trennung möglicherweise noch eine Restspannung aufweisen können, dürfen erst kurzgeschlossen werden, wenn diese Restspannung vollständig verschwunden ist.

Erdungs- und Kurzschließenrichtungen oder -mittel müssen, sofern es möglich ist, vom Arbeitsbereich aus sichtbar sein. Wenn dies nicht der Fall ist, müssen die Erdanschlüsse so nah wie vernünftigerweise möglich am Arbeitsbereich angebracht werden.

Müssen während der Arbeiten Leiter getrennt oder angeschlossen werden und besteht das Risiko einer Potentialdifferenz in der Anlage, müssen vor dem Trennen oder Anschließen der Leiter geeignete Maßnahmen im Arbeitsbereich getroffen werden, wie zum Beispiel Überbrückung und/oder Erdung.

In jedem Fall muss sich vergewissert werden, dass die Erdungseinrichtungen und/oder -mittel (Erdungsschalter, Kabel, Klemmen, ...) für den unbeeinflussten Kurzschlussstrom geeignet sind.

Es müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass die Erdungen während der Arbeiten sicher bleiben, außer wenn die Erdanschlüsse während Messungen oder Tests, die nicht in Gegenwart eines Kurzschlusses oder einer Erdung durchgeführt werden können, entfernt werden müssen. In diesem Fall müssen zusätzliche oder alternative Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

Bei isolierten Freileitungen, Kabeln oder anderen isolierten Leitern müssen Erdung und Kurzschließen an blanken Teilen der Trennungspunkte der Anlage erfolgen, so nah wie möglich und an beiden Seiten des Arbeitsbereichs.

g. Abgrenzen und/oder schützen

Bleiben Teile einer elektrischen Anlage in unmittelbarer Nähe zum Arbeitsbereich unter Spannung, müssen diese unter Einhaltung der Vorschriften von *Unterabschnitt 9.3.4.4* abgegrenzt und/oder geschützt werden.

h. Verfügbar machen

Die Erlaubnis, mit den Arbeiten zu beginnen, muss vom Anlagenverantwortlichen erteilt werden. Der Arbeitsverantwortliche muss dem Personal mitteilen, dass es mit den Arbeiten im freigegebenen Teil beginnen kann.

Der Arbeitsverantwortliche darf den ausführenden Personen erst dann die Erlaubnis zum Beginn der Arbeiten erteilen, wenn die unter den *Buchstaben b* bis *g* beschriebenen Maßnahmen getroffen wurden.

i. Wiedereinschalten der Spannungsversorgung

Nach Einstellung oder Abschluss der Arbeiten und Durchführung der erforderlichen Prüfungen müssen Personen, die nicht mehr unentbehrlich sind, den Arbeitsbereich verlassen. Während der Arbeiten verwendete Arbeitsmittel, Beschilderungen und kollektive Schutzausrüstungen müssen entfernt werden, wenn sie nicht für eine mögliche Fortführung der Arbeiten benötigt werden.

Die unter den *Buchstaben c* bis *g* erwähnten Maßnahmen, die zur Gewährleistung der Sicherheit während der Arbeiten getroffen wurden, müssen aufgehoben werden.

Sobald eine der in vorliegendem Unterabschnitt erwähnten Maßnahmen zur Sicherung der elektrischen Anlage aufgehoben wurde, darf dieser Teil der elektrischen Anlage nicht mehr als Bereich angesehen werden, in dem spannungsfrei gearbeitet werden kann.

Erst wenn der Arbeitsverantwortliche sicher ist, dass die elektrische Anlage gefahrlos wieder mit Spannung versorgt werden kann, muss er dem Anlagenverantwortlichen mitteilen, dass die Arbeiten abgeschlossen sind.

Erst dann darf das Verfahren zum Wiedereinschalten der Spannungsversorgung gestartet werden.

Die Arbeiten zum Wiedereinschalten der Spannungsversorgung der Anlage müssen unter der Verantwortung des Anlagenverantwortlichen durchgeführt werden.

Unterabschnitt 9.3.4.3 - Arbeiten unter Spannung

a. Allgemeines

Arbeiten unter Spannung dürfen erst begonnen werden, nachdem alle Maßnahmen zur Beseitigung der Verbrennungs-, Feuer- und Explosionsgefahr getroffen wurden.

Für Arbeiten unter Spannung müssen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von elektrischen Schlägen und Kurzschlüssen getroffen werden.

Kollektive oder persönliche Schutzausrüstungen und Arbeitsmittel (angepasste Arbeitskleidung, Messgeräte, ...) müssen für diese Anwendung geeignet sein.

b. Spezifische Ausbildung und Qualifikation

Nur Personen, die eine spezifische Ausbildung absolviert haben, dürfen nach positiver Bewertung ihrer Kompetenzen Arbeiten unter Spannung durchführen.

Die Befähigung für Arbeiten unter Spannung muss entweder durch Praxis oder durch Weiterbildungen und zusätzliche Ausbildungen aufrechterhalten werden.

c. Arbeitsmethoden - Begriffsbestimmungen

Arbeiten auf Schutzabstand > D_L: Methode zum Arbeiten unter Spannung, bei der die Person einen festgelegten Abstand zu blanken unter Spannung stehenden Teilen einhält und ihre Arbeiten mit geeigneten isolierenden Arbeitsmitteln ausführt.

Arbeiten mit Isolierhandschuhen: Methode zum Arbeiten unter Spannung, bei der die Person, deren Hände durch Isolierhandschuhe und eventuell durch einen isolierenden Armschutz elektrisch geschützt sind, bei der Ausführung ihrer Arbeit blanke unter Spannung stehende Teile direkt mechanisch berührt. Dies schließt jedoch die Anwendung der Vorschriften von Unterabschnitt 9.3.3.2 nicht aus.

Arbeiten mit direkter Berührung: Methode zum Arbeiten unter Spannung, bei der die Person bei der Ausführung ihrer Arbeit aktive Teile elektrisch berührt, nachdem sie auf dasselbe Potential gebracht und von der Umgebung isoliert wurde.

d. Arbeitsmittel, kollektive und persönliche Schutzausrüstung

Zusätzlich zu *Unterabschnitt 9.3.2.1* müssen Eigenschaften, Benutzung, Lagerung, Instandhaltung, Transport und Prüfung von Arbeitsmitteln und Vorrichtungen für Arbeiten unter Spannung festgelegt werden.

e. Umgebungsbedingungen

Bei schlechten Witterungs- oder Umgebungsbedingungen muss das Arbeiten unter Spannung eingeschränkt werden.

Erfordern die Bedingungen eine Unterbrechung der Arbeiten, muss das Personal die Anlage und die isolierenden und isolierten Vorrichtungen in einem sicheren Zustand hinterlassen. Bevor Arbeiten unter Hochspannung wieder aufgenommen werden, müssen benutzte Arbeitsmittel gegebenenfalls gemäß den Anweisungen des Herstellers behandelt werden.

f. Zusätzliche Vorschriften

Bei Hochspannungsanlagen sind Arbeiten unter Spannung vorbehaltlich der Einhaltung spezifischer Verfahren erlaubt.

Alle gewählten Methoden und Werkzeuge müssen hinsichtlich ihrer Eignung für die Anlage, an der Arbeiten durchgeführt werden, geprüft werden. Dielektrische und mechanische Eigenschaften müssen entsprechend ihrer Spezifikation bzw. der diesbezüglichen Norm gewählt werden, wobei physikalische Parameter im Arbeitsbereich berücksichtigt werden müssen.

Wenn der Arbeitsverantwortliche aufgrund der Größe des Arbeitsbereichs keine vollständige Aufsicht gewährleisten kann, muss er eine Person bestimmen, die ihn bei seiner Arbeit unterstützt.

g. Zusätzliche Vorschriften für Anlagen in explosionsfähiger Atmosphäre

Arbeiten unter Spannung sind verboten.

Auf der Grundlage einer Risikobewertung muss festgelegt werden, ob eine Ausnahme innerhalb des Arbeitsbereichs genehmigt werden kann, wenn Prüfungen gezeigt haben, dass keine Explosionsgefahr besteht.

Bei Öffnen von Geräten (zum Beispiel für den Austausch von Lampen, für Messungen, ...) sind die Anforderungen der Betriebsanleitung des Herstellers zu beachten.

Arbeiten, bei denen Wärme freigesetzt wird, sind Gegenstand eines speziellen Arbeitsverfahrens.

h. Spezifische Arbeiten unter Spannung

Arbeiten wie Reinigung, Besprühung oder Entfernen von Frostablagerungen auf Isolatoren müssen in spezifischen Arbeitsanweisungen beschrieben werden. Solche Arbeiten müssen von elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) durchgeführt werden.

Reinigungsarbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen werden unter Einhaltung folgender Vorschriften durchgeführt:

- Die Benutzungseigenschaften der Arbeitsmittel, die zum Versprühen von Reinigungsflüssigkeit (Nassreinigung) verwendet werden, der Staubsaugeranlage (Trockenreinigung) und der Flüssigkeit selbst werden durch die Nennspannung U_n der Stromkreise bestimmt, an denen gearbeitet wird.
- Die Benutzungseigenschaften (Isolationspegel, Ableitstrom, Feuchtigkeit, Durchschlagspannung, ...) der im ersten Gedankenstrich erwähnten Arbeitsmittel müssen auf einem Prüfbericht beruhen, der von einem für die betreffende Anwendung zugelassenen Labor ausgestellt wurde.
- Die Düse (Nassreinigung) und das Ansaugteil (Trockenreinigung) sind so vorgesehen, dass ihre Griffe während der Arbeiten immer außerhalb der ursprünglichen Fläche, die durch die (möglicherweise entfernten) elektrischen Schutzschirme der aktiven Teile gebildet wird, bleiben.
- Die Reinigungsflüssigkeit ist weder entflammbar noch giftig für Arbeitnehmer.
- Reinigungsarbeiten dürfen nur von einer elektrotechnisch unterwiesenen Person (BA4) oder von einer Elektrofachkraft (BA5) in Anwesenheit einer anderen Elektrofachkraft (BA5), wie in *Abschnitt 2.10.11* beschrieben, durchgeführt werden. Diese Personen haben eine praxisorientierte Ausbildung absolviert, die auf die mit dieser Arbeit verbundenen Risiken ausgerichtet ist.
- Ist eine ungeschützte unter Spannung stehende Schalttafel (IP von mindestens XX-A) vorhanden, muss die Person, die die Reinigungsarbeiten durchführt, elektrisch isolierende Arbeitskleidung tragen.
- Damit die Reinigungsflüssigkeit nicht mit Wasser gesättigt wird und das Kondenswasser nicht umherspritzen kann, werden entsprechende Maßnahmen getroffen.
- Die Reinigungsflüssigkeit darf keine Bestandteile enthalten, die die Isolierstoffe der elektrischen Schaltgeräte beschädigen können.

Unterabschnitt 9.3.4.4 - Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile

a. Allgemeines

Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile dürfen nur ausgeführt werden, wenn anhand von Sicherheitsmaßnahmen sichergestellt wird, dass unter Spannung stehende Teile nicht berührt werden können oder die Gefahrenzone nicht zu erreichen ist.

Die Abstandswerte D_v , die zur Festlegung der äußeren Grenze der Annäherungszone dienen, sind in *Abschnitt 2.11.1 Tabelle 2.22* aufgeführt.

Um die elektrischen Risiken in der Nähe unter Spannung stehender Teile unter Kontrolle zu halten, wird der Schutz anhand von Umhüllungen oder Hindernissen gewährleistet. Sind diese Maßnahmen nicht umsetzbar, muss der Schutz durch Einhaltung eines Mindestschutzabstands zu den unter Spannung stehenden Teilen, der mindestens D_L entspricht, und, falls erforderlich, durch eine entsprechende Überwachung sichergestellt werden.

Vor Beginn der Arbeiten muss der Arbeitsverantwortliche dem Personal, insbesondere Personen, die nicht mit der Arbeit in der Nähe unter Spannung stehender Teile vertraut sind, Anweisungen erteilen in Bezug auf die Einhaltung der Sicherheitsabstände, die getroffenen Sicherheitsmaßnahmen und die Notwendigkeit eines sicherheitsbewussten Verhaltens. Die Grenze des Arbeitsbereichs ist genau festzulegen und es muss auf die ungewöhnlichen Umstände oder Bedingungen hingewiesen werden. Diese Anweisungen müssen regelmäßig oder bei Änderung der Arbeitsbedingungen wiederholt werden.

b. Schutz durch Umhüllungen oder Hindernisse

Wenn solche Schutzeinrichtungen innerhalb der Gefahrenzone angebracht werden sollen, bestehen sie aus Isolierstoff und müssen angemessene Verfahren für Arbeiten im spannungsfreien Zustand bzw. Arbeiten unter Spannung angewendet werden.

Wenn solche Schutzeinrichtungen außerhalb der Gefahrenzone angebracht werden sollen, müssen dabei die Verfahren für Arbeiten im spannungsfreien Zustand angewendet werden oder Mittel benutzt werden, die verhindern, dass Personal, das die Schutzeinrichtungen anbringt, in die Gefahrenzone eindringt. Andernfalls müssen die Verfahren für Arbeiten unter Spannung angewendet werden.

c. Schutz durch Einhaltung eines sicheren Schutzabstands

Wenn durch Einhaltung eines sicheren Schutzabstands Schutz geboten wird, muss diese Methode mindestens folgende drei Punkte umfassen:

- einzuhaltender Abstand, der mindestens D_L entspricht, wobei die Art der Arbeiten und die Nennspannung der elektrischen Anlage zu berücksichtigen sind,
- Kriterien, die für die Bestimmung des Personals, das diese Arbeiten ausführen soll, anzuwenden sind,
- Verfahren, die während der Arbeiten anzuwenden sind, um ein Eindringen in die Gefahrenzone zu verhindern.
 - Falls erforderlich ist eine angemessene Überwachung vorzusehen.

d. Zusätzliche Vorschriften für Anlagen in explosionsfähiger Atmosphäre

Arbeiten in der Nähe aktiver unter Spannung stehender Teile sind verboten.

Auf der Grundlage einer Risikobewertung muss festgelegt werden, ob eine Ausnahme innerhalb des Arbeitsbereichs genehmigt werden kann, wenn Prüfungen gezeigt haben, dass keine Explosionsgefahr besteht.

Bei Öffnen von Geräten (zum Beispiel für den Austausch von Lampen, für Messungen, ...) sind die Anforderungen der Betriebsanleitung des Herstellers zu beachten.

Arbeiten, bei denen Wärme freigesetzt wird, sind Gegenstand eines speziellen Arbeitsverfahrens.

e. Von Nichtelektrikern ausgeführte nicht elektrotechnische Arbeiten

Für nicht elektrotechnische Arbeiten, wie:

- Bauarbeiten,
- Gerüstbau,
- Anbringung und Benutzung von Hebevorrichtungen, Baumaschinen, Hebebühnen und Drehleitern,
- Installationsarbeiten,
- Transportarbeiten,
- Maler- und Renovierungsarbeiten,
- Aufstellung von anderen Geräten und Baugeräten,
 - müssen die in *Abschnitt 2.11.1 Tabelle 2.22* und in *Abschnitt 2.4.1* aufgeführten Abstände mit Bezug auf den Handbereich eingehalten werden.

Bei der Festlegung des Abstands ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Netzspannung,
- Art der Arbeiten,
- zu benutzende Ausrüstung,
- die Tatsache, dass es sich bei den betreffenden Personen um Laien handelt.
 - Bei Freileitungen müssen alle möglichen Bewegungen der Leitungen und alle möglichen Bewegungen, Verschiebungen, Schwankungen, Schwingungen oder Abstürze der für die Durchführung der Arbeiten benutzten Geräte berücksichtigt werden.

Abschnitt 9.3.5 - Instandhaltungsarbeiten

Unterabschnitt 9.3.5.1 - Allgemeines

Ziel der Instandhaltung ist es, den guten Betriebszustand einer elektrischen Anlage zu erhalten. Bei der Instandhaltung kann es sich um eine "vorbeugende Instandhaltung" handeln, die systematisch durchgeführt wird, um Ausfälle zu verhindern, oder um eine "korrektive Instandhaltung", die durchgeführt wird, um defekte Teile zu reparieren oder zu ersetzen.

Es gibt zwei Arten von Instandhaltungsarbeiten:

- Arbeiten, bei denen die Sicherheit des Instandhaltungspersonals gefährdet ist und die die Anwendung des in *Abschnitt 9.3.4* beschriebenen Arbeitsverfahrens erfordern,
- Arbeiten, bei denen es aufgrund der Konzipierung der Ausrüstung möglich ist, eine sichere Instandhaltung gemäß den in *Abschnitt 9.3.5.4* beschriebenen Arbeitsverfahren durchzuführen (zum Beispiel Austausch von Sicherungen oder Lampen).

Unterabschnitt 9.3.5.2 - Personal

Bevor Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden dürfen, muss der Anlagenverantwortliche diesen zustimmen.

Wenn Instandhaltungsarbeiten an einer elektrischen Anlage durchgeführt werden, muss:

- der betreffende Teil der Anlage deutlich bestimmt werden,
- die mit der Instandhaltung beauftragte Person bestimmt werden.
 - Gegebenenfalls sind die Vorschriften für Arbeiten im spannungsfreien Zustand, Arbeiten unter Spannung oder Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile anzuwenden.

Beim Instandhaltungspersonal, das die Arbeiten ausführt, muss es sich um elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) handeln. Kollektive oder persönliche Schutzausrüstungen und Arbeitsmittel (angepasste Arbeitskleidung, Messgeräte, ...) müssen für diese Anwendung geeignet sein.

Alle Sicherheitsmaßnahmen, einschließlich der Maßnahmen, die zum Schutz von Personen und Gütern erforderlich sind, müssen getroffen werden.

Unterabschnitt 9.3.5.3 - Reparaturarbeiten

Reparaturarbeiten können unter anderem folgende Schritte umfassen:

- Erkennung und Lokalisierung des Fehlers,
- Beseitigung von Fehlern und/oder Austausch von Bestandteilen,
- Wiederinbetriebnahme des reparierten Teils der Anlage.
 - Möglicherweise müssen bei jedem Schritt andere Arbeitsverfahren angewendet werden.

Für die Erkennung und Lokalisierung von Fehlern an einer unter Spannung stehenden Anlage oder beim Einsatz von Prüfspannung müssen spezifische Arbeitsverfahren angewendet werden, die auf den in *Abschnitt 9.3.4* beschriebenen Arbeitsverfahren beruhen.

Fehler müssen gemäß den in *Abschnitt 9.3.4* beschriebenen Arbeitsverfahren behoben werden.

Um sicherzustellen, dass reparierte Teile der Anlage wieder eingeschaltet werden dürfen, müssen entsprechende Tests und Einstellungen durchgeführt werden.

Unterabschnitt 9.3.5.4 - Austauscharbeiten

a. Austausch von Schmelzleitern

Schmelzleiter müssen im spannungsfreien Zustand von einer Elektrofachkraft (BA5) gemäß den in *Abschnitt 9.3.4* beschriebenen Arbeitsverfahren ausgetauscht werden.

b. Austausch von Zubehörteilen

Normalerweise müssen abnehmbare Zubehörteile im spannungsfreien Zustand gemäß den in *Unterabschnitt 9.3.5.3* beschriebenen Arbeitsverfahren ausgetauscht werden. Nicht abnehmbare Zubehörteile müssen in Anwendung der in *Abschnitt 9.3.4* beschriebenen Arbeitsverfahren ausgetauscht werden. Es muss sichergestellt werden, dass verwendete Ersatzteile für das Instand zu haltende Gerät geeignet sind.

Unterabschnitt 9.3.5.5 - Vorübergehende Unterbrechung

Bei vorübergehender Unterbrechung der Instandhaltungs- oder Reparaturarbeiten muss der Arbeitsverantwortliche alle Maßnahmen ergreifen, die erforderlich sind, um den Zugang zu den unter Spannung stehenden Teilen oder jegliches unbefugte Schalten der elektrischen Anlage zu verhindern.

Gegebenenfalls ist der Anlagenverantwortliche darüber zu informieren.

Unterabschnitt 9.3.5.6 - Abschluss der Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten

Nach Abschluss der Instandhaltungs- oder Reparaturarbeiten muss die Person, die als Verantwortliche für die Instandhaltungsarbeiten bestimmt wurde, die Anlage an den Anlagenverantwortlichen übergeben und ihm per Nachricht mitteilen, in welchem Zustand sich die Anlage zum Zeitpunkt der Übergabe befindet.

Abschnitt 9.3.6 - Besondere Vorsichtsmaßnahmen

Unterabschnitt 9.3.6.1 - Arbeiten in der Nähe von Freileitungen und unterirdischen Kabeln

a. Bei Arbeiten in der Annäherungszone von Freileitungen zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen

Arbeiten in der Annäherungszone von Freileitungen mit "blanken oder ähnlichen Leitern" unterliegen den Vorschriften der *Abschnitte 9.3.1 bis 9.3.5* und bedürfen der vorherigen schriftlichen Erlaubnis des Verwalters der Leitung, der den Antragsteller über die spezifischen Risiken und die möglicherweise zu treffenden Sicherheitsmaßnahmen informiert.

Ferner muss bei der Festlegung der Annäherungszone vom ungünstigsten Zustand der Leitung ausgegangen werden.

b. Bei Arbeiten in der Nähe von unterirdischen elektrischen Kabeln zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen

b.1 - Grundsatz

In der Nähe eines unterirdischen elektrischen Kabels dürfen keine Erd-, Pflaster- oder ähnliche Arbeiten durchgeführt werden ohne vorherige Rücksprache mit dem Eigentümer des Grund und Bodens, der Behörde, die die möglicherweise benutzte öffentliche Straße verwaltet, und dem Verwalter des Kabels. Diese Rücksprache muss unabhängig von dem Vorhandensein von Kennzeichnungen wie in *Unterabschnitt 5.2.10.2* Buchstabe *d* und *Abschnitt 9.1.4* vorgesehen gehalten werden.

Abgesehen von dieser Rücksprache darf erst zur eigentlichen Ausführung der Arbeiten übergegangen werden, nachdem die Kabel lokalisiert worden sind.

b.2 - Dringlichkeitsfall

Die Bestimmungen von *Punkt b.1* Absatz 1 müssen nicht eingehalten werden, wenn dringende Arbeiten erforderlich sind, um die Kontinuität des Dienstes zu gewährleisten. Auch wenn es nicht möglich ist, Rücksprache zu halten, bleibt die Vorschrift der vorherigen Lokalisierung der Kabel dennoch bestehen.

b.3 - Einsatz/Benutzung von Erdbaumaschinen und mechanischen Erdbaugeräten

Maschinen oder mechanische Geräte dürfen nicht innerhalb eines Bereichs eingesetzt werden, der durch zwei vertikale Flächen in einem Abstand von 50 cm an beiden Seiten des Kabels begrenzt ist, es sei denn, Unternehmer und Verwalter des Kabels haben sich im Voraus auf die einzuhaltenden Bedingungen geeinigt.

Kapitel 9.4 - Sicherheitszeichen

Abschnitt 9.4.1 - Schilder zur Warnung vor den Gefahren elektrischer Anlagen

Ein oder mehrere Warnschilder weisen hin auf:

- nicht abgeschlossene elektrische Betriebsstätten,
- abgeschlossene elektrische Betriebsstätten,
- elektrische Anlagen, Maschinen, Geräte und Leitungen mit Niederspannung und Kleinspannung, die, abgesehen von den beiden vorerwähnten Fällen, nicht vollständig gegen direktes Berühren geschützt sind,

- elektrische Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, Maschinen, Geräte und Leitungen mit Hochspannung an gewöhnlichen Orten.
 - Für Freileitungen und unterirdische elektrische Leitungen sowie deren Zubehörteile sind solche Warnschilder jedoch nicht vorgeschrieben.

Warnschilder haben die Form eines auf eine Seite gelegten gleichseitigen Dreiecks. Entsprechend den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen sind sie mit einem schwarzen Rand gesäumt und in ihrer Mitte befindet sich vor gelbem Hintergrund ein schwarzer Blitz.

Abbildung 9.1 - Warnschild



Abschnitt 9.4.2 - Verbotsschilder

Verbotsschilder werden an bestimmten Geräten, Maschinen und elektrischen Leitungen oder an den Türen, die Zugang dazu bieten, angebracht, wenn Berührung oder Annäherung gefährlich sein kann, selbst wenn die Gefahr nicht auf den ersten Blick erkennbar ist (zum Beispiel Kondensatoren, die nach der Ausschaltung des Netzes geladen bleiben, ferngesteuerte Anlagen, ...).

Entsprechend den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen sind Verbotsschilder kreisförmig und mit einem roten Rand gesäumt, der zudem diagonal über das Schild verläuft, und in ihrer Mitte befindet sich vor weißem Hintergrund ein schwarzes Symbol, das ein unter Spannung stehendes Teil, einen Blitz und den Umriss eines Menschen darstellt.

Abbildung 9.2 - Verbotsschild



Abschnitt 9.4.3 - Informationsschilder

In Ortschaften sind an bestimmten Hochspannungsanlagen wie Umspannstationen in ausreichender Anzahl weitere Schilder vorgesehen, auf denen mindestens die vollständige Telefonnummer des Netzbetreibers angegeben ist.

Abschnitt 9.4.4 - Platz und Abmessungen der Schilder

Der Platz und die Abmessungen all dieser Schilder werden einerseits unter Berücksichtigung der Abmessungen der elektrischen Anlagen, Maschinen, Geräte und Leitungen, an denen sie angebracht werden, und andererseits unter Berücksichtigung des üblichen angemessenen Betrachtungsabstands gewählt.

Kapitel 9.5 - Verbotsbestimmungen

Mit Ausnahme der in *Kapitel 9.3* vorgesehenen Fälle ist es verboten:

- den Schutz gegen elektrischen Schlag bei direktem oder indirektem Berühren zu entfernen, beschädigen oder zerstören,
- aktive unter Spannung stehende Teile elektrischer Geräte unnötig zu berühren,
- Schutzsysteme von elektrischen Anlagen zu entfernen, beschädigen oder zerstören.

Gesehen, um dem Erlass vom 8. September 2019 zur Festlegung von Buch 1 über elektrische Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen, von Buch 2 über elektrische Hochspannungsanlagen und von Buch 3 über Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie beigefügt zu werden

Von Königs wegen:

Die Ministerin der Energie
M. C. MARGHEM

Der Minister der Beschäftigung
W. BEKE

