

Considérant l'absence de communication de l'avis dans ce délai;  
Vu l'article 84, § 4, alinéa 2, des lois sur le Conseil d'État, coordonnées le 12 janvier 1973;

Vu l'analyse d'impact de la réglementation réalisée conformément aux articles 6 et 7 de la loi du 15 décembre 2013 portant des dispositions diverses concernant la simplification administrative;

Sur la proposition de la Ministre chargée des Personnes handicapées et de l'avis des Ministres qui en ont délibéré en Conseil,

Nous avons arrêté et arrêtons :

**Article 1<sup>er</sup>.** Dans l'article 6, § 1<sup>er</sup>, alinéa 1<sup>er</sup>, de la loi du 27 février 1987 relative aux allocations aux personnes handicapées, les montants sont remplacés comme suit :

1° '5.922,33' par '6.040,78';

2° '8.883,51' par '9.061,18';

3° '12.005,50' par '12.245,61'.

**Art. 2.** Dans l'article 6, § 1<sup>er</sup>, alinéa 1<sup>er</sup>, de la loi du 27 février 1987 relative aux allocations aux personnes handicapées, les montants sont remplacés comme suit :

1° '6.040,78' par '6.191,01';

2° '9.061,18' par '9.286,53';

3° '12.245,61' par '12.550,16'.

**Art. 3.** L'article 1<sup>er</sup> entre en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2023.

L'article 2 entre en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2024.

**Art. 4.** Le présent arrêté entre en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2023.

**Art. 5.** La ministre qui a les Personnes handicapées dans ses attributions est chargée de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 29 janvier 2023

PHILIPPE

Par le Roi :

La Ministre chargée des Personnes handicapées,  
K. LALIEUX

Overwegende dat het advies niet is meegedeeld binnen die termijn;  
Gelet op artikel 84, § 4, tweede lid, van de wetten op de Raad van State, gecoördineerd op 12 januari 1973;

Gelet op de impactanalyse van de regelgeving uitgevoerd overeenkomstig artikelen 6 en 7 van de wet van 15 december 2013 houdende diverse bepalingen inzake administratieve vereenvoudiging;

Op de voordracht van de Minister belast met Personen met een handicap en op het advies van de in Raad vergaderde Ministers,

Hebben Wij besloten en besluiten Wij :

**Artikel 1.** In artikel 6, § 1, eerste lid, van de wet van 27 februari 1987 betreffende de tegemoetkomingen aan personen met een handicap worden de bedragen als volgt vervangen:

1° '5.922,33' door '6.040,78';

2° '8.883,51' door '9.061,18';

3° '12.005,50' door '12.245,61'.

**Art. 2.** In artikel 6, § 1, eerste lid, van de wet van 27 februari 1987 betreffende de tegemoetkomingen aan personen met een handicap worden de bedragen als volgt vervangen:

1° 6.040,78' door '6.191,01';

2° '9.061,18' door '9.286,53';

3° '12.245,61' door '12.550,16'.

**Art. 3.** Artikel 1 treedt in werking op 1 juli 2023.

Artikel 2 treedt in werking op 1 januari 2024.

**Art. 4.** Dit besluit treedt in werking op 1 juli 2023.

**Art. 5.** De minister bevoegd voor Personen met een handicap is belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te Brussel, op 29 januari 2023

FILIP

Van Koningswege :

De Minister belast met Personen met een handicap,  
K. LALIEUX

SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE,  
P.M.E., CLASSES MOYENNES ET ENERGIE

[C - 2023/10082]

8 SEPTEMBRE 2019. — Arrêté royal établissant le Livre 1 sur les installations électriques à basse tension et à très basse tension, le Livre 2 sur les installations électriques à haute tension et le Livre 3 sur les installations pour le transport et la distribution de l'énergie électrique. — Traduction allemande de l'annexe 3

Le texte qui suit constitue la traduction en langue allemande de l'annexe 3 de l'arrêté royal du 8 septembre 2019 établissant le Livre 1 sur les installations électriques à basse tension et à très basse tension, le Livre 2 sur les installations électriques à haute tension et le Livre 3 sur les installations pour le transport et la distribution de l'énergie électrique (*Moniteur belge* du 28 octobre 2019, *err.* des 15 janvier 2020 et 28 avril 2020 (2)).

Cette traduction a été établie par le Service central de traduction allemande à Malmedy.

FEDERALE OVERHEIDSDIENST ECONOMIE,  
K.M.O., MIDDENSTAND EN ENERGIE

[C - 2023/10082]

8 SEPTEMBER 2019. — Koninklijk besluit tot vaststelling van Boek 1 betreffende de elektrische installaties op laagspanning en op zeer lage spanning, Boek 2 betreffende de elektrische installaties op hoogspanning en Boek 3 betreffende de installaties voor transmissie en distributie van elektrische energie. — Duitse vertaling van bijlage 3

De hierna volgende tekst is de Duitse vertaling van bijlage 3 van het koninklijk besluit van 8 september 2019 tot vaststelling van Boek 1 betreffende de elektrische installaties op laagspanning en op zeer lage spanning, Boek 2 betreffende de elektrische installaties op hoogspanning en Boek 3 betreffende de installaties voor transmissie en distributie van elektrische energie (*Belgisch Staatsblad* van 28 oktober 2019, *err.* van 15 januari 2020 en 28 april 2020 (2)).

Deze vertaling is opgemaakt door de Centrale dienst voor Duitse vertaling in Malmedy.

FÖDERALER ÖFFENTLICHER DIENST WIRTSCHAFT, KMB, MITTELSTAND UND ENERGIE

[C - 2023/10082]

8. SEPTEMBER 2019 — Königlicher Erlass 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 — Deutsche Übersetzung der Anlage 3

Der folgende Text ist die deutsche Übersetzung der Anlage 3 zum Königlichen 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.

Diese Übersetzung ist von der Zentralen Dienststelle für Deutsche Übersetzungen in Malmedy erstellt worden.

## **ANLAGE 3 - Buch 3 - Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie**

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### INHALTSVERZEICHNIS

ÜBERSICHT DER ABBILDUNGEN.....	III
ÜBERSICHT DER TABELLEN.....	VI
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 .....	2
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.....	10
KAPITEL 2.4 - Schutz gegen elektrischen Schlag .....	12
KAPITEL 2.5 - Erdung .....	19
KAPITEL 2.6 - Stromkreise .....	24
KAPITEL 2.7 - Leitungen.....	26
KAPITEL 2.8 - Betriebsmittel.....	30
KAPITEL 2.9 - Trennung und Steuerung .....	31
KAPITEL 2.10 - Äußere Einflüsse .....	31
KAPITEL 2.11 - Arbeiten und Prüfung.....	38
KAPITEL 2.12 - Schemata, Pläne und Unterlagen von elektrischen Anlagen .....	41
TEIL 3 - BESTIMMUNG DER ALLGEMEINEN EIGENSCHAFTEN VON ELEKTRISCHEN ANLAGEN .....	42
KAPITEL 3.1 - Allgemeines.....	43
KAPITEL 3.2 - Stromversorgung und Strukturen .....	44
KAPITEL 3.3 - Kompatibilität .....	46
KAPITEL 3.4 - Sicherheitsanlagen .....	47
KAPITEL 3.5 - Kritische Anlagen .....	47
TEIL 4 - SCHUTZMAßNAHMEN.....	49
KAPITEL 4.1 - Einleitung .....	52
KAPITEL 4.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag .....	52
KAPITEL 4.3 - Schutz gegen thermische Auswirkungen .....	83
KAPITEL 4.4 - Elektrischer Überstromschutz.....	92
KAPITEL 4.5 - Überspannungsschutz .....	98
KAPITEL 4.6 - Schutz gegen bestimmte andere Auswirkungen.....	98
TEIL 5 - WAHL UND EINSATZ VON BETRIEBSMITTELN .....	100
KAPITEL 5.1 - Gemeinsame Regeln für alle Betriebsmittel.....	104
KAPITEL 5.2 - Zusätzliche Regeln für Leitungen.....	106
KAPITEL 5.3 - Elektrische Schaltgeräte (Schutz, Steuerung, Trennung und Überwachung) .....	131
KAPITEL 5.4 - Erdung, Schutzleiter und Potentialausgleichsverbindungen bei Nieder- und Kleinspannung .....	151
KAPITEL 5.5 - Erdung, Schutzleiter und Potentialausgleichsverbindungen bei Hochspannung .....	154
KAPITEL 5.6 - Sicherheitsanlagen (Nieder- und Kleinspannung) .....	161
KAPITEL 5.7 - Kritische Anlagen (Nieder- und Kleinspannung).....	169
TEIL 6 - PRÜFUNG VON ANLAGEN .....	174

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

KAPITEL 6.1 - Einleitung .....	176
KAPITEL 6.2 - Anwendungsbereich .....	176
KAPITEL 6.3 - Zugelassene Stellen .....	176
KAPITEL 6.4 - Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme.....	180
KAPITEL 6.5 - Kontrollbesuche .....	183
<b>TEIL 7 - VORSCHRIFTEN FÜR ANLAGEN UND ORTE BESONDERER ART .....</b>	<b>186</b>
KAPITEL 7.1 - Freileitungen .....	188
KAPITEL 7.2 - Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen auf Baustellen und im Außenbereich .....	216
KAPITEL 7.3 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre .....	217
KAPITEL 7.4 - Leitfähige Umschließungen .....	217
KAPITEL 7.5 - Industrielle Akkumulatorenbatterien .....	218
<b>TEIL 8 - BESONDERE VORSCHRIFTEN IN BEZUG AUF BESTEHENDE ELEKTRISCHE ANLAGEN .....</b>	<b>219</b>
KAPITEL 8.1 - Einleitung .....	220
KAPITEL 8.2 - Abweichungsbestimmungen für bestehende elektrische Anlagen .....	220
<b>TEIL 9 - VON PERSONEN ZU BERÜCKSICHTIGENDE ALLGEMEINE VORSCHRIFTEN.....</b>	<b>223</b>
KAPITEL 9.1 - Pflichten des Eigentümers oder Verwalters .....	225
KAPITEL 9.2 - Zuteilung der Codes BA4/BA5.....	227
KAPITEL 9.3 - Arbeiten an elektrischen Anlagen .....	228
KAPITEL 9.4 - Sicherheitszeichen .....	241
KAPITEL 9.5 - Verbotbestimmungen.....	242

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Übersicht der Abbildungen

Abbildung 2.1 - TN-S-System .....	7
Abbildung 2.2 - TN-C-System .....	8
Abbildung 2.3 - TN-C-S-System .....	8
Abbildung 2.4 - TT-System.....	9
Abbildung 2.5 - IT-System .....	9
Abbildung 2.6 - Handbereich: Die Standfläche wird natürlich abgegrenzt. ....	14
Abbildung 2.7 - Handbereich: Die Standfläche wird durch ein Ausrüstungselement abgegrenzt. ....	14
Abbildung 2.8 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen. ....	14
Abbildung 2.9 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen. ....	14
Abbildung 2.10 - Zulässige Berührungsspannung $U_{TP}$ im Verhältnis zur Fehlerstromdauer .....	17
Abbildung 2.11 - Erdungsanlagen .....	21
Abbildung 2.12 - Beispiel für die Veränderung des Erdoberflächenpotentials und der Spannungen, wenn Ströme durch die Erder fließen.....	22
Abbildung 2.13 - Erdungswiderstand $R_E$ .....	23
Abbildung 2.14 - Erdungsimpedanz $Z_E$ .....	23
Abbildung 2.15 - Vergleichbares Schema der Erdungsimpedanz $Z_E$ .....	23
Abbildung 2.16 - Schleifenimpedanz eines Erders $Z_{EB}$ .....	24
Abbildung 2.17 - Vergleichbares Schema der Schleifenimpedanz eines Erders $Z_{EB}$ .....	24
Abbildung 2.18 - Verlegeart "Hohlblockstein" .....	28
Abbildung 2.19 - Verlegeart "Kabelkanal" .....	28
Abbildung 2.20 - Verlegeart "Kabelwanne".....	28
Abbildung 2.21 - Verlegeart "Elektroinstallationsrohr".....	28
Abbildung 2.22 - Verlegeart "Kabelschacht" .....	29
Abbildung 2.23 - Verlegeart "Ausleger" .....	29
Abbildung 2.24 - Verlegeart "Kabelrinne" .....	29
Abbildung 2.25 - Verlegeart "Kabelpritsche".....	29
Abbildung 2.26 - Verlegeart "Leiste" .....	30
Abbildung 2.27 - Verlegeart "Fußleiste (oder Einfassung) mit Aussparungen" .....	30
Abbildung 2.28 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone .....	39
Abbildung 2.29 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone mit isolierender Schutzeinrichtung.....	39
Abbildung 2.30 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone mit geerdeter metallischer Schutzeinrichtung.....	40
Abbildung 3.1 - TN-C-S-System .....	45
Abbildung 3.2 - TT-System.....	45
Abbildung 3.3 - IT-System .....	46
Abbildung 4.1 - Schutz, der das gleichzeitige Berühren von Teilen verhindert, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können (1) .....	66
Abbildung 4.2 - Schutz, der das gleichzeitige Berühren von Teilen verhindert, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können (2) .....	66
Abbildung 4.3 - Fehlerschleife in einem TN-S-System.....	68
Abbildung 4.4 - Fehlerschleife in einem TN-C-System .....	68
Abbildung 4.5 - Fehlerschleife in einem TN-C-S-System .....	69
Abbildung 4.6 - Fehlerschleife in einem TT-System .....	70
Abbildung 4.7 - IT-System (erster Fehler).....	71
Abbildung 4.8 - IT-System (zwei gleichzeitige Fehler mit miteinander verbundenen Körpern) .....	73
Abbildung 4.9 - IT-System (zwei gleichzeitige Fehler mit nicht miteinander verbundenen Körpern) .....	73

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Abbildung 5.1 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Freileitungen .....	108
Abbildung 5.2 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkt erdverlegte elektrische Leitungen.....	108
Abbildung 5.3 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Erdverlegte elektrische Leitungen mit mechanischem Schutz.....	108
Abbildung 5.4 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Erdverlegte elektrische Leitungen in einem Kabelrohr.....	108
Abbildung 5.5 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aufputzverlegung .....	109
Abbildung 5.6 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unterputzverlegung .....	109
Abbildung 5.7 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Fußleisten.....	109
Abbildung 5.8 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Einfassungen.....	109
Abbildung 5.9 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelwannen .....	110
Abbildung 5.10 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Ausleger .....	110
Abbildung 5.11 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschacht.....	110
Abbildung 5.12 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelrinne.....	110
Abbildung 5.13 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschutz .....	110
Abbildung 5.14 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen .....	111
Abbildung 5.15 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen .....	111
Abbildung 5.16 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen .....	111
Abbildung 5.17 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen .....	111
Abbildung 5.18 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen .....	111
Abbildung 5.19 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aussparungen .....	111
Abbildung 5.20 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Vorgefertigte Blöcke.....	112
Abbildung 5.21 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Hinter Wandplatten.....	112
Abbildung 5.22 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Unterputzverlegung, ohne Elektroinstallationsrohre .....	112
Abbildung 5.23 - Verlegearten für elektrische Leitungen - In Schienenverteiltern.....	112
Abbildung 5.24 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Auf Isolatoren.....	112
Abbildung 5.25 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unter Wasser.....	113
Abbildung 5.26 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelwannen.....	113
Abbildung 5.27 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Ausleger .....	113
Abbildung 5.28 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen .....	114
Abbildung 5.29 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen .....	114
Abbildung 5.30 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen .....	114
Abbildung 5.31 - Verlegearten für elektrische Leitungen - In Elektroinstallationsrohren im Freien.....	114
Abbildung 5.32 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen .....	114
Abbildung 5.33 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen .....	115
Abbildung 5.34 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschacht.....	115
Abbildung 5.35 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelrinne.....	115
Abbildung 5.36 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aussparungen .....	115
Abbildung 5.37 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Vorgefertigte Blöcke.....	115
Abbildung 5.38 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unter Wasser.....	116
Abbildung 5.39 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Auf Isolatoren.....	116
Abbildung 5.40 - Einbau ohne Elektroinstallationsrohre in Beton oder Zement.....	128
Abbildung 5.41 - In Wände von Räumlichkeiten eingebaute elektrische Leitungen .....	129
Abbildung 5.42 - Schematischer Querschnitt eines Schlitzes .....	129

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 5.43 - Wahl von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen - Sicherungen.....	148
Abbildung 5.44 - Wahl von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen - Leitungsschutzschalter (Mindestkurzschlussstrom) .....	148
Abbildung 5.45 - Wahl von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen - Leitungsschutzschalter (unbeeinflusster Kurzschlussstrom).....	148
Abbildung 5.46 - Strom $I_0$ für Erdungsleiter mit kreisförmigem Querschnitt je nach Querschnitt (A in mm <sup>2</sup> ) .....	156
Abbildung 5.47 - Strom $I_0$ für Erdungsleiter mit rechteckigem Querschnitt je nach Produkt von Querschnitt und Umfang (A x s) .....	157
Abbildung 5.48 - Schematische Darstellung einer Sicherheitsanlage .....	161
Abbildung 7.1 - Abstände im Verhältnis zu Gebäuden .....	191
Abbildung 7.2 - Starr montierte Freileitungsisolatoren - Draufsicht .....	203
Abbildung 7.3 - Starr montierte Freileitungsisolatoren - Perspektivansicht .....	203
Abbildung 7.4 - Halbverankerung - Vorderansicht .....	203
Abbildung 7.5 - Verankerung - Vorderansicht .....	203
Abbildung 7.6 - Einzelner Isolatorstrang - Vorderansicht .....	203
Abbildung 7.7 - Isoliertraverse mit einem Druckisolator - Perspektivansicht .....	204
Abbildung 7.8 - Isoliertraverse mit zwei Druckisolatoren - Perspektivansicht .....	204
Abbildung 7.9 - Einrichtung mit doppeltem Strang ohne Stromschlaufe - Typ Verankerung.....	205
Abbildung 7.10 - Einrichtung mit einzelner Strang ohne Stromschlaufe .....	205
Abbildung 7.11 - Isoliertraverse mit einem Druckisolator - Perspektivansicht .....	206
Abbildung 7.12 - Isoliertraverse mit zwei Druckisolatoren - Perspektivansicht .....	206
Abbildung 7.13 - Verbotene Zone eines geschützten Kabels .....	207
Abbildung 7.14 - Zonen um blanke oder ähnliche Leiter .....	208
Abbildung 7.15 - Verbotsschild.....	216
Abbildung 9.1 - Warnschild .....	241
Abbildung 9.2 - Verbotsschild .....	241

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Übersicht der Tabellen**

Tabelle 2.1 - Wechselstromspannungsbereiche .....	11
Tabelle 2.2 - Gleichstromspannungsbereiche .....	12
Tabelle 2.3 - Vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung $U_L$ .....	16
Tabelle 2.4 - Vereinbarter relativer Grenzwert der Berührungsspannung $U_L(t)$ .....	16
Tabelle 2.5 - Kategorien von äußeren Einflüssen .....	32
Tabelle 2.6 - Äußere Einflüsse - Umgebungstemperatur (AA) .....	32
Tabelle 2.7 - Äußere Einflüsse - Umgebungstemperatur (AA) - Besondere Bedingungen .....	32
Tabelle 2.8 - Äußere Einflüsse - Auftreten von Wasser (AD) .....	32
Tabelle 2.9 - Äußere Einflüsse - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE) .....	33
Tabelle 2.10 - Äußere Einflüsse - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF) .....	33
Tabelle 2.11 - Äußere Einflüsse - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH) .....	34
Tabelle 2.12 - Äußere Einflüsse - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL) .....	34
Tabelle 2.13 - Äußere Einflüsse - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM) .....	34
Tabelle 2.14 - Äußere Einflüsse - Sonnenstrahlung (AN) .....	35
Tabelle 2.15 - Äußere Einflüsse - Fähigkeiten von Personen (BA) .....	35
Tabelle 2.16 - Äußere Einflüsse - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB) .....	35
Tabelle 2.17 - Äußere Einflüsse - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC) .....	36
Tabelle 2.18 - Äußere Einflüsse - Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall (BD) .....	36
Tabelle 2.19 - Äußere Einflüsse - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE) .....	37
Tabelle 2.20 - Äußere Einflüsse - Baustoffe (CA) .....	37
Tabelle 2.21 - Äußere Einflüsse - Gebäudestruktur (CB) .....	38
Tabelle 2.22 - Abstandswerte $D_L$ und $D_V$ .....	40
Tabelle 4.1 - Maximale Nennspannung (in V) bei Benutzung von SELV .....	57
Tabelle 4.2 - Mindestabstände für Betriebs- und Instandhaltungsbereiche .....	60
Tabelle 4.3 - Differenzstrom-Schutzeinrichtung: Empfindlichkeit von Schutzeinrichtungen entsprechend dem Erdungswiderstand des Erders .....	75
Tabelle 4.4 - Vorschriften in Bezug auf die maximale Erdpotentialerhöhung .....	80
Tabelle 4.5 - Höchsttemperaturen von Außenflächen elektrischer Betriebsmittel, die sich im Handbereich befinden .....	84
Tabelle 4.6 - Klassen von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Brandverhaltens .....	86
Tabelle 4.7 - Eigenschaften von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Brandverhaltens .....	87
Tabelle 4.8 - Eigenschaften von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Feuerwiderstands .....	87
Tabelle 4.9 - Orte wie in Unterabschnitt 4.3.3.7 Buchstabe a Absatz 1 erwähnt .....	90
Tabelle 4.10 - Höchstwert des ungestörten elektrischen Felds .....	99
Tabelle 5.1 - Elektrische Leitungen, bei denen der Querschnitt der Leiter weniger als 2,5 mm <sup>2</sup> betragen darf .....	106
Tabelle 5.2 - Eigenschaften und Einsatz von Betriebsmitteln je nach Umgebungstemperatur (AA) .....	131
Tabelle 5.3 - Eigenschaften und Einsatz von spezifischen Betriebsmitteln je nach Umgebungstemperatur (AA) .....	132
Tabelle 5.4 - Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte je nach Auftreten von Wasser (AD) .....	132
Tabelle 5.5 - Schutzart elektrischer Maschinen und Geräte je nach Auftreten von festen Fremdkörpern (AE) .....	132
Tabelle 5.6 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach den Fähigkeiten von Personen (BA) .....	134
Tabelle 5.7 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach elektrischem Widerstand des menschlichen Körpers (BB) .....	134
Tabelle 5.8 - Wahl elektrischer Maschinen und Geräte je nach Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC) .....	134
Tabelle 5.9 - k-Werte für Schutzleiter .....	152



---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**


---

Tabelle 5.10 - Mindestquerschnitt von Schutzleitern, für die eine Ermittlung des $S_p$ -Wertes nicht erforderlich ist .....	152
Tabelle 5.11 - Werte der Konstanten $\beta$ et $k$ für bestimmte Materialien .....	155
Tabelle 5.12 - Höchste zulässige Temperatur je nach Material .....	155
Tabelle 5.13 - Korrekturfaktor je nach Endtemperatur.....	157
Tabelle 5.14 - Mindestabmessungen von Erdungselektroden je nach verwendeten Materialien in Zusammenhang mit ihrem Widerstand gegen mechanische und korrosive Einflüsse .....	158
Tabelle 6.1 - Mindestwerte Isolierungswiderstand.....	181
Tabelle 7.1 - Erhöhung (in Meter) des Abstands für Hochspannungsfreileitungen .....	193
Tabelle 7.2 - Abstand "a" (m) .....	194
Tabelle 7.3 - Mindestwerte Zugbruchlast in Newton (N) .....	195
Tabelle 7.4 - Wert der Differenzzugkraft je nach Leiterquerschnitt .....	195
Tabelle 7.5 - Dynamischer Druck $q_b$ je nach Höhe .....	197
Tabelle 7.6 - Werte des aerodynamischen Koeffizienten für geschlossene Leiterseile mit Z-Profildrähten .....	198
Tabelle 7.7 - Aerodynamischer Koeffizient $c$ je nach Profiltyp.....	198
Tabelle 7.8 - Aerodynamischer Koeffizient für einstiellige Betonmasten.....	199
Tabelle 7.9 - Zulässige Beanspruchungen für einstiellige Masten aus einfachen Profilen und Gittermasten (in $N/mm^2$ ) .....	199
Tabelle 7.10 - Querschnittsreduktionsfaktor für Walzstahlvollstäbe .....	200
Tabelle 7.11 - Arten von Schutzeinrichtungen .....	203
Tabelle 7.12 - Einsatzbedingungen.....	204
Tabelle 7.13 - Werte des Radius "r" (in m) .....	207
Tabelle 7.14 - Abstand "a" (in Meter) je nach Spannung der Freileitung.....	211
Tabelle 9.1 - Unspezifische äußere Einflüsse .....	226

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Teil 1 - Allgemeine Vorschriften für Betriebsmittel und elektrische Anlagen**

<b>KAPITEL 1.1 - EINLEITUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>KAPITEL 1.2 - ANWENDUNGSBEREICH .....</b>	<b>2</b>
Abschnitt 1.2.1 - Allgemeine Regelung .....	2
Abschnitt 1.2.2 - Ausnahmen .....	2
<b>KAPITEL 1.3 - ZIELSETZUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>KAPITEL 1.4 - GRUNDPRINZIPIEN .....</b>	<b>2</b>
Abschnitt 1.4.1 - Elektrische Anlagen.....	2
Unterabschnitt 1.4.1.1 - Nennspannung .....	2
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
<b>KAPITEL 1.5 - GRENZEN DER ANLAGEN .....</b>	<b>3</b>

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### KAPITEL 1.1 - Einleitung

Buch 3 betrifft Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, die von den Netzbetreibern betrieben werden.

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 2:** Buch in Bezug auf *Hochspannungsanlagen*.

### KAPITEL 1.2 - Anwendungsbereich

#### **Abschnitt 1.2.1 - Allgemeine Regelung**

Die Vorschriften des vorliegenden Buches gelten:

- für alle Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, die von öffentlichen Netzbetreibern betrieben werden, sofern die Nennfrequenz des Stroms nicht höher ist als 10000 Hz,
- für ihre Hilfsanlagen (Beleuchtung, Heizung, ...) einschließlich des Anschlusses an dieses Netz und der dazugehörigen Zähleranlagen,
- für Kabel für die Kommunikations- und Informationstechnologie, Signalisierung oder Bedienung (mit Ausnahme interner Schaltkreise von elektrischen Maschinen und Geräten) im Fall von Brandverhütungsmaßnahmen wie in den *Abschnitten 4.3.3, 5.2.8 und 5.6.6* erwähnt,
- für die Wahl und Platzierung von ortsfesten Geräten in Informatikanlagen, Datenverarbeitungsanlagen und Kleinspannungsanlagen, die unter das Gesetz zur Regelung der privaten und besonderen Sicherheit fallen (Einbruchererkennung, Branderkennung und Kameraüberwachung), und für jedes andere Datenübertragungssystem, und dies in Bezug auf äußere Einflüsse wie in *Kapitel 2.10* erwähnt.

Für Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, die von Netzbetreibern betrieben werden, die keine öffentlichen Netzbetreiber sind, bestimmt der König die Anwendung von Buch 3 auf diese anderen Netzbetreiber.

Anlagen, die von Netzbetreibern betrieben werden und die weiter oben erwähnten Bedingungen nicht erfüllen, fallen in den Anwendungsbereich von Buch 1 und Buch 2.

#### **Abschnitt 1.2.2 - Ausnahmen**

Die Vorschriften des vorliegenden Buches gelten nicht für Informatikanlagen, Datenverarbeitungsanlagen, Fernübertragungsanlagen und Kleinspannungsanlagen, die unter das Gesetz zur Regelung der privaten und besonderen Sicherheit fallen (Einbruchererkennung, Branderkennung und Kameraüberwachung), und für jedes andere Datenübertragungssystem. Diese Anlagen und Systeme müssen jedoch den Regeln des Fachs entsprechen.

### 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 Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie festzulegen, die von Netzbetreibern betrieben werden, 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.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

---

**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 zwischen der elektrischen Niederspannungs- und der elektrischen 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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Teil 2 - Begriffe und Begriffsbestimmungen**

<b>KAPITEL 2.1 - EINLEITUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>KAPITEL 2.2 - EIGENSCHAFTEN DER ANLAGEN .....</b>	<b>6</b>
<b>Abschnitt 2.2.1 - Allgemeine Eigenschaften .....</b>	<b>6</b>
Unterabschnitt 2.2.1.1 - Allgemeine Begriffe .....	6
Unterabschnitt 2.2.1.2 - Erdungssysteme bei Nieder- und Kleinspannung .....	7
<b>Abschnitt 2.2.2 - Größen und Maßeinheiten .....</b>	<b>9</b>
<b>Abschnitt 2.2.3 - Verschiedene Anlagen .....</b>	<b>10</b>
<b>KAPITEL 2.3 - SPANNUNGEN .....</b>	<b>10</b>
<b>Abschnitt 2.3.1 - Allgemeine Begriffe .....</b>	<b>10</b>
<b>Abschnitt 2.3.2 - Wechselstromspannungsbereiche .....</b>	<b>11</b>
<b>Abschnitt 2.3.3 - Gleichstromspannungsbereiche .....</b>	<b>11</b>
<b>KAPITEL 2.4 - SCHUTZ GEGEN ELEKTRISCHEN SCHLAG .....</b>	<b>12</b>
<b>Abschnitt 2.4.1 - Allgemeine Begriffe .....</b>	<b>12</b>
Unterabschnitt 2.4.1.1 - Allgemeines .....	12
Unterabschnitt 2.4.1.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	16
Unterabschnitt 2.4.1.3 - Hochspannung .....	16
<b>Abschnitt 2.4.2 - Isolierung .....</b>	<b>17</b>
Unterabschnitt 2.4.2.1 - Allgemeines .....	17
Unterabschnitt 2.4.2.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	17
<b>Abschnitt 2.4.3 - Einteilung der Betriebsmittel für Nieder- und Kleinspannung hinsichtlich des Schutzes gegen elektrischen Schlag .....</b>	<b>18</b>
<b>KAPITEL 2.5 - ERDUNG .....</b>	<b>19</b>
<b>Abschnitt 2.5.1 - Allgemeines .....</b>	<b>19</b>
<b>Abschnitt 2.5.2 - Nieder- und Kleinspannung .....</b>	<b>20</b>
<b>Abschnitt 2.5.3 - Hochspannung .....</b>	<b>21</b>
<b>KAPITEL 2.6 - STROMKREISE .....</b>	<b>24</b>
<b>Abschnitt 2.6.1 - Allgemeine Begriffe .....</b>	<b>24</b>
Unterabschnitt 2.6.1.1 - Allgemeines .....	24
Unterabschnitt 2.6.1.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	24
<b>Abschnitt 2.6.2 - Ströme .....</b>	<b>25</b>
<b>Abschnitt 2.6.3 - Niederspannungstransformatoren .....</b>	<b>25</b>
<b>Abschnitt 2.6.4 - Eigenschaften von Schutzeinrichtungen .....</b>	<b>25</b>
Unterabschnitt 2.6.4.1 - Allgemeines .....	25
Unterabschnitt 2.6.4.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	26
<b>KAPITEL 2.7 - LEITUNGEN .....</b>	<b>26</b>
<b>Abschnitt 2.7.1 - Allgemeine Begriffe .....</b>	<b>26</b>
Unterabschnitt 2.7.1.1 - Allgemeines .....	26
Unterabschnitt 2.7.1.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	27
<b>Abschnitt 2.7.2 - Verlegearten .....</b>	<b>28</b>
Unterabschnitt 2.7.2.1 - Allgemeines .....	28
Unterabschnitt 2.7.2.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	30
<b>KAPITEL 2.8 - BETRIEBSMITTEL .....</b>	<b>30</b>
<b>Abschnitt 2.8.1 - Allgemeine Begriffe .....</b>	<b>30</b>
Unterabschnitt 2.8.1.1 - Allgemeines .....	30
Unterabschnitt 2.8.1.2 - Niederspannung .....	30
<b>Abschnitt 2.8.2 - Bewegungsmöglichkeiten .....</b>	<b>30</b>
Unterabschnitt 2.8.2.1 - Allgemeines .....	30
Unterabschnitt 2.8.2.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	31

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

<b>KAPITEL 2.9 - TRENNUNG UND STEUERUNG .....</b>	<b>31</b>
<b>KAPITEL 2.10 - ÄUßERE EINFLÜSSE .....</b>	<b>31</b>
Abschnitt 2.10.1 - Allgemeines .....	31
Abschnitt 2.10.2 - Umgebungstemperatur (AA).....	32
Abschnitt 2.10.3 - Auftreten von Wasser (AD) .....	32
Abschnitt 2.10.4 - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE).....	33
Abschnitt 2.10.5 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF) .....	33
Abschnitt 2.10.6 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG) .....	33
Abschnitt 2.10.7 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH) .....	34
Abschnitt 2.10.8 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL) .....	34
Abschnitt 2.10.9 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM) .....	34
Abschnitt 2.10.10 - Sonnenstrahlung (AN).....	35
Abschnitt 2.10.11 - Fähigkeiten von Personen (BA) .....	35
Abschnitt 2.10.12 - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB).....	35
Abschnitt 2.10.13 - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC) .....	36
Abschnitt 2.10.14 - Personenevakuierungsmöglichkeiten im Notfall (BD).....	36
Abschnitt 2.10.15 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE).....	37
Abschnitt 2.10.16 - Baustoffe (CA) .....	37
Abschnitt 2.10.17 - Gebäudestruktur (CB).....	38
<b>KAPITEL 2.11 - ARBEITEN UND PRÜFUNG.....</b>	<b>38</b>
Abschnitt 2.11.1 - Arbeiten an elektrischen Anlagen .....	38
Abschnitt 2.11.2 - Prüfung von elektrischen Anlagen.....	40
<b>KAPITEL 2.12 - SCHEMATA, PLÄNE UND UNTERLAGEN VON ELEKTRISCHEN ANLAGEN.....</b>	<b>41</b>

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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 (zum Beispiel Baustellenanlagen wie in *Kapitel 7.2* erwähnt).

**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 Entwurfsparameter verwendet werden.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 2.2.1.2 - Erdungssysteme bei Nieder- und Kleinspannung

#### a. Allgemeines

Erdungssysteme, die im Rahmen des vorliegenden Buches berücksichtigt werden, sind jeweils durch einen Code gekennzeichnet, der aus mindestens zwei Buchstaben und eventuell aus drei oder vier Buchstaben besteht:

- Mit dem ersten Buchstaben wird das Verhältnis zwischen einem Punkt des Versorgungsnetzes und der Erde beschrieben:  
T: direkte Verbindung eines Punktes mit Erde,  
I: entweder Isolierung aller aktiven Teile gegenüber Erde  
oder Verbindung eines Punktes mit Erde über ausreichend hohe Impedanz.
- Mit dem zweiten Buchstaben wird das Verhältnis zwischen den Körpern der elektrischen Anlage und der Erde beschrieben:  
T: direkt geerdete Körper, unabhängig von der eventuellen Erdung eines Punktes des Versorgungsnetzes,  
N: mit dem geerdeten Leiter des Versorgungsnetzes verbundene Körper (bei Wechselstrom ist der geerdete Punkt normalerweise der Neutralpunkt).
- Mit den eventuellen dritten bzw. vierten Buchstaben, die durch einen Bindestrich von den ersten beiden Buchstaben und eventuell voneinander getrennt sind, wird die Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters beschrieben:  
S: Neutralleiter- und Schutzleiterfunktionen werden durch getrennte Leiter gewährleistet,  
C: Neutralleiter- und Schutzleiterfunktionen sind in einem einzigen Leiter kombiniert (PEN-Leiter).

#### b. Beschreibungen der Systeme

Folgende Arten von Erdungssystemen werden im Rahmen des vorliegenden Buches berücksichtigt:

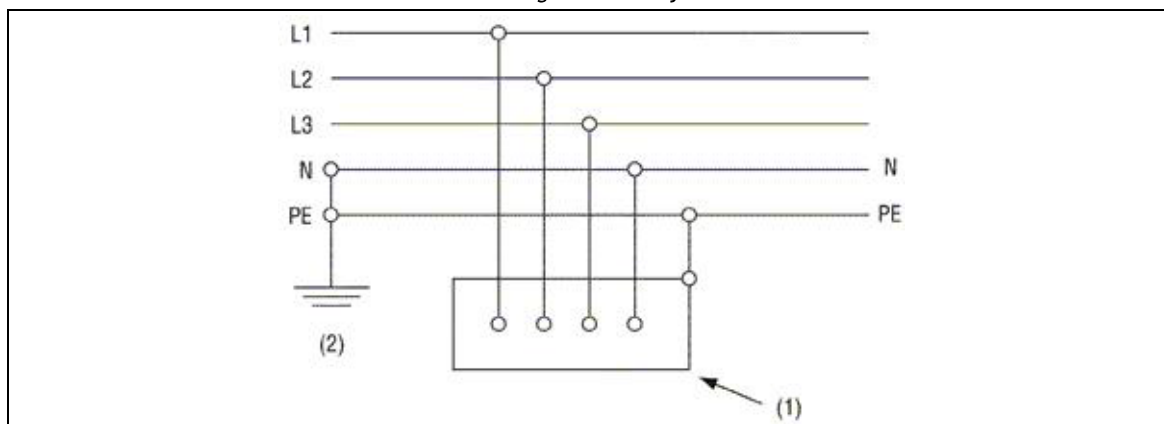
- die Varianten TN-S, TN-C-S und TN-C des TN-Systems,
- das TT-System,
- das IT-System.

##### b.1 - Varianten des TN-Systems

In TN-Systemen ist ein Punkt des Versorgungsnetzes direkt geerdet und sind die Körper der elektrischen Anlage über Schutzleiter mit diesem Punkt verbunden. Je nach Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters werden drei Arten von TN-Systemen berücksichtigt:

- TN-S-System: Der Neutralleiter und der Schutzleiter sind im gesamten System getrennt.

Abbildung 2.1 - TN-S-System



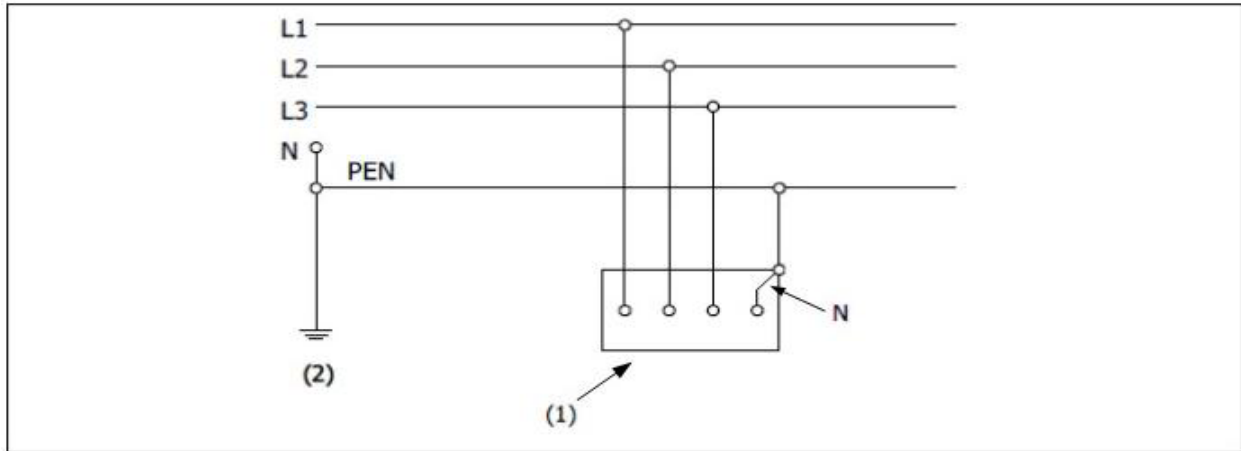
- (1) Körper  
(2) Erder des Versorgungsnetzes



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- TN-C-System: Neutraleiter- und Schutzleiterfunktionen sind im gesamten System in einem einzigen Leiter kombiniert.

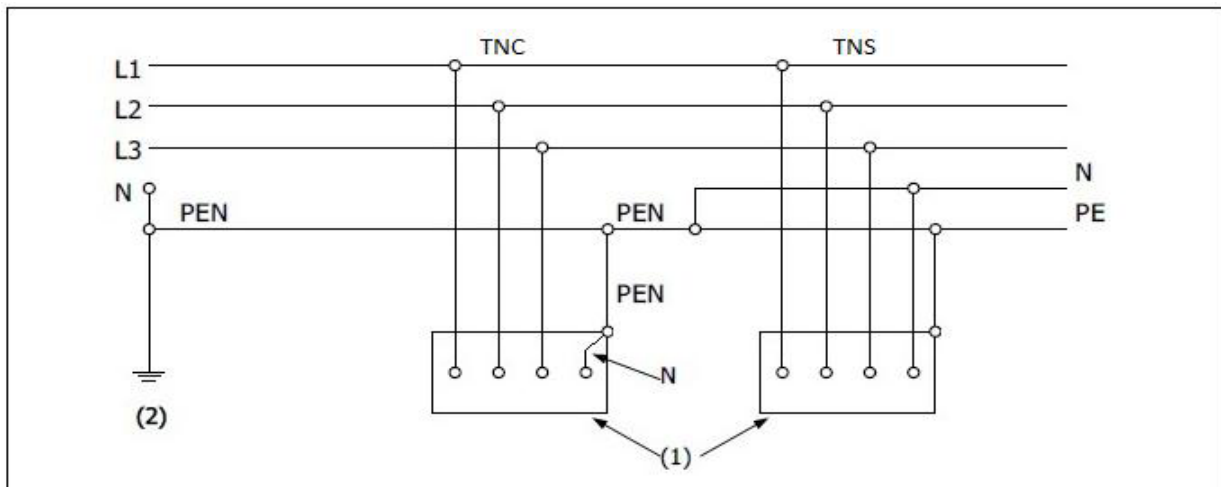
Abbildung 2.2 - TN-C-System



- (1) Körper  
(2) Erder des Versorgungsnetzes

- TN-C-S-System: Neutraleiter- und Schutzleiterfunktionen sind in einem Teil des Systems in einem einzigen Leiter kombiniert.

Abbildung 2.3 - TN-C-S-System



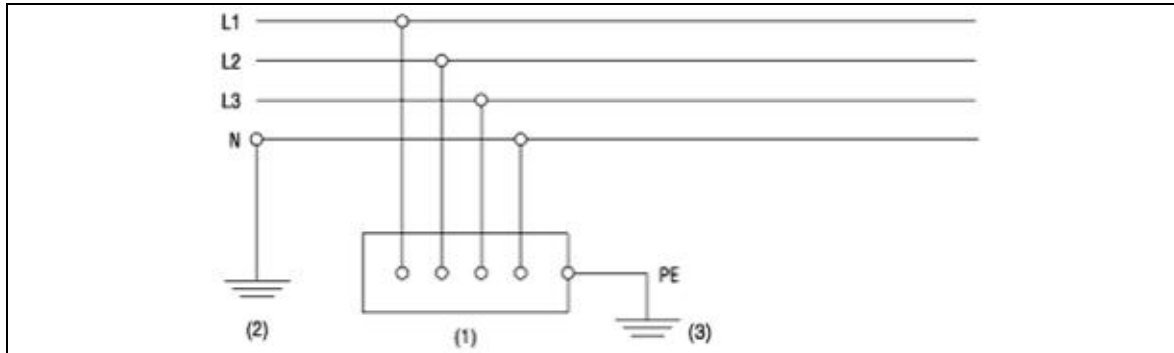
- (1) Körper  
(2) Erder des Versorgungsnetzes

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

*b.2 - TT-System*

Im TT-System ist ein Punkt des Versorgungsnetzes direkt geerdet und sind die Körper der elektrischen Anlage mit Erden verbunden, die vom Erder des Versorgungsnetzes elektrisch getrennt sind.

Abbildung 2.4 - TT-System

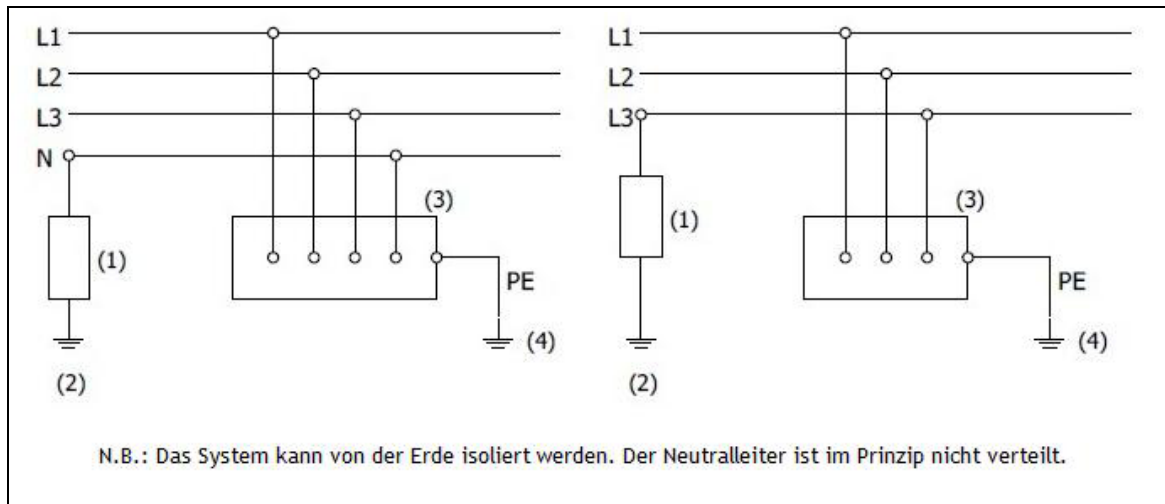


- (1) Körper
- (2) Erder des Versorgungsnetzes
- (3) Erder des Körpers

*b.3 - IT-System*

Im IT-System ist entweder kein einziger Punkt des Versorgungsnetzes direkt geerdet oder ist ein Punkt des Versorgungsnetzes über eine ausreichend hohe Impedanz mit der Erde verbunden, während die Körper der elektrischen Anlage wohl geerdet sind.

Abbildung 2.5 - IT-System



- (1) Impedanz (installiert oder nicht)
- (2) Erder des Versorgungsnetzes
- (3) Körper
- (4) Erder des Körpers

**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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

**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.

**Gleichspannung mit Welligkeit:** Spannung mit einer effektiven Welligkeit von mehr als 0,1.

**Gleichspannung ohne Welligkeit:** Spannung mit einer effektiven Welligkeit von höchstens 0,1; jedoch ist der maximale Effektivwert der periodischen Komponente festgelegt auf:

- 3 V für Gleichspannungen von höchstens 30 V,

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- 6 V für Gleichspannungen von mehr als 30 V und höchstens 60 V,
- 12 V für Gleichspannungen von mehr als 60 V und höchstens 120 V.

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

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

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

**Sicherheitskleinspannung (SELV):** Kleinspannung, deren Wert:

- bei bestimmungsgemäßem Betrieb und
  - unter Fehlerbedingungen einschließlich Erdschlüssen in anderen Stromkreisen
- den vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung wie in *Unterabschnitt 2.4.1.1* bestimmt nicht überschreitet.

**Funktionskleinspannung mit elektrisch sicherer Trennung (PELV):** Kleinspannung, deren Wert:

- bei bestimmungsgemäßem Betrieb und
  - unter Fehlerbedingungen, mit Ausnahme von Erdschlüssen in anderen Stromkreisen,
- den vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung wie in *Unterabschnitt 2.4.1.1* bestimmt nicht überschreitet.

PELV unterscheidet sich von SELV dadurch, dass ein Punkt des PELV-Stromkreises mit Erde verbunden sein darf.

**Funktionskleinspannung ohne elektrisch sichere Trennung (FELV):** Kleinspannung, deren Wert:

- bei bestimmungsgemäßem Betrieb
- den vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung wie in *Unterabschnitt 2.4.1.1* bestimmt nicht überschreitet.

**Elektrisch sichere Trennung bei Kleinspannung ELV und Niederspannung LV:** Trennung zwischen den aktiven Kleinspannungs- und Niederspannungsteilen mit einer dielektrischen Stehspannung, die der einer doppelten Isolierung entspricht.

#### **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*

		Wechselstromspannungsbereiche (V)
Kleinspannung		$U \leq 50$
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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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*

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

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

#### Unterabschnitt 2.4.1.1 - Allgemeines

**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 Betriebsmitteln.

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

**Berührungstrom:** 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, auch wenn diese Leiter als Schutzleiter benutzt werden.

#### 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, wobei der PEN-Leiter in der Regel nicht als aktives Teil betrachtet wird,
- Teile bestimmter elektrischer Maschinen oder Geräte (die beispielsweise Entzündungsmaßnahmen unterliegen), wenn dies in diesbezüglichen besonderen Regeln vorgesehen ist oder die Installations- und Gebrauchsbedingungen so vorgesehen sind, dass diese leitfähigen Teile bei bestimmungsgemäßem Betrieb auf eine Spannung gebracht werden können, die über dem Grenzwert für Kleinspannung liegt. Gleiches gilt für Teile von leitfähigen Teilen elektrischer Betriebsmittel der Klasse II (in *Abschnitt 2.4.3* festgelegt), die nur durch eine Basisisolierung von den aktiven Teilen isoliert 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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

**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 Schutz Einrichtungen 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, die Klasse II nicht angehören, metallische Bewehrungen von Kabeln und bestimmte Metallrohre Körper sind,
- kein einziger Teil der elektrischen Betriebsmittel der Klasse II als Körper betrachtet wird.

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 (Heizkörper, nicht elektrische Herde, Metallbecken, ...),
- 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.

**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 2.6 bis 2.9* dargestellt abgegrenzt ist.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 2.6 - Handbereich: Die Standfläche wird natürlich abgegrenzt.

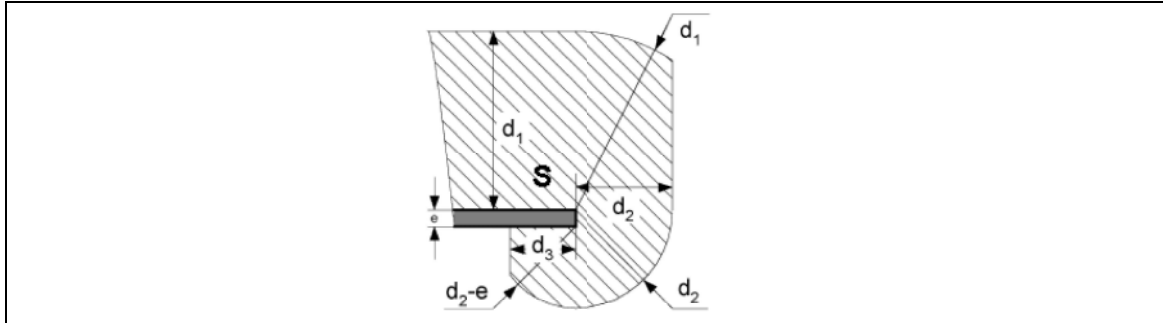
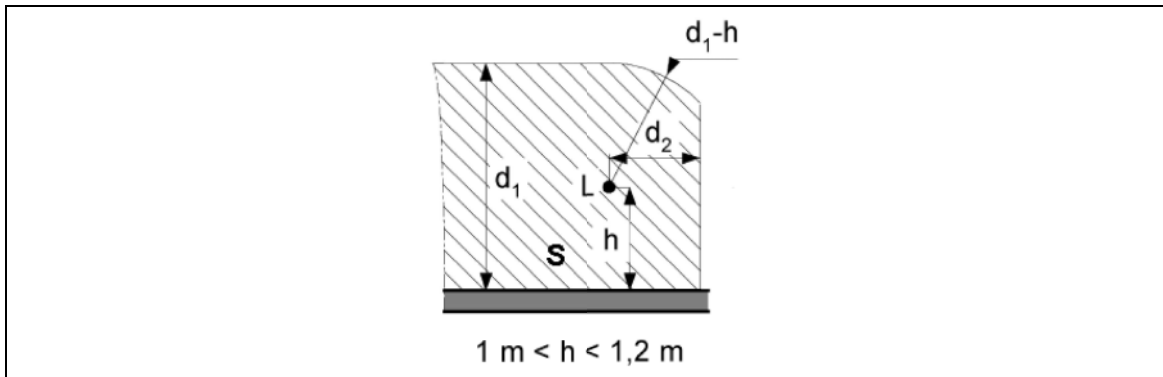


Abbildung 2.7 - Handbereich: Die Standfläche wird durch ein Ausrüstungselement abgegrenzt.



L = Ausrüstungselement

Abbildung 2.8 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen.

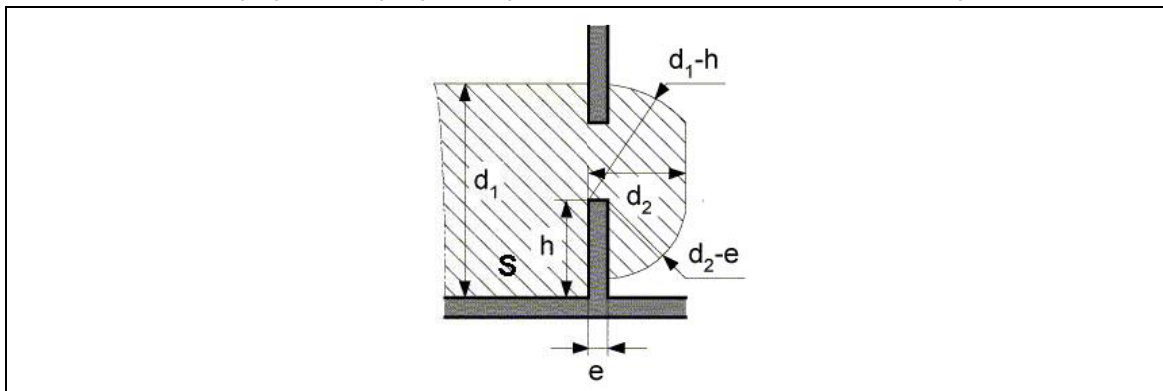
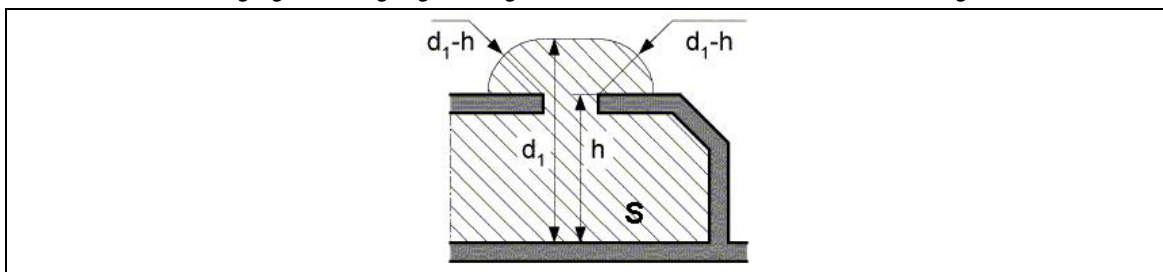


Abbildung 2.9 - Handbereich: Es gibt Öffnungen in den Ausrüstungselementen, die den Handbereich abgrenzen und den Durchgang eines langen geradlinigen Stabs von 12 mm Durchmesser nicht ermöglichen.



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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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:

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

Als nicht leitfähig gelten:

- Holzböden,
- Bodenbeläge aus nicht leitfähigem Kautschuk, Linoleum oder Kunststoff,
- Wände, die mit einer Putzschicht wie Trockenputz bezogen sind,
- trockene Ziegelmauern oder Gipsplattenwände,
- 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 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.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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
$\infty$	< 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.

#### Unterabschnitt 2.4.1.2 - Nieder- und Kleinspannung

**Neutralleiter:** aktiver Leiter, der mit dem Neutralpunkt (N) verbunden ist. In bestimmten Fällen und unter vorgegebenen Bedingungen kann der Neutralleiter die Funktion eines Schutzleiters einnehmen.

**PEN-Leiter:** Leiter, der sowohl Neutralleiter- als auch Schutzleiterfunktionen einnimmt.

**Nichtleitende Orte:** Bei Niederspannung und Kleinspannung versteht man unter nichtleitenden Orten trockene Räumlichkeiten und Bereiche, deren Böden und Wände isolierend sind und einen Widerstand aufweisen von mindestens:

- 50 k $\Omega$ /m<sup>2</sup>, wenn die Nennspannung der Anlage 500 V (300 V gegenüber Erde) nicht überschreitet,
- 100 k $\Omega$ /m<sup>2</sup>, wenn die Nennspannung der Anlage diese Werte überschreitet.

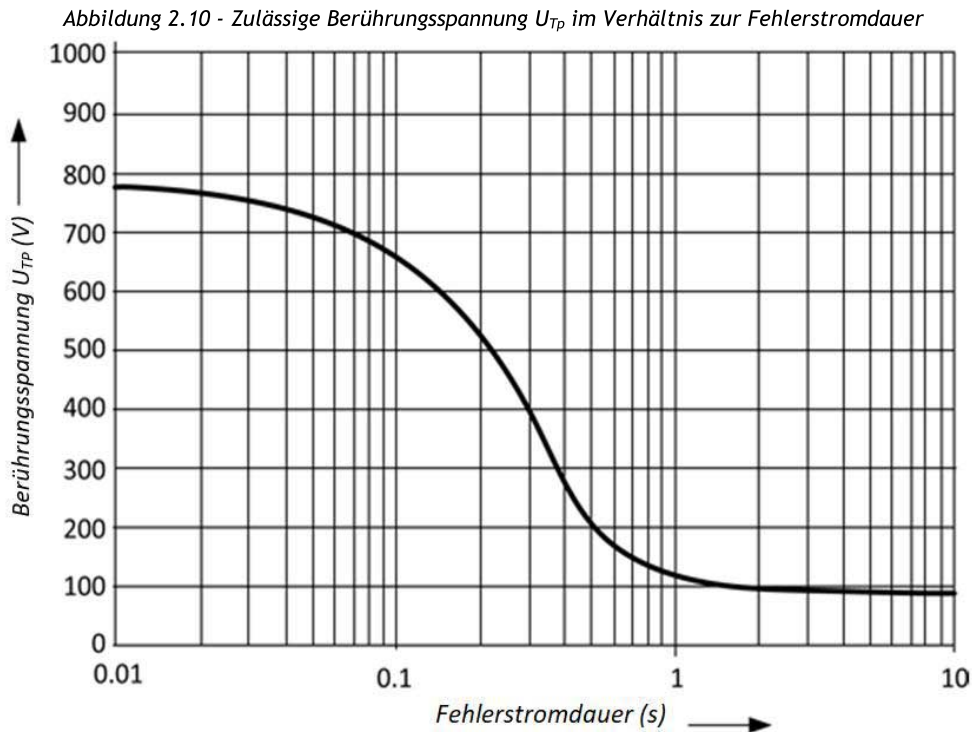
#### Unterabschnitt 2.4.1.3 - Hochspannung

**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) (siehe *Abbildung 2.12*).

**Zulässige Berührungsspannung  $U_{Tp}$ :** zulässiger Grenzwert der Berührungsspannung im Verhältnis zur Fehlerstromdauer.

Diese Grenzen werden durch die auf *Abbildung 2.10* dargestellte Sicherheitskurve für Anlagen bestimmt, die nur für BA4- oder BA5-Personen zugänglich sind.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE



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 (siehe *Abbildung 2.12*).

**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 (siehe *Abbildung 2.12*).

**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 (siehe *Abbildung 2.12*).

### Abschnitt 2.4.2 - Isolierung

#### Unterabschnitt 2.4.2.1 - Allgemeines

**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. Bei Netzfrequenz hält die Isolierung während einer Minute 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.

#### Unterabschnitt 2.4.2.2 - Nieder- und Kleinspannung

**Basisisolierung:** Isolierung, die erforderlich ist, um die Funktionstüchtigkeit elektrischer Betriebsmittel bzw. den ordnungsgemäßen Betrieb elektrischer Anlagen und den grundlegenden Schutz gegen elektrischen Schlag zu gewährleisten.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

**Doppelte Isolierung:** Isolierung, bei der neben der Basisisolierung eine unabhängige zusätzliche Isolierung vorgesehen ist. Die doppelte Isolierung wird durch Typprüfungen kontrolliert; bei Netzfrequenz hält die Isolierung während einer Minute 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.

Elektrische Betriebsmittel mit doppelter Isolierung tragen folgendes Symbol, das von außen sichtbar ist:



**Schutzisolierung:** auf fabrikfertige Schaltgerätekombinationen (FSK) anwendbar; sie wird entweder gemäß den Bestimmungen der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder gemäß Bestimmungen ausgeführt, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist, insbesondere:

- Elektrische Betriebsmittel sind vollständig mit Isolierstoff umhüllt. Die Umhüllung trägt folgendes Symbol, das von außen sichtbar ist:



- Fabrikfertige Schaltgerätekombinationen sind innen sichtbar mit folgendem Symbol gekennzeichnet:



**Zusätzliche Isolierung:** Isolierung, bei der bei der Errichtung elektrischer Anlagen die Basisisolierung eines elektrischen Betriebsmittels mit einer Isolierung überzogen wird, durch die dieses Betriebsmittel ein Sicherheitsniveau erreicht, das dem einer doppelten Isolierung gleichwertig ist. Sie erfüllt folgende Bedingungen:

- a) Wenn das elektrische Betriebsmittel funktionstüchtig ist, befinden sich die Zwischenteile in einer isolierenden Umhüllung, die mindestens der Schutzart IPXX-B entspricht.
- b) Die isolierende Umhüllung kann vorhersehbaren mechanischen, elektrischen, chemischen oder thermischen Beanspruchungen standhalten.
- c) Beschichtungen aus Farben, Lacken und ähnlichen Produkten werden im Allgemeinen nicht als diesen Vorschriften entsprechend angesehen, mit Ausnahme von Umhüllungen, die Typprüfungen unterzogen wurden und mit einer solchen Schicht überzogen sind, wenn ihre Verwendung in den entsprechenden Regeln erlaubt ist und isolierende Abdeckungen unter den entsprechenden Prüfbedingungen geprüft werden.
- d) Die isolierende Umhüllung wird nicht von leitfähigen Teilen durchzogen, die ein Potential einführen können. Die Umhüllung enthält keine Schrauben aus Isolierstoff, deren Ersatz durch Metallschrauben die durch die Umhüllung bewirkte Isolierung beeinträchtigen könnte; wenn die isolierende Umhüllung durch mechanische Verbindungen (zum Beispiel Bedienungseinrichtungen eingebauter Geräte) durchzogen werden muss, sind diese so angeordnet, dass der Schutz gegen elektrischen Schlag nicht beeinträchtigt wird.
- e) Wenn Türen oder Deckel ohne Schlüssel oder Werkzeug geöffnet werden können, müssen sich alle leitfähigen Teile, die bei geöffneter Tür oder geöffnetem Deckel berührbar sind, hinter einer isolierenden Barriere befinden, die mindestens der Schutzart IPXX-B entspricht und die verhindert, dass Personen mit solchen Teilen in Berührung kommen; diese isolierende Barriere kann nur mit einem Schlüssel oder einem Werkzeug entfernt werden.
- f) Folgendes Symbol wird sichtbar auf der Außenseite der Umhüllung angebracht:



**Verstärkte Isolierung:** Isolierung, bei der blanke aktive Teile mit einer Isolierung überzogen werden, die solche mechanischen und elektrischen Eigenschaften aufweist, dass sie eine Schutzart gegen elektrischen Schlag gewährleistet, die der einer doppelten Isolierung gleichwertig ist; sie ist nur erlaubt, wenn eine doppelte Isolierung aus baulichen Gründen nicht möglich ist. Sie erfüllt die weiter oben unter den Buchstaben b bis f erwähnten Bedingungen in Bezug auf die *zusätzliche Isolierung*.

#### **Abschnitt 2.4.3 - Einteilung der Betriebsmittel für Nieder- und Kleinspannung hinsichtlich des Schutzes gegen elektrischen Schlag**

**Klassen von elektrischen Betriebsmitteln:** Elektrische Betriebsmittel für Nieder- und Kleinspannung werden hinsichtlich des Schutzes gegen elektrischen Schlag nach den folgenden drei Kriterien eingeteilt:

- Isolierung zwischen aktiven Teilen und berührbaren leitfähigen Teilen,
- Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit, berührbare leitfähige Teile mit einem Schutzleiter zu verbinden,

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- zugelassene Spannungen.

Elektrische Betriebsmittel werden in folgende Klassen eingeteilt:

- a) **Klasse 0:** elektrische Betriebsmittel, bei denen der Schutz gegen elektrischen Schlag ausschließlich auf der Basisisolierung beruht; dies bedeutet, dass für die Verbindung berührbarer leitfähiger Teile, falls vorhanden, mit einem Schutzleiter keine Vorkehrung vorgesehen ist.  
Elektrische Betriebsmittel der Klasse 0 sind entweder mit einer Umhüllung aus Isolierstoff, die ganz oder teilweise die Basisisolierung bilden kann, oder einer metallischen Umhüllung versehen, die durch eine geeignete Isolierung von den aktiven Teilen getrennt ist. Wenn ein elektrisches Betriebsmittel mit einer Umhüllung aus Isolierstoff die Möglichkeit einer Verbindung der inneren Teile mit einem Schutzleiter bietet, wird es als elektrisches Betriebsmittel der Klasse I oder 0I angesehen,
- b) **Klasse 0I:** elektrische Betriebsmittel mit mindestens einer Basisisolierung in allen ihren Teilen und einem Schutzleiteranschluss (oder einer Masseklemme), die aber mit einem Speisekabel ohne Schutzleiter versehen sind,
- c) **Klasse I:** elektrische Betriebsmittel, bei denen der Schutz gegen elektrischen Schlag nicht ausschließlich auf der Basisisolierung beruht, sondern bei denen die berührbaren leitfähigen Teile so mit einem Schutzleiter verbunden sein müssen, dass diese Teile bei Versagen der Basisisolierung nicht gefährlich werden können. Für elektrische Betriebsmittel, die mit einem flexiblen Kabel versorgt werden, ist dieses Kabel mit einem Schutzleiter versehen,
- d) **Klasse II:** elektrische Betriebsmittel, bei denen der Schutz gegen elektrischen Schlag beruht auf:
  - entweder der doppelten Isolierung
  - oder der verstärkten Isolierung.

Elektrische Betriebsmittel der Klasse II tragen folgendes Symbol, das von außen sichtbar ist:



Diese Maßnahmen umfassen keine Schutzerdung und hängen nicht von den Installationsbedingungen ab. Solche elektrischen Betriebsmittel können unter einen der folgenden Typen fallen:

- d.1 - Klasse II mit umhüllender Isolierung: Eine dauerhafte und nahezu durchgehende Umhüllung aus Isolierstoff umschließt alle Metallteile, mit Ausnahme von kleinen Teilen wie Kennschildern, Schrauben und Nieten, die von den aktiven Teilen durch eine Isolierung getrennt sind, die mindestens der verstärkten Isolierung gleichwertig ist,
- d.2 - Klasse II mit metallischer Umhüllung: Eine nahezu durchgehende metallische Umhüllung umschließt die aktiven Teile und entweder eine doppelte Isolierung oder, bei offensichtlicher Nichtdurchführbarkeit einer doppelten Isolierung, eine verstärkte Isolierung ist vorhanden,
- d.3 - Klasse II, die eine Kombination aus elektrischen Betriebsmitteln mit umhüllender und metallischer Umhüllung ist. Wenn ein elektrisches Betriebsmittel, das in allen seinen Teilen mit doppelter Isolierung und/oder verstärkter Isolierung versehen ist, einen äußeren Schutzleiteranschluss enthält, wird es als elektrisches Betriebsmittel der Klasse I oder 0I angesehen,
- e) **Klasse III:** elektrische Betriebsmittel, bei denen der Schutz gegen elektrischen Schlag auf der Stromversorgung mit Sicherheitskleinspannung beruht und keine andere Spannung als Sicherheitsspannungen verwendet werden.

**Elektrische Sicherheitsbetriebsmittel mit Schutz gegen elektrischen Schlag, der dem der Klasse II gleichwertig ist:** Elektrische Sicherheitsbetriebsmittel mit Schutz gegen elektrischen Schlag, der dem der Klasse II gleichwertig ist, sind Betriebsmittel, die für Anwendungen als Betriebsmittel der Klasse II angesehen werden können, obwohl sie nicht genau der Begriffsbestimmung der Klasse II entsprechen. Da diese Geräte sehr strengen Prüfungen unterzogen werden, die die geringe Wahrscheinlichkeit gewährleisten, dass berührbare leitfähige Teile unter Spannung geraten, werden sie als Geräte angesehen, die ein Sicherheitsniveau aufweisen, das dem von Betriebsmitteln der Klasse II gleichwertig ist.

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister legen, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass die Bedingungen fest, die elektrische Betriebsmittel erfüllen müssen, um als elektrische Betriebsmittel mit einem Sicherheitsniveau angesehen zu werden, das dem von Geräten der Klasse II gleichwertig ist.

## KAPITEL 2.5 - Erdung

### Abschnitt 2.5.1 - Allgemeines

**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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

**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.

**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.

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

**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.

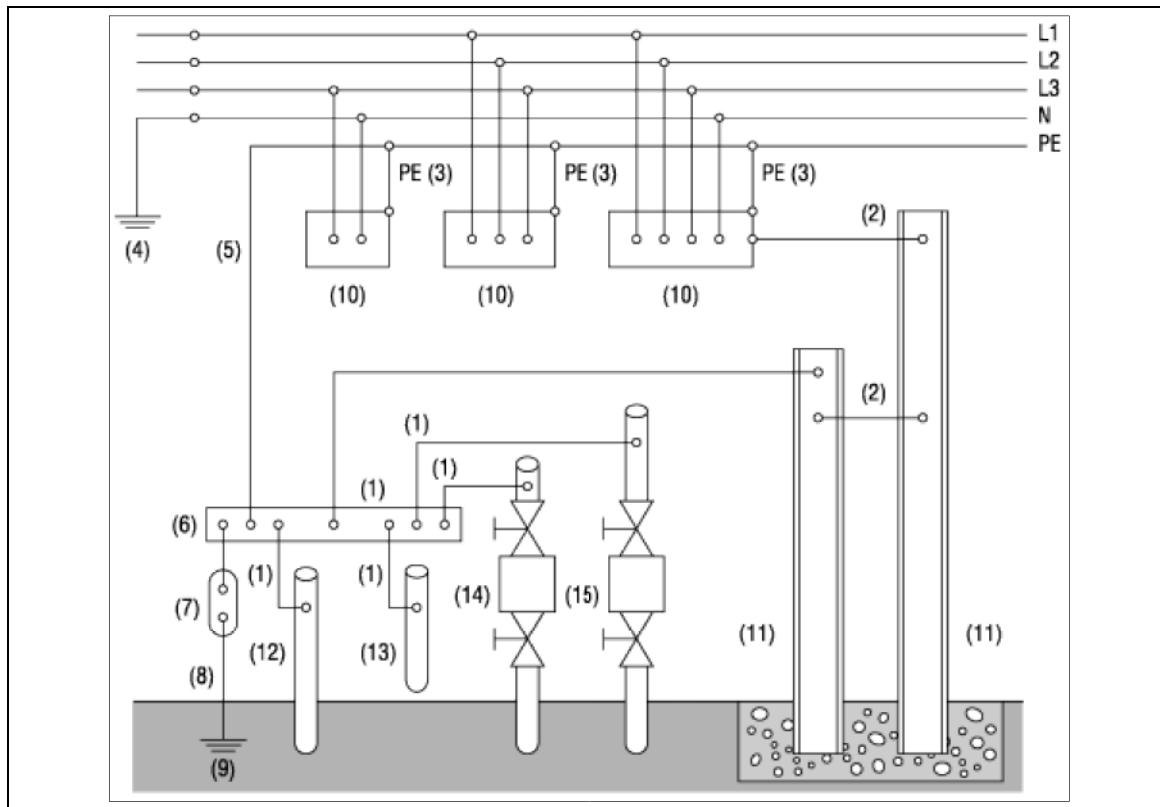
**Ausbreitzzone (eines Erders):** Zone, die den Erder umgibt und sich außerhalb der neutralen Zone befindet.

#### **Abschnitt 2.5.2 - Nieder- und Kleinspannung**

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

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 2.11 - Erdungsanlagen



- (1) Hauptschutzpotentialausgleichsleiter
- (2) Zusätzliche Potentialausgleichsleiter
- (3) Schutzleiter
- (4) Erde des Verteilers
- (5) Hauptschutzleiter
- (6) Haupterdungsanschlusspunkt
- (7) Erdungsschalter
- (8) Erdungsleiter
- (9) Erder des Benutzers
- (10) Körper
- (11) Gerüst
- (12) Entladung
- (13) Heizung
- (14) Wasser
- (15) Gas

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

Bei Niederspannung ist zu unterscheiden zwischen:

- Hauptpotentialausgleichsverbindungen,
- zusätzlichen Potentialausgleichsverbindungen,
- lokalen, nicht geerdeten Potentialausgleichsverbindungen.

**Erdungswiderstand  $R_E$ :** Widerstand zwischen dem Erder und der Bezugs Erde.

**Erdungsimpedanz  $Z_E$ :** Impedanz zwischen der Erdungsanlage, die eventuell mit anderen Erdungsanlagen verbunden ist, und der Bezugs Erde.

**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.

### Abschnitt 2.5.3 - Hochspannung

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

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

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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

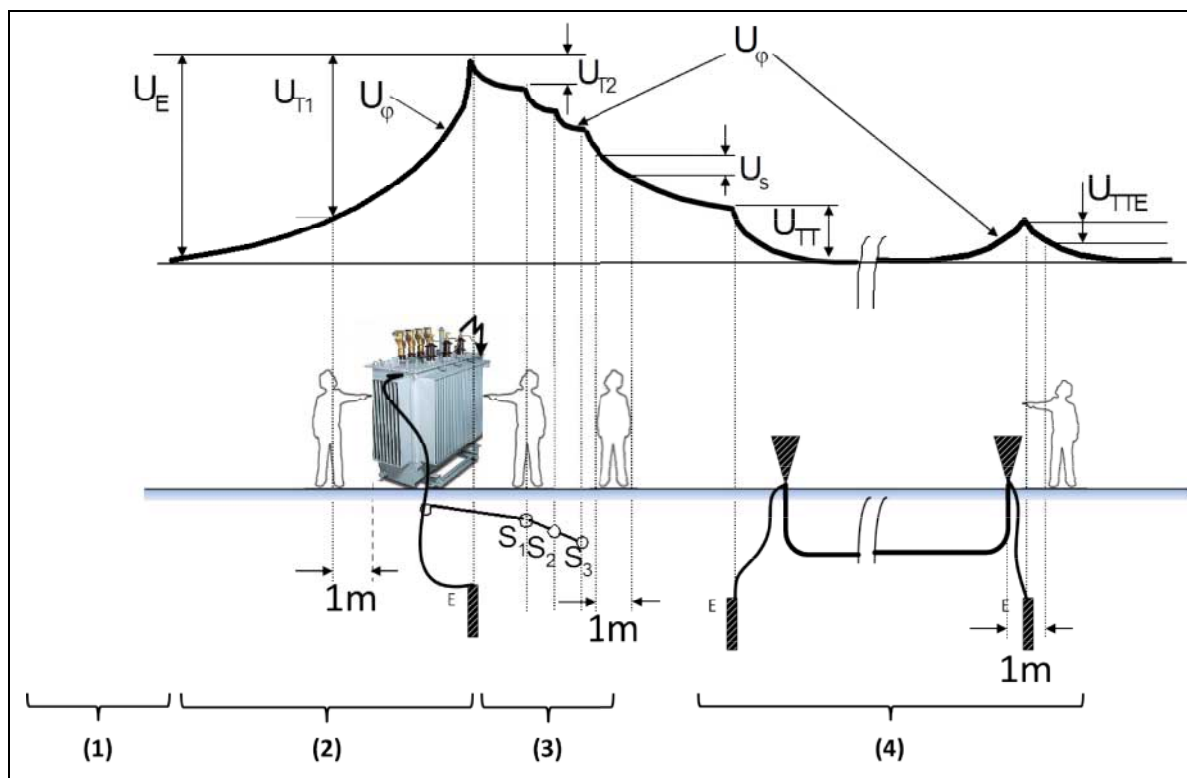
**Potentialausgleichsverbindung:** elektrische Verbindung, die eigens dazu bestimmt ist, Körper und/oder fremde leitfähige Teile auf das gleiche Potential oder auf annähernde Potentiale zu bringen.

**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 (Bezugs Erde) infolge eines Erdschlussstromes.

**Erdoberflächenpotential  $U_\phi$ :** Spannung zwischen einem Punkt auf der Erdoberfläche und der neutralen Erde (Bezugs Erde) infolge eines Fehlerstromes.

Abbildung 2.12 - Beispiel für die Veränderung des Erdoberflächenpotentials und der Spannungen, wenn Ströme durch die Erder fließen

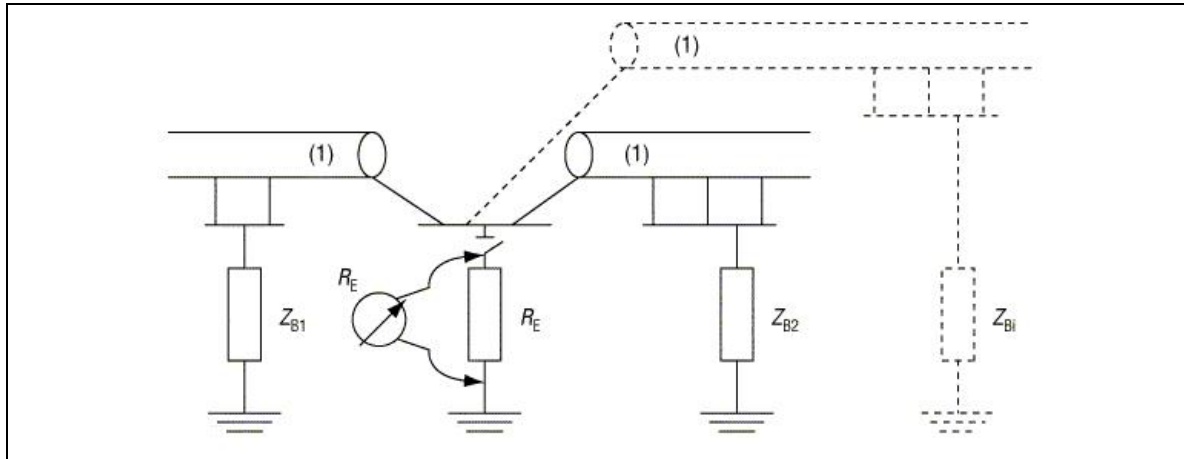


- $E$  Erder  
 $S_1, S_2, S_3$  zusätzliche Erder zur Begrenzung von Potentialdifferenzen (zum Beispiel schleifenförmige Erder, die mit dem Erder  $E$  verbunden sind)  
 $U_E$  Erdpotentialerhöhung  
 $U_s$  Schrittspannung  
 $U_T$  Berührungsspannung gegenüber Erde  
 $U_\phi$  Erdoberflächenpotential  
 (1) Bezugs Erde (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  $S_3$  ...  
 (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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

**Erdungswiderstand  $R_E$ :** Widerstand zwischen dem Erder und der Bezugserde.

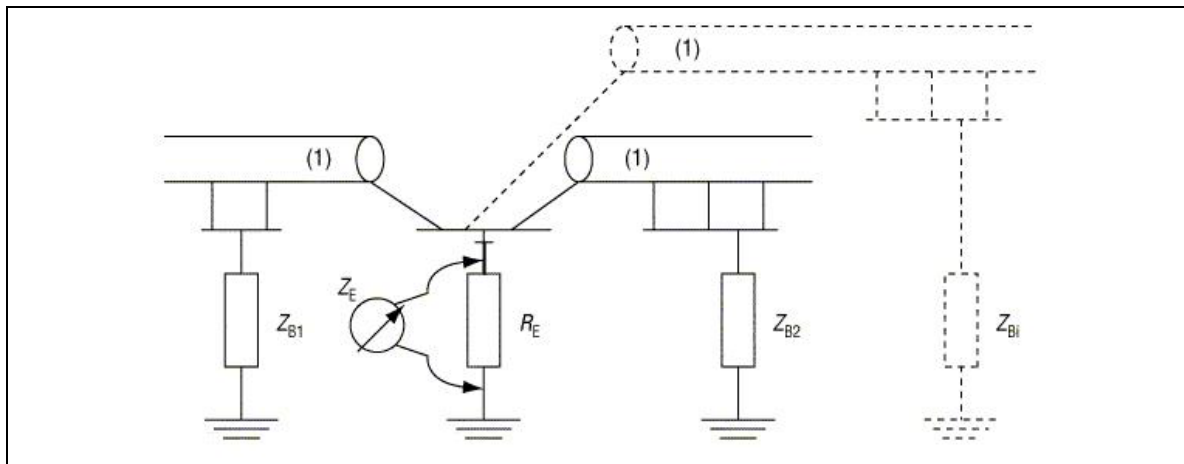
Abbildung 2.13 - Erdungswiderstand  $R_E$



(1) HV-Kabel

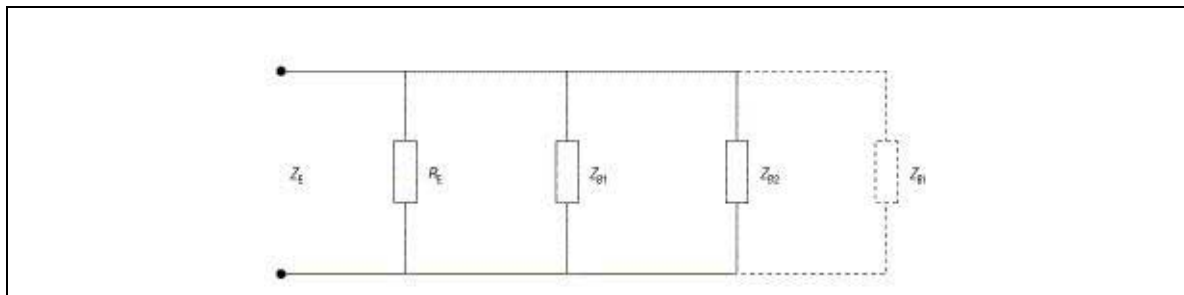
**Erdungsimpedanz  $Z_E$ :** Impedanz zwischen der Erdungsanlage, die eventuell mit anderen Erdungsanlagen verbunden ist, und der Bezugserde.

Abbildung 2.14 - Erdungsimpedanz  $Z_E$



(1) HV-Kabel

Abbildung 2.15 - Vergleichbares Schema der Erdungsimpedanz  $Z_E$

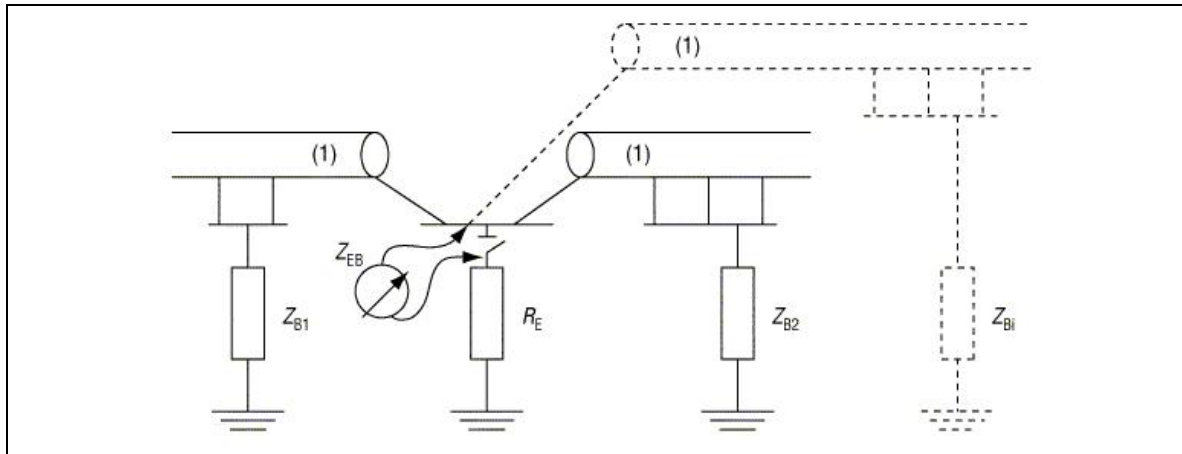




## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

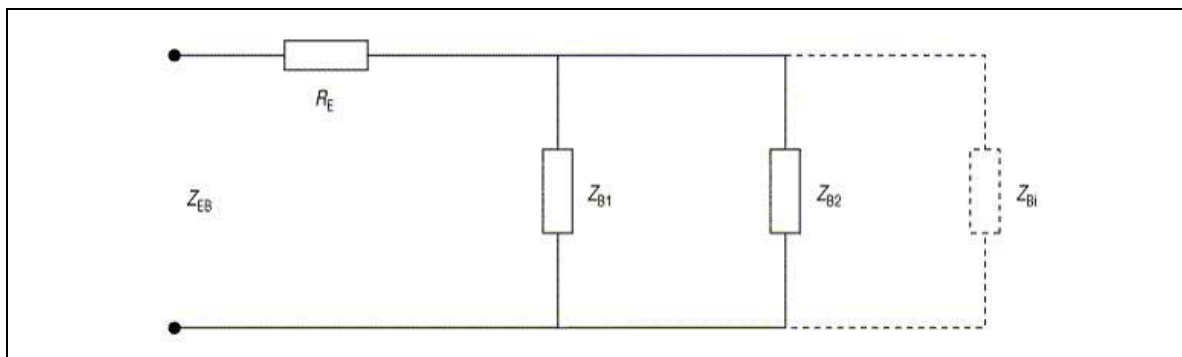
**Schleifenimpedanz eines Erders  $Z_{EB}$ :** Impedanz des Stromkreises, der sich aus dem Widerstand  $R_E$  des Erders in Reihe mit der Impedanz  $Z_B$  aller anderen Erdrückleitungen ergibt.

Abbildung 2.16 - Schleifenimpedanz eines Erders  $Z_{EB}$



(1) HV-Kabel

Abbildung 2.17 - Vergleichbares Schema der Schleifenimpedanz eines Erders  $Z_{EB}$



## KAPITEL 2.6 - Stromkreise

### Abschnitt 2.6.1 - Allgemeine Begriffe

#### Unterabschnitt 2.6.1.1 - Allgemeines

**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.

#### Unterabschnitt 2.6.1.2 - Nieder- und Kleinspannung

**Beginn des Stromkreises:** Unter Beginn des Stromkreises versteht man entweder den Beginn der elektrischen Leitung oder den Ort, an dem sich Querschnitt, Art oder Beschaffenheit der elektrischen Leitung oder ihre Verlegeart ändert.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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 ( $I_{\Delta n}$ ).

**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 - Niederspannungstransformatoren

**Transformator mit getrennten Wicklungen:** Transformator, bei dem die Primär- und Sekundärwicklungen elektrisch getrennt sind, um Gefahren einzuschränken, die sich aus dem versehentlichen gleichzeitigen Berühren mit dem Körper und den aktiven Teilen oder den Metallteilen, die im Falle eines Isolationsfehlers aktiv werden können, ergeben. Die Isolierung zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen bietet eine Schutzart gegen elektrischen Schlag, die der der Basisisolierung gleichwertig ist (*Unterabschnitt 2.4.2.2*).

**Trenntransformator:** Transformator, bei dem die Primär- und Sekundärwicklungen elektrisch getrennt sind, um Gefahren einzuschränken, die sich aus dem versehentlichen gleichzeitigen Berühren mit dem Körper und den aktiven Teilen oder den Metallteilen, die im Falle eines Isolationsfehlers aktiv werden können, ergeben. Die Isolierung zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen bietet eine Schutzart gegen elektrischen Schlag, die der der doppelten Isolierung gleichwertig ist (*Unterabschnitt 2.4.2.2*).

**Sicherheitstransformator:** Trenntransformator, der für die Stromversorgung eines oder mehrerer Sicherheitskleinspannungsstromkreise bestimmt ist.

### Abschnitt 2.6.4 - Eigenschaften von Schutzeinrichtungen

#### Unterabschnitt 2.6.4.1 - Allgemeines

**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  $1 \Omega$  in Wärme umgewandelt wird.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

**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.

### Unterabschnitt 2.6.4.2 - Nieder- und Kleinspannung

**Ansprech-Differenzstrom:** Wert des Differenzstroms, der den Betrieb einer Schutzeinrichtung auslöst.

Differenzstrom-Schutzeinrichtungen werden je nach Empfindlichkeit des Gerätes in vier Kategorien eingeteilt, nämlich:

- Geräte mit geringer Empfindlichkeit, bei denen der Ansprechstromwert 1000 mA überschreitet,
- Geräte mit mittlerer Empfindlichkeit, bei denen der Ansprechstromwert mehr als 30 mA und höchstens 1000 mA beträgt; die Standardwerte dieser Ansprechströme betragen 100, 300, 500 und 1000 mA,
- Geräte mit hoher Empfindlichkeit, bei denen der Ansprechstromwert mehr als 10 mA und höchstens 30 mA beträgt,
- Geräte mit sehr hoher Empfindlichkeit, bei denen der Ansprechstromwert höchstens 10 mA beträgt.

**Vereinbarter Wert des Auslösestroms:** festgelegter Stromwert, bei dessen Erreichen oder Überschreiten die Schutzeinrichtung in einer bestimmten Zeit ausgelöst wird ( $I_f$ ).

**Vereinbarter Wert des Nichtauslösestroms:** angegebener Wert des Stroms, der von der Schutzeinrichtung für eine bestimmte Zeit aufgenommen werden kann, ohne dass sie ausgelöst wird ( $I_{nr}$ ).

Bei Sicherungen wird dieser Strom als kleiner Prüfstrom bezeichnet.

Bei Leitungsschutzschaltern wird er als Nichtauslösestrom bezeichnet, wobei dieser Strom höher als der Nenn- oder Einstellstrom liegt und die konventionelle Zeit je nach Typ und Nennstrom variiert, aber immer mindestens eine Stunde beträgt.

**Charakteristisches Joule-Integral eines Leitungsschutzschalters:** Kurve, die die Höchstwerte von  $I^2 \cdot t$  (bezogen auf die Ausschaltzeit) angibt, die unter den ungünstigsten Bedingungen zum Zeitpunkt der Abschaltung des Kurzschlusses je nach unbeeinflusstem Strom unter festgelegten Betriebsbedingungen gemessen werden.

## KAPITEL 2.7 - Leitungen

### Abschnitt 2.7.1 - Allgemeine Begriffe

#### Unterabschnitt 2.7.1.1 - Allgemeines

**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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

**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 Abzweigleitungen* 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.

#### Unterabschnitt 2.7.1.2 - Nieder- und Kleinspannung

**Vormontierte Leitung:** Zusammenstellung von Leitern, die eine verstärkte Isolierung mit hoher Witterungsbeständigkeit aufweisen. Vormontierte Leitungen für Netze bestehen aus Außenleitern, einem Tragorgan, das als Neutralleiter benutzt werden kann, und gegebenenfalls öffentlichen Beleuchtungsleitern; Außenleiter und öffentliche Beleuchtungsleiter sind um das Tragorgan verdreht, das sich in Längsrichtung in der Mitte des Bündels befindet. Vormontierte Leitungen für Verbindungen bestehen aus:

- mehreren zusammen verdrehten Leitern, von denen einer als Neutralleiter dienen kann,
- gegebenenfalls einem Tragorgan.

**Elektrische Leitungen mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Klasse II gleichwertig ist:**

- entweder elektrische Stromkabel der Klasse II ohne leitfähige Bekleidung, ungeachtet dessen, ob es sich um einen Mantel, eine Bewehrung oder eine andere Bekleidung handelt, ganz gleich, ob diese Bekleidung eine Außenbekleidung ist oder selbst mit einem Mantel aus Isolierstoff überzogen ist,

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- oder elektrische Leitungen, die die Kriterien der Klasse II nicht erfüllen, aber aufgrund ihrer besonderen Nutzung ein ausreichendes Sicherheitsniveau aufweisen.

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass elektrische Leitungen als elektrische Leitungen einstufen, die einen Schutz gegen elektrischen Schlag aufweisen, der dem von Geräten der Klasse II gleichwertig ist.

**Tragorgan:** Draht oder Drahtlitze, der/die in einer vormontierten Leitung integriert ist oder nicht und allein die mechanische Zugfestigkeit dieser vormontierten Leitung gewährleistet.

**Steckverbinder:** Einrichtung zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen einem flexiblen Kabel und einer elektrischen Maschine oder einem elektrischen Gerät; sie besteht aus zwei Teilen:

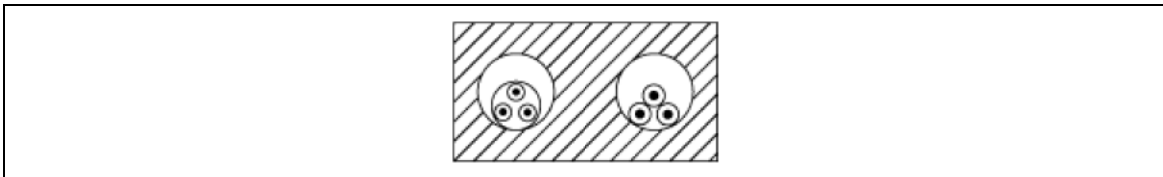
- einer Gerätesteckdose, die fester Bestandteil des flexiblen Speisekabels ist oder für die Verbindung mit diesem Kabel bestimmt ist,
- einem Gerätestecker, der in der mobilen Maschine oder im mobilen Verbrauchsgerät eingebaut oder befestigt ist.

### Abschnitt 2.7.2 - Verlegearten

#### Unterabschnitt 2.7.2.1 - Allgemeines

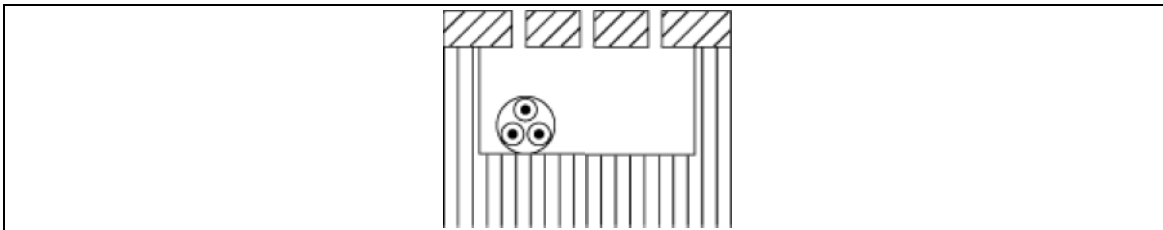
**Hohlblockstein:** Verlegematerial, das aus Elementen aus kompaktem Material (zum Beispiel Beton) besteht, in denen Hohlräume für die Durchführung von Kabeln vorgesehen sind.

Abbildung 2.18 - Verlegeart "Hohlblockstein"



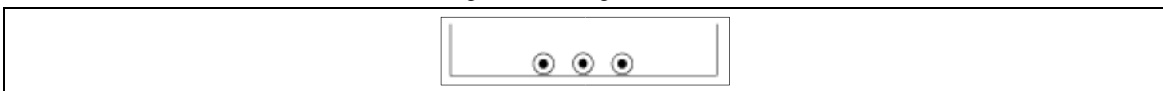
**Kabelkanal:** Raum oder Kanal, der sich unter dem Boden befindet und dessen Abmessungen es nicht ermöglichen, sich darin zu bewegen: Wenn der Raum oder Kanal geschlossen werden kann, müssen die Kabel über ihre gesamte Länge zugänglich sein.

Abbildung 2.19 - Verlegeart "Kabelkanal"



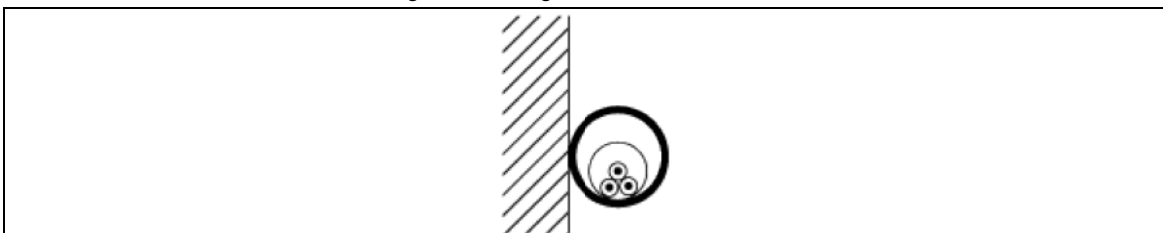
**Kabelwanne:** Verlegematerial, das aus vollen oder perforierten Profilelementen besteht, die die Kabelführung ermöglichen.

Abbildung 2.20 - Verlegeart "Kabelwanne"



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

Abbildung 2.21 - Verlegeart "Elektroinstallationsrohr"



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

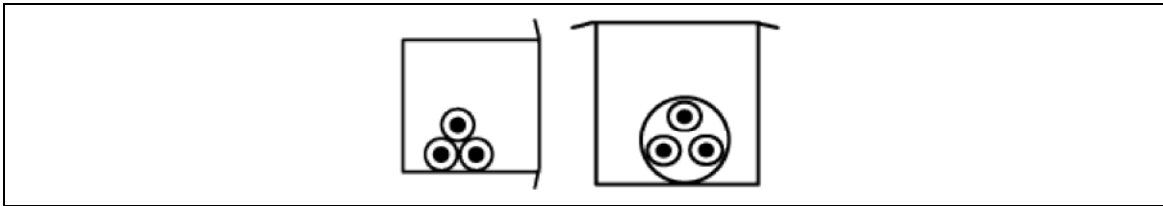
**Kabelrohr:** Teil, das eine elektrische Leitung umgibt und ihr in Wanddurchführungen (Wänden, Trennwänden, Böden, Decken) oder in unterirdischen Verlegungen zusätzlichen Schutz bietet.

**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.

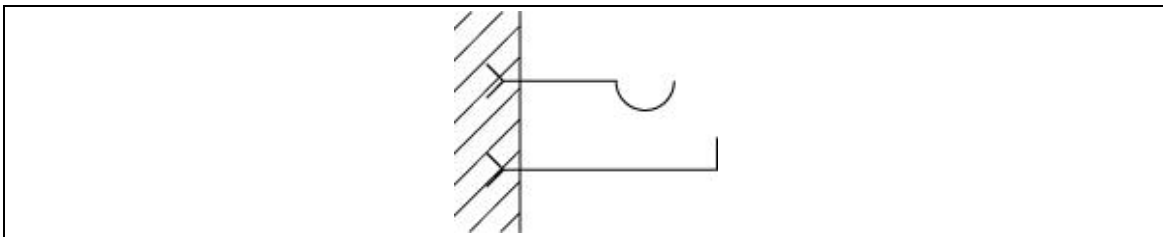
**Kabelschacht:** Verlegematerial, das aus einem vollwandigen oder perforierten Profil besteht, für die Aufnahme von Leitern oder Kabeln bestimmt ist und mit einem abnehmbaren Deckel geschlossen wird.

Abbildung 2.22 - Verlegeart "Kabelschacht"



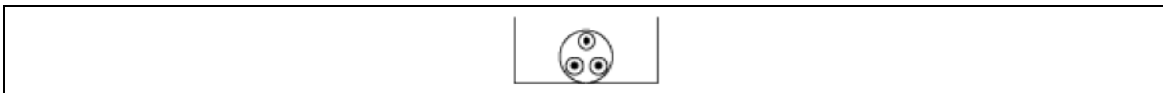
**Ausleger:** Teil, das an einem seiner Enden an einer Wand befestigt ist und Kabel diskontinuierlich trägt.

Abbildung 2.23 - 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 2.24 - Verlegeart "Kabelrinne"

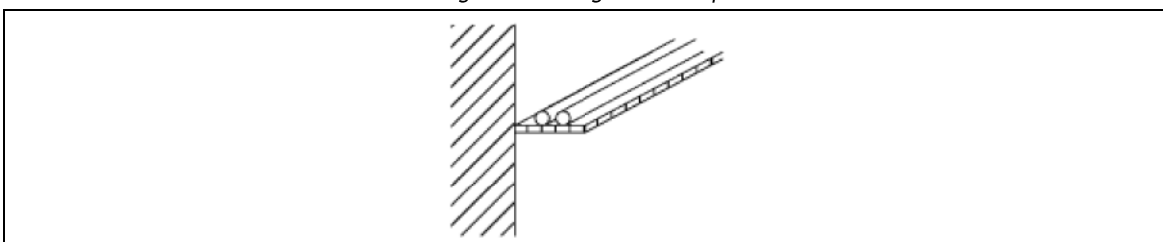


**Aussparung:** lange, schmale Einkerbung in einem Material, die über ihre gesamte Länge zugänglich ist.

**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:** Verlegematerial, das aus einem durchgehenden Träger aus Platten besteht, die an einer senkrechten Wand befestigt sind, und auf dem Kabel verlegt werden.

Abbildung 2.25 - Verlegeart "Kabelpritsche"



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

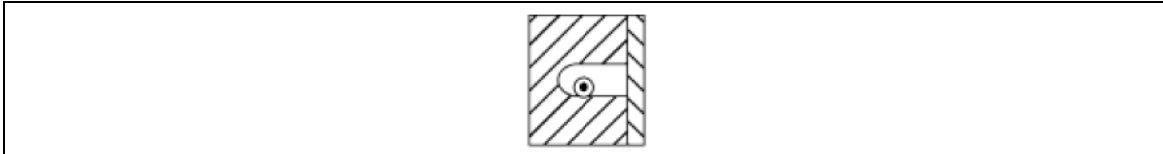
**An den Wänden befestigte elektrische Leitung:** elektrische Leitung, die an einer Wand oder in ihrer unmittelbaren Nähe verlegt wird, wobei diese Wand ein Befestigungsmittel und eventuell ein Schutzelement darstellt.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 2.7.2.2 - Nieder- und Kleinspannung

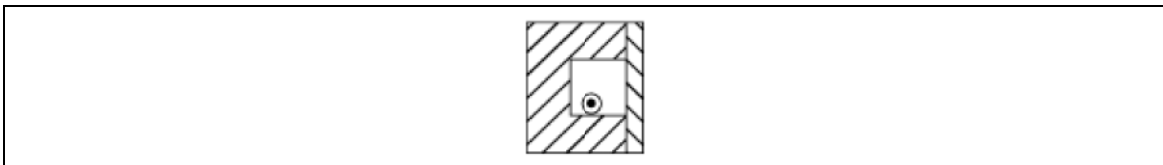
**Leiste:** Verlegematerial, das aus einer Basis besteht, die Grundplatte genannt wird, mit Aussparungen versehen ist, die das Verlegen von Leitern ermöglichen, und mit einem abnehmbaren Deckel geschlossen wird. Leisten können dekorativ profiliert sein.

Abbildung 2.26 - Verlegeart "Leiste"



**Fußleiste (oder Einfassung) mit Aussparungen:** Fußleiste (oder Einfassung), die mit Aussparungen versehen ist, die das Verlegen von Leitern und eventuell Kabeln ermöglicht, und mit einem abnehmbaren Deckel geschlossen wird.

Abbildung 2.27 - Verlegeart "Fußleiste (oder Einfassung) mit Aussparungen"



## KAPITEL 2.8 - Betriebsmittel

### Abschnitt 2.8.1 - Allgemeine Begriffe

#### Unterabschnitt 2.8.1.1 - Allgemeines

**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 Belgischen Normungsamt (NBN) registrierten Normen für Schaltgeräte mit Umhüllung entsprechen.

**Entladungslampenhalter:** Stifte oder Schellen, die zum Halten von Lampen oder Rohren benutzt werden und keine Teile sind, die zur Stromversorgung der Lampen benutzt werden.

#### Unterabschnitt 2.8.1.2 - Niederspannung

**Niederspannung-Schaltgerätekombination:** Kombination aus einem oder mehreren Niederspannung-Schaltgeräten mit zugehörigen Steuer-, Mess-, Melde-, Schutz- und Regeleinrichtungen, ... mit ihren sämtlichen inneren mechanischen und elektrischen Verbindungen und ihren Strukturelementen.

**Gesamtsystem:** Gesamtheit aller elektrischen und mechanischen Komponenten (Umhüllungen, Sammelschienen, Funktionseinheiten, ...) gemäß der Beschreibung des Originalherstellers, die im Hinblick auf die Herstellung verschiedener Systeme nach den Anweisungen des Originalherstellers zusammengebaut werden können.

### Abschnitt 2.8.2 - Bewegungsmöglichkeiten

#### Unterabschnitt 2.8.2.1 - Allgemeines

**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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 2.8.2.2 - Nieder- und Kleinspannung

**Handgehaltene Maschine/handgehaltenes Gerät:** mobile Maschine bzw. mobiles Gerät, die/das dazu bestimmt ist, bei bestimmungsgemäßem Betrieb in der Hand gehalten zu werden, und deren/dessen Betrieb die ständige Verwendung der Hand als Stütze oder Führung erfordert.

**Ortsfeste Maschine/ortsfestes Gerät:** Maschine oder Gerät mit festem Standplatz bzw. Maschine oder Gerät, die/das nicht leicht bewegt werden kann.

**Maschine/Gerät mit festem Standplatz:** Maschine bzw. Gerät, die/das an einem bestimmten Ort befestigt oder eingelassen ist.

**Mobile Maschine/mobiles Gerät mit festem Standplatz:** ortsfeste Maschine bzw. ortsfestes Gerät, die/das nicht in die Kategorie der ortsfesten Geräte fällt. Es handelt sich um Maschinen oder Geräte, die gelegentlich bewegt werden.

## KAPITEL 2.9 - Trennung und Steuerung

**Allpolige Abschaltung:** Abschaltung aller aktiven Leiter eines Stromkreises einschließlich des Neutralleiters.

**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.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 Giebereien 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, ...

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### 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

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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	Elektro-technisch 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

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### 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, ...

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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, ...

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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 <sup>2</sup> auf einer Ebene - oder von mehr als 1250 m <sup>2</sup> 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

**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.

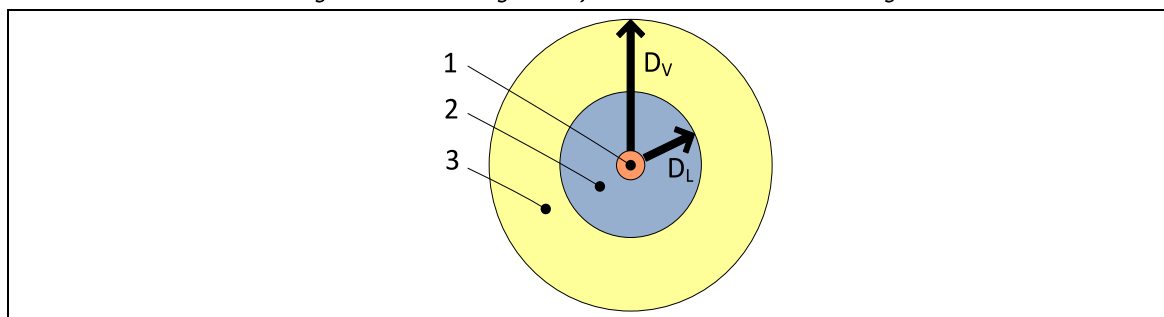
**Anlagenverantwortlicher:** Person, die für die Übernahme der Verantwortung für den Betrieb der elektrischen Anlage bestimmt ist. Diese Verantwortung kann wenn nötig teilweise an andere Personen übertragen werden.

**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.

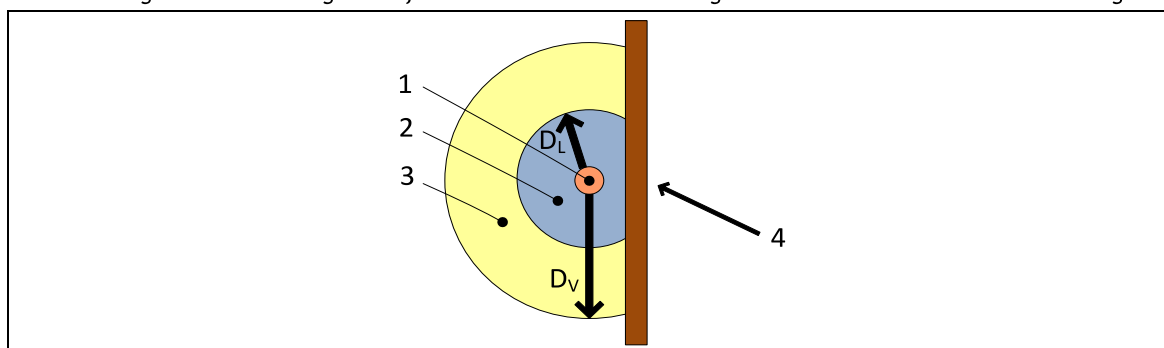
**Gefahrenzone:** abgegrenzter Bereich um die blanken unter Spannung stehenden aktiven Teile wie auf den Abbildungen 2.28 bis 2.30 und in Tabelle 2.22 dargestellt.

Abbildung 2.28 - 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 2.29 - Darstellung der Gefahrenzone und der Annäherungszone mit isolierender Schutzeinrichtung

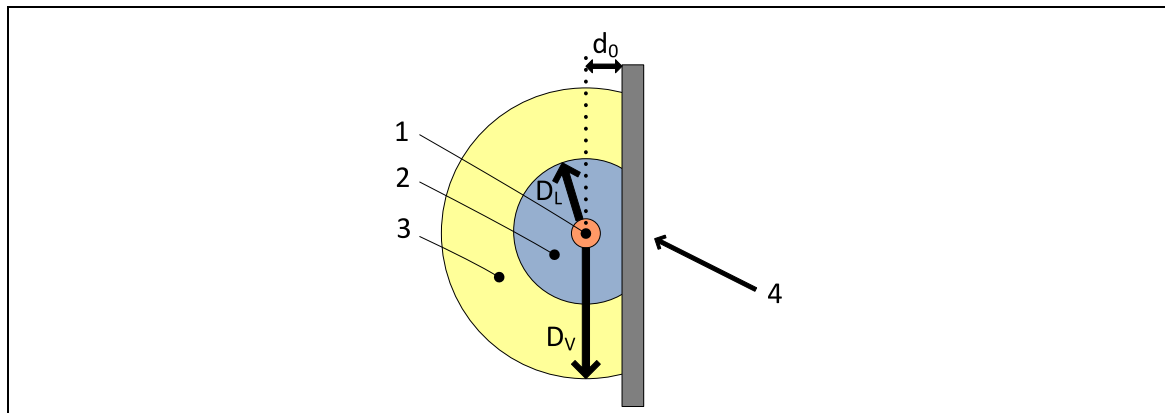


- 1: blankes unter Spannung stehendes aktives Teil
- 2: Gefahrenzone
- 3: Annäherungszone
- 4: äußere Oberfläche der isolierenden Schutzeinrichtung, die den Zugang zur Gefahrenzone und/oder zur Annäherungszone verhindert
- $D_L$ : Abstand zur Festlegung der äußeren Grenze der Gefahrenzone
- $D_V$ : Abstand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



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 2.30 - 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 4.2.2.1 Punkt e.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]
$\leq 1$	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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

**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.

### KAPITEL 2.12 - Schemata, Pläne und Unterlagen von elektrischen Anlagen

**Schaltplan:** Schema oder Beschreibung der elektrischen Anlage.

**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.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**


---

## Teil 3 - Bestimmung der allgemeinen Eigenschaften von elektrischen Anlagen

<b>KAPITEL 3.1 - ALLGEMEINES</b> .....	<b>43</b>
Abschnitt 3.1.1 - Bestimmung der Eigenschaften von Anlagen.....	43
Abschnitt 3.1.2 - Schaltplan .....	43
Unterabschnitt 3.1.2.1 - Nieder- und Kleinspannung .....	43
Unterabschnitt 3.1.2.2 - Hochspannung .....	43
Abschnitt 3.1.3 - Kennzeichnung von Stromkreisen .....	43
Unterabschnitt 3.1.3.1 - Nieder- und Kleinspannung .....	43
Unterabschnitt 3.1.3.2 - Hochspannung .....	44
<b>KAPITEL 3.2 - STROMVERSORGUNG UND STRUKTUREN</b> .....	<b>44</b>
Abschnitt 3.2.1 - Versorgungsleistung .....	44
Abschnitt 3.2.2 - Arten von Erdungssystemen bei Nieder- und Kleinspannung .....	44
Unterabschnitt 3.2.2.1 - Einleitung .....	44
Unterabschnitt 3.2.2.2 - Erdung im TN-System .....	44
Unterabschnitt 3.2.2.3 - Erdung im TT-System.....	45
Unterabschnitt 3.2.2.4 - Erdung im IT-System .....	45
Abschnitt 3.2.3 - Arten von Erdungssystemen bei Hochspannung.....	46
Abschnitt 3.2.4 - Stromversorgung .....	46
Abschnitt 3.2.5 - Unterteilung von Anlagen .....	46
Unterabschnitt 3.2.5.1 - Ziel .....	46
Unterabschnitt 3.2.5.2 - Fehlende galvanische Trennung .....	46
<b>KAPITEL 3.3 - KOMPATIBILITÄT</b> .....	<b>46</b>
Abschnitt 3.3.1 - Unabhängigkeit elektrischer Anlagen gegenüber anderen Anlagen .....	46
Abschnitt 3.3.2 - Unabhängigkeit von Teilen elektrischer Anlagen .....	46
Abschnitt 3.3.3 - Telekommunikations-, Steuerungs-, Signalanlagen und ähnliche Anlagen.....	47
<b>KAPITEL 3.4 - SICHERHEITSANLAGEN</b> .....	<b>47</b>
Abschnitt 3.4.1 - Nieder- und Kleinspannung .....	47
Abschnitt 3.4.2 - Hochspannung .....	47
<b>KAPITEL 3.5 - KRITISCHE ANLAGEN</b> .....	<b>47</b>
Abschnitt 3.5.1 - Nieder- und Kleinspannung .....	47
Abschnitt 3.5.2 - Hochspannung .....	47

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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 Anlagen muss so beschaffen sein, dass sie bei bestimmungsgemäßem Betrieb vorhersehbaren elektrischen Beanspruchungen ohne Schaden standhalten können.

**Abschnitt 3.1.2 - Schaltplan****Unterabschnitt 3.1.2.1 - Nieder- und Kleinspannung**

Es werden ein Schaltplan oder eine Beschreibung der elektrischen Anlage erstellt, die insbesondere Folgendes umfassen:

- Spannungen und Art der Ströme,
- Art und Zusammensetzung der Hauptstromkreise,
- Lage und Eigenschaften der Vorrichtungen, die die Sicherheitsabschaltung und Trennung der Hauptstromkreise gewährleisten.

Dieser Schaltplan oder diese Beschreibung steht vor Ort allen Personen zur Verfügung, die befugt sind, diese elektrische Anlage zu beaufsichtigen, zu prüfen oder daran zu arbeiten.

Falls anwendbar, wird der Schaltplan oder die Beschreibung, der/die weiter oben erwähnt ist, ergänzt durch:

- 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.

**Unterabschnitt 3.1.2.2 - Hochspannung**

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.

Falls anwendbar, wird der Schaltplan und die Beschreibung, die weiter oben erwähnt sind, ergänzt durch:

- 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.

**Abschnitt 3.1.3 - Kennzeichnung von Stromkreisen****Unterabschnitt 3.1.3.1 - Nieder- und Kleinspannung**

Abschalt- und Schutzeinrichtungen von Hauptstromkreisen werden deutlich, sichtbar und individuell gekennzeichnet, damit sie 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, Änderungen oder Erweiterungen der Anlage zu erkennen sind.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Damit Kabel sichtbar angebrachter Bündel zu erkennen sind, wird die Kennzeichnung gegebenenfalls in regelmäßigen Abständen wiederholt.

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.

Besondere Vorschriften für Sicherheitsanlagen und kritische Anlagen sind in *Abschnitt 5.6.8* (Sicherheitsanlagen) und *Unterabschnitt 5.7.2.5* (kritische Anlagen) vorgesehen.

### Unterabschnitt 3.1.3.2 - Hochspannung

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, Änderungen oder Erweiterungen der Anlage zu erkennen sind.

Damit Kabel sichtbar angebrachter Bündel zu erkennen sind, wird die Kennzeichnung gegebenenfalls in regelmäßigen Abständen wiederholt.

In elektrischen Betriebsstätten sind Nennspannungen an sorgfältig ausgewählten Stellen auffällig angegeben.

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.

## 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 bei Nieder- und Kleinspannung

#### Unterabschnitt 3.2.2.1 - Einleitung

Folgende Arten von Erdungssystemen werden im Rahmen des vorliegenden Buches berücksichtigt:

- das TN-System (und seine Varianten),
- das TT-System,
- das IT-System.

#### Unterabschnitt 3.2.2.2 - Erdung im TN-System

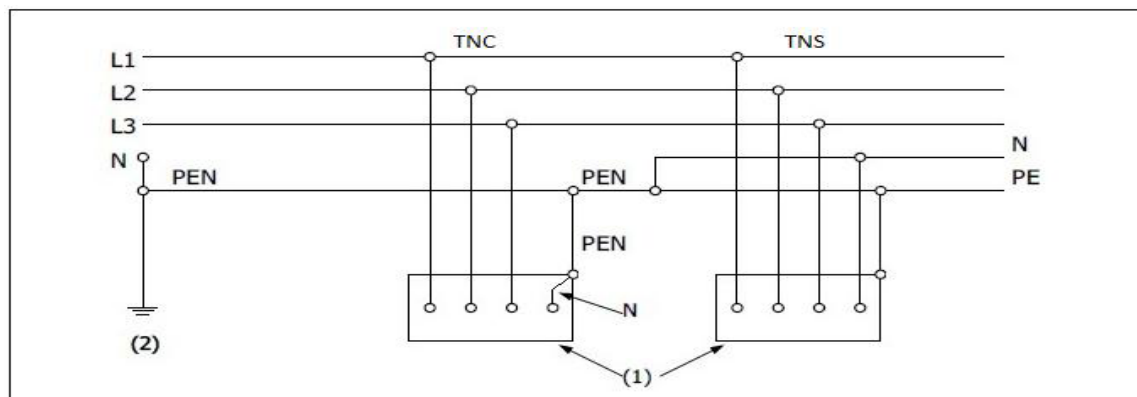
Ein Punkt des Versorgungsnetzes, zum Beispiel der Neutralpunkt jedes Generators oder Transformators, ist geerdet. Der Schutzleiter ist mit diesem Neutralpunkt verbunden und im gesamten Verteilnetz verlegt. Wenn der Neutralpunkt nicht besteht oder nicht zugänglich ist, wird ein Außenleiter jedes Generators oder Transformators geerdet. In diesem Fall sind der entsprechende Außenleiter und der Schutzleiter getrennt.

Der Schutzleiter wird in der Nähe jedes Generators oder Transformators geerdet. Außerdem ist er an mehreren, möglichst gleichmäßig verteilten Punkten geerdet, damit das Schutzleiterpotential bei Fehler möglichst nahe am Erdpotential bleibt.

Körper elektrischer Betriebsmittel sind mit dem vorerwähnten Schutzleiter verbunden.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 3.1 - TN-C-S-System



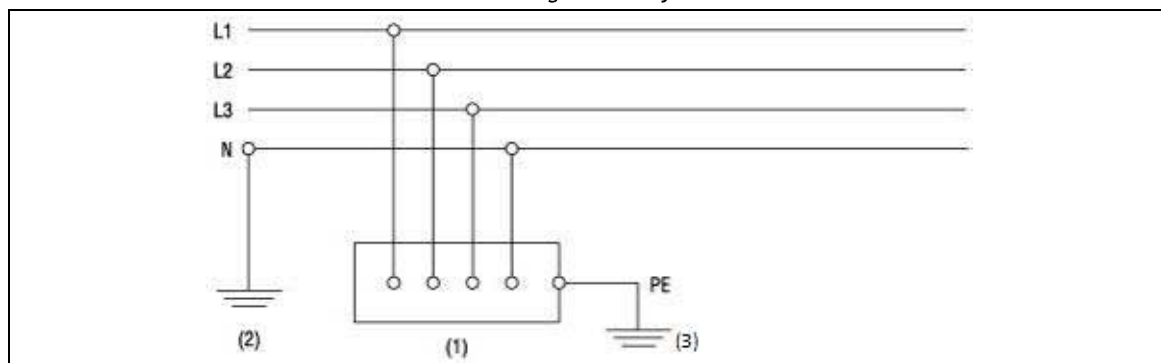
- (1) Körper  
(2) Erder des Versorgungsnetzes

#### Unterabschnitt 3.2.2.3 - Erdung im TT-System

Ein Punkt des Versorgungsnetzes, zum Beispiel der Neutralpunkt jedes Generators oder Transformators, ist geerdet. Wenn der Neutralpunkt nicht besteht oder nicht zugänglich ist, wird ein Außenleiter jedes Generators oder Transformators geerdet. Für den entsprechenden Leiter des Verteilnetzes kann ebenso vorgegangen werden.

Körper elektrischer Betriebsmittel sind entweder einzeln oder in Gruppen oder gemeinsam mit einem oder mehreren Erdern verbunden, die von den weiter oben erwähnten Erdern unabhängig sind.

Abbildung 3.2 - TT-System



- (1) Körper  
(2) Erder des Versorgungsnetzes  
(3) Erder des Körpers

#### Unterabschnitt 3.2.2.4 - Erdung im IT-System

Der Neutralpunkt ist nicht geerdet oder ist über eine ausreichend hohe Impedanz geerdet. Kein aktiver Leiter ist direkt geerdet. Ein Punkt der Anlage darf jedoch über eine geeignete Impedanz geerdet sein. Ein künstlicher Neutralpunkt darf über eine geeignete Impedanz geerdet sein. Ein künstlicher Neutralpunkt darf direkt geerdet sein, wenn der Wert der Nullimpedanz groß genug ist. Zur Reduzierung von Überspannungen und zur Dämpfung von Schwingungen des Anlagepotentials gegenüber Erde dürfen zusätzliche Erdungspunkte über Impedanzen oder künstliche Neutralpunkte vorgesehen werden, deren Eigenschaften an die Eigenschaften der Anlage angepasst sind.

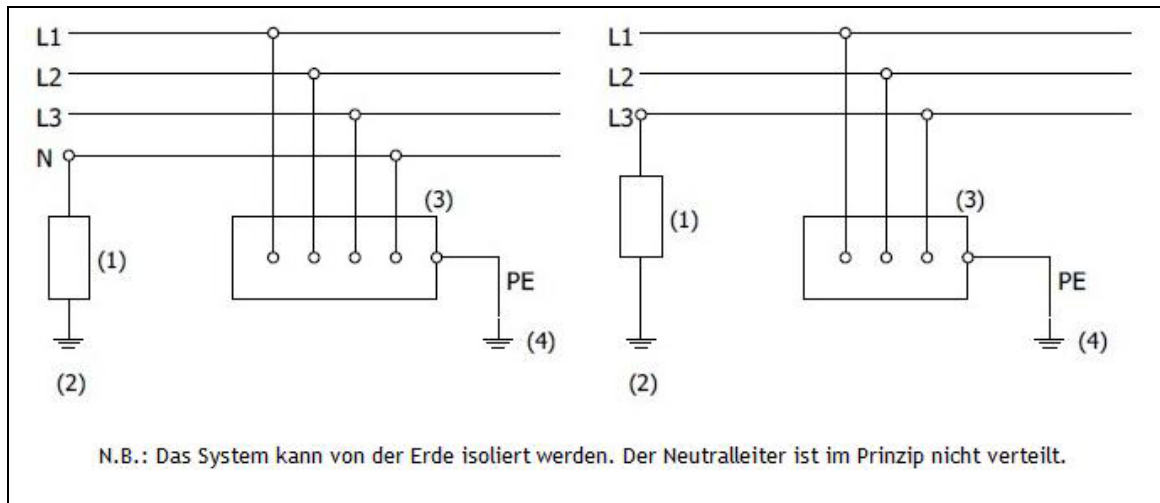
Der Neutralleiter, falls vorhanden, ist unter denselben Bedingungen wie ein Außenleiter isoliert und verlegt.

Körper elektrischer Betriebsmittel sind entweder einzeln oder in Gruppen oder gemeinsam geerdet. Jedoch sind gleichzeitig berührbare leitfähige Körper mit demselben Schutzleiter verbunden.

In elektrischen Anlagen, deren aktive Teile nicht direkt geerdet sind, müssen elektrische Betriebsmittel, die zwischen Außen- und Neutralleiter versorgt werden, so gewählt werden, dass ihre Isolierung mindestens der Spannung zwischen Außenleitern entspricht.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 3.3 - IT-System



- (1) Impedanz (installiert oder nicht)  
 (2) Erder des Versorgungsnetzes  
 (3) Körper  
 (4) Erder des Körpers

### Abschnitt 3.2.3 - Arten von Erdungssystemen bei Hochspannung

Erdungssysteme für Hochspannungsanlagen werden gemäß den Regeln des Fachs bestimmt.

### Abschnitt 3.2.4 - Stromversorgung

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 3.2.5 - Unterteilung von Anlagen

#### Unterabschnitt 3.2.5.1 - 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 3.2.5.2 - Fehlende galvanische Trennung

Wenn der Stromkreis über ein Netz mit höherer Spannung durch Geräte ohne galvanische Trennung wie Spartransformatoren, Potentiometer, Halbleiterbauelemente, ... 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

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 Geräte oder Maschinen 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.

Was die Energieversorgung dieser Anlagen betrifft, gelten die Maßnahmen in Bezug auf elektrische Sicherheit und auf Betriebsgarantien, wie sie entweder in der 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.

## KAPITEL 3.4 - Sicherheitsanlagen

### **Abschnitt 3.4.1 - Nieder- und Kleinspannung**

Vorschriften für Sicherheitsanlagen sind in *Kapitel 5.6* aufgenommen.

### **Abschnitt 3.4.2 - Hochspannung**

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

### **Abschnitt 3.5.1 - Nieder- und Kleinspannung**

Vorschriften für kritische Anlagen sind in *Kapitel 5.7* aufgenommen.

### **Abschnitt 3.5.2 - Hochspannung**

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



---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

---

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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Teil 4 - Schutzmaßnahmen**

<b>KAPITEL 4.1 - EINLEITUNG .....</b>	<b>52</b>
<b>KAPITEL 4.2 - SCHUTZ GEGEN ELEKTRISCHEN SCHLAG .....</b>	<b>52</b>
<b>Abschnitt 4.2.1 - Allgemeines.....</b>	<b>52</b>
Unterabschnitt 4.2.1.1 - Berührungsstrom .....	52
Unterabschnitt 4.2.1.2 - Zulässige Spannungsbereiche .....	52
<b>Abschnitt 4.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren .....</b>	<b>52</b>
Unterabschnitt 4.2.2.1 - Schutzarten .....	52
Unterabschnitt 4.2.2.2 - An gewöhnlichen Orten .....	57
Unterabschnitt 4.2.2.3 - In elektrischen Betriebsstätten .....	58
Unterabschnitt 4.2.2.4 - Besondere Vorschriften in Sonderfällen .....	60
<b>Abschnitt 4.2.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Nieder- und Kleinspannung.....</b>	<b>61</b>
Unterabschnitt 4.2.3.1 - Grundsätze der Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren bei Nieder- und Kleinspannung .....	61
Unterabschnitt 4.2.3.2 - Erdungsanlagen bei Nieder- und Kleinspannung .....	62
Unterabschnitt 4.2.3.3 - Passiver Schutz bei Nieder- und Kleinspannung ohne automatische Abschaltung der Stromversorgung .....	63
Unterabschnitt 4.2.3.4 - Aktiver Schutz bei Nieder- und Kleinspannung mit automatischer Abschaltung der Stromversorgung und mögliche Warnung .....	67
<b>Abschnitt 4.2.4 - Anwendung von Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Niederspannung und Kleinspannung.....</b>	<b>74</b>
Unterabschnitt 4.2.4.1 - Anwendungsbereich .....	74
Unterabschnitt 4.2.4.2 - Äußere Einflüsse .....	74
Unterabschnitt 4.2.4.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Nieder- und Kleinspannung .....	74
<b>Abschnitt 4.2.5 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Hochspannung .....</b>	<b>75</b>
Unterabschnitt 4.2.5.1 - Grundsätze der Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren bei Hochspannung .....	75
Unterabschnitt 4.2.5.2 - Erdungsanlagen bei Hochspannung .....	75
Unterabschnitt 4.2.5.3 - Passiver Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Hochspannung .....	76
Unterabschnitt 4.2.5.4 - Aktiver Schutz bei Hochspannung mit automatischer Abschaltung der Stromversorgung .....	77
Unterabschnitt 4.2.5.5 - Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Hochspannung .....	78
<b>Abschnitt 4.2.6 - Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren infolge von Potentialverschleppung.....</b>	<b>78</b>
Unterabschnitt 4.2.6.1 - Allgemeines .....	78
Unterabschnitt 4.2.6.2 - Zu treffende Maßnahmen .....	79
<b>Abschnitt 4.2.7 - Schutzmaßnahmen bei Kleinspannung .....</b>	<b>80</b>
Unterabschnitt 4.2.7.1 - Stromversorgung mit Kleinspannung (ELV) .....	80
Unterabschnitt 4.2.7.2 - Elektrische Anlagen mit Funktionskleinspannung ohne elektrisch sichere Trennung (FELV).....	81
Unterabschnitt 4.2.7.3 - Elektrische Anlagen mit Sicherheitskleinspannung (SELV) und Funktionskleinspannung mit elektrisch sicherer Trennung (PELV) .....	81
Unterabschnitt 4.2.7.4 - Zusätzliche Vorschriften für PELV-Stromkreise .....	82
Unterabschnitt 4.2.7.5 - Zusätzliche Vorschriften für SELV-Stromkreise .....	82
<b>KAPITEL 4.3 - SCHUTZ GEGEN THERMISCHE AUSWIRKUNGEN .....</b>	<b>83</b>
<b>Abschnitt 4.3.1 - Allgemeines.....</b>	<b>83</b>
Unterabschnitt 4.3.1.1 - Grundsätze .....	83
Unterabschnitt 4.3.1.2 - Spezifische Begriffsbestimmungen .....	83

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Unterabschnitt 4.3.1.3 - Äußere Einflüsse .....	84
<b>Abschnitt 4.3.2 - Schutz gegen Verbrennungen .....</b>	<b>84</b>
Unterabschnitt 4.3.2.1 - Temperaturbegrenzungen für berührbare elektrische Betriebsmittel .....	84
Unterabschnitt 4.3.2.2 - Installation elektrischer Betriebsmittel .....	84
<b>Abschnitt 4.3.3 - Brandschutz .....</b>	<b>84</b>
Unterabschnitt 4.3.3.1 - Allgemeines .....	84
Unterabschnitt 4.3.3.2 - Spezifische Begriffsbestimmungen .....	85
Unterabschnitt 4.3.3.3 - Klassifizierung in Bezug auf Feuergefahr an einem Ort.....	85
Unterabschnitt 4.3.3.4 - Klassifizierung der isolierten Leiter und Kabel .....	85
Unterabschnitt 4.3.3.5 - Allgemeine Brandschutzmaßnahmen .....	87
Unterabschnitt 4.3.3.6 - Zusätzliche Brandschutzmaßnahmen an Orten mit erhöhter Feuergefahr .....	88
Unterabschnitt 4.3.3.7 - Besondere Brandschutzmaßnahmen .....	90
<b>Abschnitt 4.3.4 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre .....</b>	<b>92</b>
<b>KAPITEL 4.4 - ELEKTRISCHER ÜBERSTROMSCHUTZ .....</b>	<b>92</b>
<b>Abschnitt 4.4.1 - Allgemeines.....</b>	<b>92</b>
Unterabschnitt 4.4.1.1 - Grundsatz .....	92
Unterabschnitt 4.4.1.2 - Überströme .....	92
Unterabschnitt 4.4.1.3 - Gemeinsame Schutzeinrichtung bei Nieder- und Kleinspannung .....	93
Unterabschnitt 4.4.1.4 - In Reihe geschaltete Schutzeinrichtungen bei Nieder- und Kleinspannung .....	93
Unterabschnitt 4.4.1.5 - Strombelastbarkeit in elektrischen Leitungen.....	93
Unterabschnitt 4.4.1.6 - Verteilungs- und Übertragungsnetzwerke .....	93
Unterabschnitt 4.4.1.7 - Anschluss von Abnehmern an das Netz.....	94
<b>Abschnitt 4.4.2 - Schutz gegen Kurzschlüsse bei Nieder- und Kleinspannung.....</b>	<b>94</b>
Unterabschnitt 4.4.2.1 - Kurzschluss-Schutzeinrichtungen .....	94
Unterabschnitt 4.4.2.2 - Lage von Schutzeinrichtungen.....	94
<b>Abschnitt 4.4.3 - Schutz gegen Kurzschlüsse bei Hochspannung .....</b>	<b>95</b>
Unterabschnitt 4.4.3.1 - Grundsatz .....	95
Unterabschnitt 4.4.3.2 - Ausschaltvermögen .....	95
Unterabschnitt 4.4.3.3 - Kurzschlussleistung .....	95
Unterabschnitt 4.4.3.4 - Kurzschlussstrom.....	95
<b>Abschnitt 4.4.4 - Überlastschutz bei Nieder- und Kleinspannung .....</b>	<b>95</b>
Unterabschnitt 4.4.4.1 - Grundsatz .....	95
Unterabschnitt 4.4.4.2 - Überlast-Schutzeinrichtungen .....	95
Unterabschnitt 4.4.4.3 - Befreiungen .....	95
Unterabschnitt 4.4.4.4 - Parallel angeschlossene elektrische Leitungen.....	96
<b>Abschnitt 4.4.5 - Überstromschutz für Außen- und Neutralleiter in Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen .....</b>	<b>96</b>
Unterabschnitt 4.4.5.1 - Abschaltung des betroffenen Leiters.....	96
Unterabschnitt 4.4.5.2 - Dreiphasige Stromkreise in TT- und TN-Systemen mit nicht verteiltem Neutralleiter .....	96
Unterabschnitt 4.4.5.3 - Dreiphasige Stromkreise in TT- und TN-Systemen mit verteiltem Neutralleiter .....	97
Unterabschnitt 4.4.5.4 - IT-System mit verteiltem Neutralleiter .....	97
Unterabschnitt 4.4.5.5 - PEN-Leiter.....	97
Unterabschnitt 4.4.5.6 - Reihenfolge, in der die Außenleiter und der Neutralleiter abgeschaltet werden .....	97
<b>Abschnitt 4.4.6 - Überlastschutz bei Hochspannung .....</b>	<b>97</b>
Unterabschnitt 4.4.6.1 - Grundsatz .....	97
Unterabschnitt 4.4.6.2 - Ausnahmen.....	97

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

<b>KAPITEL 4.5 - ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ .....</b>	<b>98</b>
<b>Abschnitt 4.5.1 - Allgemeiner Grundsatz.....</b>	<b>98</b>
<b>Abschnitt 4.5.2 - Nieder- und Kleinspannung .....</b>	<b>98</b>
Unterabschnitt 4.5.2.1 - Vorsichtsmaßnahmen bei Installation .....	98
Unterabschnitt 4.5.2.2 - Überspannungsbegrenzungseinrichtungen in IT-Systemen ....	98
Unterabschnitt 4.5.2.3 - Gemeinsame Elektroinstallationsrohre für Energie- und Telekommunikationsleiter .....	98
<b>KAPITEL 4.6 - SCHUTZ GEGEN BESTIMMTE ANDERE AUSWIRKUNGEN.....</b>	<b>98</b>
<b>Abschnitt 4.6.1 - Schutz gegen die Auswirkungen von Spannungsänderungen.....</b>	<b>98</b>
<b>Abschnitt 4.6.2 - Schutz gegen biologische Auswirkungen elektrischer und magnetischer         Felder.....</b>	<b>98</b>
<b>Abschnitt 4.6.3 - Schutz gegen Verunreinigungsgefahren.....</b>	<b>99</b>
<b>Abschnitt 4.6.4 - Schutz gegen Gefahren durch Bewegungen.....</b>	<b>99</b>

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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.

In Wohneinheiten ist jedoch nur die Stromversorgung mit Kleinspannung und Niederspannung der 1. Kategorie zugelassen.

**Abschnitt 4.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren****Unterabschnitt 4.2.2.1 - Schutzarten****a. Allgemeines**

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren 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****b.1 - Nieder- und Kleinspannung**

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

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Beanspruchungen, denen diese Umhüllungen normalerweise ausgesetzt sind.

2. Das Öffnen oder Entfernen von Außenumhüllungen 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 kein ungeschütztes aktives Teil versehentlich berührt werden kann, solange die Umhüllungen geöffnet oder entfernt sind. Schirme sind nicht abnehmbar oder springen automatisch ein; sie können nicht ohne Werkzeug oder Schlüssel abmontiert werden.

Für die Ausführung gelegentlicher Arbeiten (zum Beispiel Ein- oder Rückstellung von Regelungseinrichtungen, Ersetzung von Sicherungen) ist es jedoch erlaubt, Außenumhüllungen oder ihre Bestandteile ohne Werkzeug oder Schlüssel zu öffnen oder zu entfernen, sofern folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Alle aktiven Teile innerhalb der Umhüllungen fallen in den Bereich der Niederspannung der 1. Kategorie.
- Arbeiten dürfen nur von elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) ausgeführt werden.
- Teile, an denen der Eingriff vorgenommen wird, sind so konzipiert und montiert, dass die Arbeiten sicher ausgeführt werden können.
- Die für die Arbeitsvorgänge erforderliche Bewegungsfreiheit gewährleistet Schutz gegen versehentliches Berühren gefährlicher aktiver Teile. Wenn die Bewegungsfreiheit zu eingeschränkt ist, muss Schutz gegen versehentliches Berühren anhand von Hindernissen erfolgen.

#### b.2 - Hochspannung

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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****d. Schutz durch Entfernung****d.1 - Allgemeines**

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 (*Unterabschnitt 2.4.1.1*).

Wenn die Stand- oder Arbeitsfläche nicht durch ihre eigene Gestaltung waagrecht abgegrenzt ist, wird sie durch mindestens ein starres Ausrüstungselement abgegrenzt, das den versehentlichen Durchgang einer Person verhindern kann und dessen oberer Teil sich in einer Höhe von 1 bis 1,20 m über dem Boden befindet.

**d.2 - Hochspannung**

Der Abstand  $d_1$  (siehe *Unterabschnitt 2.4.1.1*) 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.

**e. Schutz anhand von Hindernissen****e.1 - Nieder- und Kleinspannung**

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren, der anhand von Hindernissen erfolgt, ist 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.

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.

**e.2 - Hochspannung****e.2.1 - 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 in *Punkt b.2* 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

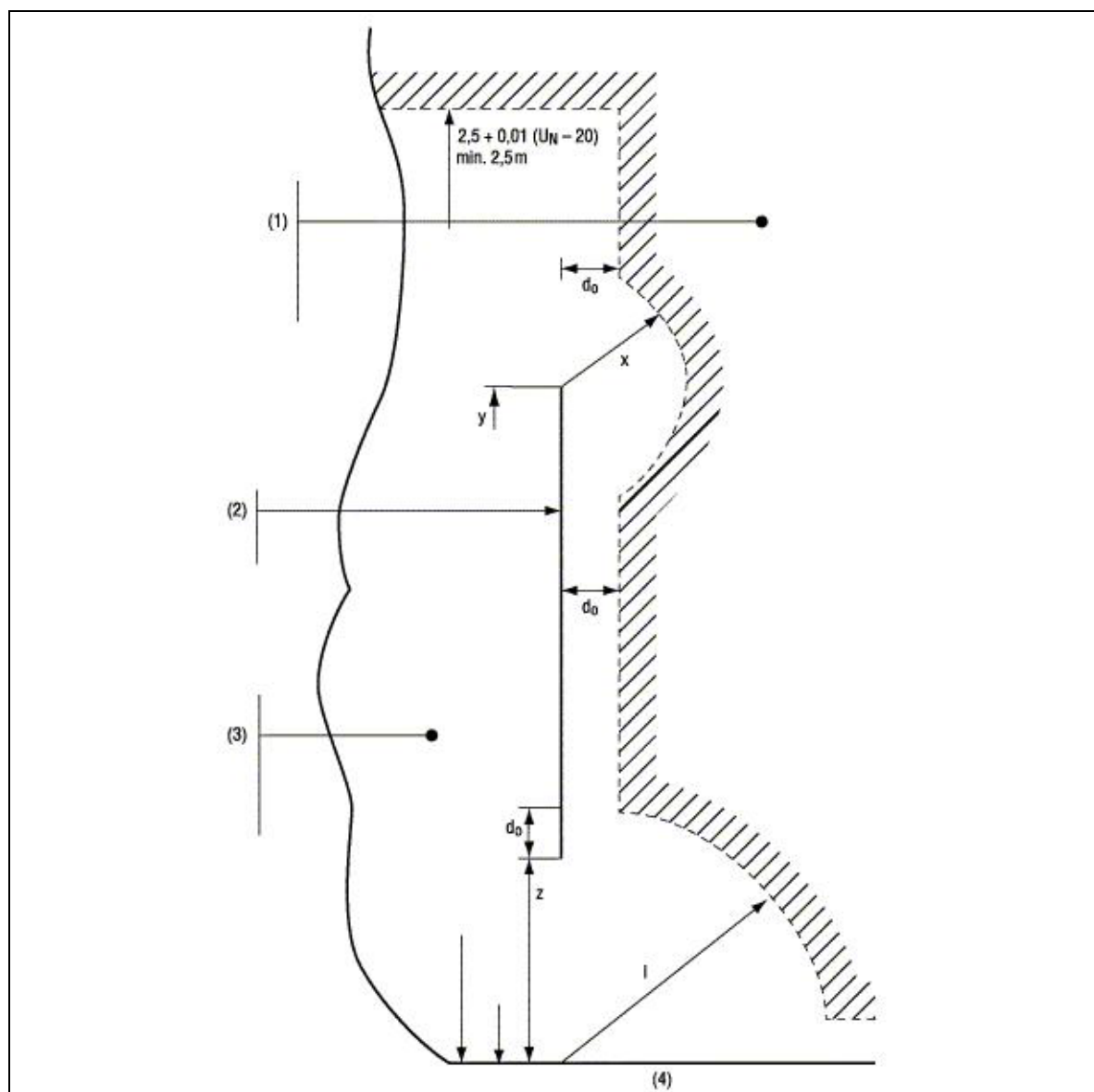
#### e.2.2 - In spezifisch vorgesehenen elektrischen Betriebsstätten

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.

Abbildung 4.1 - Mindestabstände für den Schutz anhand von Hindernissen bei Hochspannung



(1) Zugelassene Zone für ungeschützte aktive Teile

(2) Hindernis

(3) Betriebs- oder Instandhaltungsbereiche

(4) Boden

NB: Abstände ausgedrückt in Meter und  $U_N$  ausgedrückt in kV



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Hindernisse werden im Verhältnis zum Boden und zu ungeschützten Teilen wie auf der Abbildung weiter oben beschrieben so angebracht, dass:

1. die Höhe  $y$  ihrer Oberkante mindestens 1,75 m beträgt; die Höhe  $z$  ihrer Unterkante höchstens 0,50 m beträgt; jedoch dürfen die Abstände  $y$  und  $z$  auf 1,50 m verringert bzw. auf 0,75 m erhöht werden, wenn dies aus betrieblichen Gründen erforderlich ist,
2. in dem Raum, der sich in der Nähe und oberhalb der Oberkante des Hindernisses befindet, zwischen ungeschützten aktiven Teilen und dieser Oberkante mindestens folgende Abstände bestehen:
  - Abstand  $d_0$  im Verhältnis zur Hindernisebene, der durch eine der folgenden Formeln angegeben wird:
 
$$d_0 = 0,05 + 0,00675 (U_N - 1), \text{ wenn die Schutzart des Hindernisses mindestens IP2X entspricht,}$$

$$d_0 = 0,10 + 0,00675 (U_N - 1), \text{ wenn die Schutzart des Hindernisses IP1X entspricht.}$$
 In diesen Formeln wird  $d_0$  in Meter angegeben und entspricht  $U_N$  der Nennspannung zwischen Außenleitern des Netzes oder der Anlage, ausgedrückt in kV und auf die nächsthöhere Einheit aufgerundet,
  - 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,
3. 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,
4. in dem Raum, der sich hinter dem Hindernis befindet, ungeschützte aktive Teile um den Abstand  $d_0$  von diesem Hindernis entfernt sind.

#### f. Zusätzlicher Schutz durch Differenzstrom-Schutzeinrichtungen bei Niederspannung

Bei Niederspannung können Differenzstrom-Schutzeinrichtungen mit hoher oder sehr hoher Empfindlichkeit als zusätzlicher Schutz eingesetzt werden.

Diese Schutzmaßnahme dient ausschließlich dazu, andere Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren zu ergänzen.

Nur der Einsatz von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen mit hoher oder sehr hoher Empfindlichkeit wie in *Unterabschnitt 2.6.4.2* bestimmt wird bei Versagen anderer Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren oder bei Unachtsamkeit der Benutzer als zusätzliche Schutzmaßnahme anerkannt.

#### g. Schutz gegen direktes Berühren des Neutralleiters, der als Schutzleiter benutzt wird, bei Nieder- und Kleinspannung

Als Schutzleiter (PEN) benutzte Neutralleiter und mit ihnen verbundene Teile gelten als geschützt gegen direktes Berühren, wenn die für Maßnahmen zum Schutz gegen indirektes Berühren vorgeschriebenen Bedingungen erfüllt sind.

#### h. Schutz gegen direktes Berühren bei Benutzung von Kleinspannung und Sicherheitskleinspannung

Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren gilt durch die Benutzung von Sicherheitskleinspannung unter den in *Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe a* erwähnten Bedingungen als gewährleistet, sofern die maximale Nennspannung zwischen zwei gleichzeitig berührbaren leitfähigen blanken aktiven Teilen den in *Tabelle 4.1* angegebenen Wert nicht überschreitet.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Tabelle 4.1 - Maximale Nennspannung (in V) bei Benutzung von SELV

Code	Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers	Maximale Nennspannung in V		
		Wechselstrom	Gleichstrom mit Welligkeit	Gleichstrom ohne Welligkeit
BB1	Trockene oder verschwitzte Haut	25	36	60
BB2	Nasse Haut	12	18	30
BB3	Ins Wasser eingetauchte Haut	6	12	20

**Unterabschnitt 4.2.2.2 - An gewöhnlichen Orten****a. Wahl der Schutzarten entsprechend der Spannung von elektrischen Anlagen***a.1 - Kleinspannung*

Die Schutzart von Umhüllungen und Hindernissen entspricht mindestens IPXX-B.

*a.2 - Niederspannung*

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

- entweder durch Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt b.1*)
- oder durch Isolierung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe c*).

Die Schutzart von Umhüllungen entspricht mindestens IPXX-D an gewöhnlichen, der Öffentlichkeit zugänglichen Orten und IPXX-B an anderen Orten.

*a.3 - Hochspannung*

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

- entweder durch Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt b.2*)
- oder durch Isolierung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe c*)
- oder anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.2*).

Die Schutzart von Umhüllungen und Hindernissen entspricht mindestens IPXX-D.

*a.4 - Funktionale Öffnungen*

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. 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. Bei Nieder- und Kleinspannung ist es erlaubt, Schlösser anzubringen, die nicht als Sicherheitsschlösser betrachtet werden, unter der Bedingung:

- dass entweder das Schloss sich in einer Mindesthöhe von 2,5 m befindet und feste Teile in der Nähe keinen Zugriff auf das Schloss ermöglichen
- oder es einen oder mehrere innere Schirme gibt, die mindestens der Schutzart IPXX-B entsprechen und so angeordnet sind, dass die aktiven Teile nicht versehentlich berührt werden können, solange die Tür(en) geöffnet sind. Schirme sind nicht abnehmbar und können nicht ohne Werkzeug oder Schlüssel abmontiert werden,
- oder die betreffenden elektrischen Betriebsmittel in einer elektrischen Betriebsstätte installiert sind.

**c. Elektrische Hochspannungsmaschinen und -geräte**

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

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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

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

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 + 0,01 ( $U_N - 20$ ) (m) mit einem Minimum von 2,5 m bei Einfriedungen/50 mm,
- 5 + 0,01 ( $U_N - 20$ ) (m) 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. Bei Nieder- und Kleinspannung ist es erlaubt, Schlösser anzubringen, die nicht als Sicherheitsschlösser betrachtet werden, unter der Bedingung:

- dass entweder das Schloss sich in einer Mindesthöhe von 2,5 m befindet und feste Teile in der Nähe keinen Zugriff auf das Schloss ermöglichen
- oder es einen oder mehrere innere Schirme gibt, die mindestens der Schutzart IPXX-B entsprechen und so angeordnet sind, dass die aktiven Teile nicht versehentlich

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

berührt werden können, solange die Türen oder Barrieren geöffnet sind. Schirme sind nicht abnehmbar und können nicht ohne Werkzeug oder Schlüssel abmontiert werden.

**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****b.2.1 - Niederspannung der 1. Kategorie**

Bei Niederspannung der 1. Kategorie sind auch Schutz durch Entfernung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt d.1*) und Schutz anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.1*) zugelassen.

Außerdem entspricht die Schutzart von Umhüllungen und Hindernissen mindestens IPXX-B.

**b.2.2 - Niederspannung der 2. Kategorie**

Bei Niederspannung der 2. Kategorie ist auch Schutz anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.1*) zugelassen.

Außerdem entspricht die Schutzart von Umhüllungen und Hindernissen mindestens IPXX-B.

**b.2.3 - Hochspannung**

Wenn durch Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt b.2*) oder anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.2*) 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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

Begehbare 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

##### c.2.1 - Kleinspannung und Niederspannung der 1. Kategorie

Bei Kleinspannung und Niederspannung der 1. Kategorie gilt Schutz durch Entfernung als gewährleistet, wenn die in *Tabelle 4.2* aufgeführten Mindestabstände für Betriebs- und Instandhaltungsbereiche eingehalten werden.

*Tabelle 4.2 - Mindestabstände für Betriebs- und Instandhaltungsbereiche*

	In mm	
	Bereich, der von ungeschützten aktiven Teilen umgeben ist	
	an einer Seite	an beiden Seiten
Freie Breite zwischen ungeschützten aktiven Teilen:		
– Instandhaltungsbereich		1000
– Betriebsbereich		1200
Freie Breite zwischen ungeschützten aktiven Teilen und Wänden oder Hindernissen:		
– Instandhaltungsbereich	800	
– Betriebsbereich	800	
Freie Breite zwischen ungeschützten aktiven Teilen und Bedienungseinrichtungen, Handgriffen, ...:		
– Instandhaltungsbereich	700	900
– Betriebsbereich	700	1100
Freie Höhe von Instandhaltungs- und Betriebsbereichen	2000	

Wenn durch Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt b.1*) oder anhand von Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.1*) Schutz geboten wird, entspricht ihre Schutzart mindestens IPXX-A.

##### c.2.2 - Niederspannung der 2. Kategorie

Bei Niederspannung der 2. Kategorie ist auch Schutz durch Entfernung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt d.1*) zugelassen. Außerdem entspricht die Schutzart von Umhüllungen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt b.1*) und Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.1*) mindestens IPXX-A.

##### c.2.3 - Hochspannung

Bei Hochspannung ist auch Schutz durch Entfernung (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt d.2*) 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 Punkt b.2*) und Hindernissen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.2*) 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:

- Messgeräte (b.),
- nicht betretbare Schaltgerätekombinationen (c.)

ist es erlaubt, auf Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren ganz oder teilweise zu verzichten, sofern bestimmte Bedingungen erfüllt sind.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### b. Messgeräte

Klemmen und Anschlüsse von Messgeräten, Relais und ähnlichen Ausrüstungen, die an gewöhnlichen, der Öffentlichkeit nicht zugänglichen Orten fest installiert sind, dürfen blank bleiben, sofern:

- die Abmessungen blanker Teile auf ein Minimum reduziert sind,
- die vorhandenen Spannungen 500 V Wechselstrom oder 750 V Gleichstrom nicht überschreiten,
- Arbeiten mit diesen Geräten nur elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) aufgetragen werden, die die mit diesen Geräten einhergehenden Gefahren kennen.

### c. Nicht betretbare Schaltgerätekombinationen

#### c.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. Bei Nieder- und Kleinspannung ist es erlaubt, Schlösser anzubringen, die nicht als Sicherheitsschlösser betrachtet werden, unter der Bedingung:

- dass entweder das Schloss sich in einer Mindesthöhe von 2,5 m befindet und feste Teile in der Nähe keinen Zugriff auf das Schloss ermöglichen
- oder es einen oder mehrere innere Schirme gibt, die mindestens der Schutzart IPXX-B entsprechen und so angeordnet sind, dass die aktiven Teile nicht versehentlich berührt werden können, solange die Tür(en) geöffnet sind. Schirme sind nicht abnehmbar und können nicht ohne Werkzeug oder Schlüssel abmontiert werden,
- oder die Schaltgerätekombinationen in einer elektrischen Betriebsstätte installiert sind.

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.

#### c.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 bei Nieder- und Kleinspannung**

#### **Unterabschnitt 4.2.3.1 - Grundsätze der Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren bei Nieder- und Kleinspannung**

##### a. Allgemeines

Schutz gegen indirektes Berühren in elektrischen Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen wird gewährleistet:

1. durch Vermeidung von Isolationsfehlern, die dazu führen, dass das Potenzial des aktiven Teils, das in Kontakt mit der Isolierung steht, auf berührbare leitfähige Teile übertragen wird:
  - durch die sichere Bauweise elektrischer Betriebsmittel,
  - durch geeignete Instandhaltung der elektrischen Betriebsmittel,
2. durch Ergreifen zusätzlicher Schutzmaßnahmen, das heißt je nach Fall:
  - durch Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln der Klasse II oder von elektrischen Betriebsmitteln mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Betriebsmitteln der Klasse II gleichwertig ist (*Abschnitt 2.4.3* und *Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe b*),
  - durch Schutzisolierung von fabrikfertigen Schaltgerätekombinationen (*Unterabschnitte 2.4.2.2*

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- und 4.2.3.3 Buchstabe b),
- durch zusätzliche Isolierung von Betriebsmitteln bei Errichtung der Anlage (*Unterabschnitte 2.4.2.2 und 4.2.3.3 Buchstabe b*),
  - durch verstärkte Isolierung von Betriebsmitteln bei Errichtung der Anlage (*Unterabschnitte 2.4.2.2 und 4.2.3.3 Buchstabe b*),
  - durch andere Schutzmaßnahmen ohne Abschaltvorrichtung, die keinen Schutzleiter erfordern, die auf Einzelgeräte oder örtlich begrenzte Ausrüstungen beschränkt sind und die darin bestehen:
    - entweder Berührungen durch Benutzung von Sicherheitskleinspannung ungefährlich zu machen (*Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe h*),
    - oder elektrische Schläge, die bei Versagen der Basisisolierung aktiver Teile durch Berührung mit Körpern verursacht werden können, die unter Spannung geraten können, durch elektrische Schutztrennung des Stromkreises zu vermeiden (*Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe c*),
    - oder gleichzeitiges Berühren mit Teilen, die auf Potentiale gebracht werden können, deren Differenz gefährlich ist, unmöglich zu machen durch Herstellung einer lokalen Potentialausgleichsverbindung (*Unterabschnitt 4.2.3.3 Punkt d.2*), durch Abstand zwischen Körpern und fremden Leitern (*Unterabschnitt 4.2.3.3 Punkt d.3*), durch Anbringen wirksamer Hindernisse zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen (*Unterabschnitt 4.2.3.3 Punkt d.4*) und/oder durch Isolierung von fremden leitfähigen Teilen (*Unterabschnitt 4.2.3.3 Punkt d.5*),
  - durch Schutzmaßnahmen mit automatischer Abschaltvorrichtung, die die Verbindung der Körper mit einem Schutzleiter erfordert, der im Allgemeinen mit einem Erder verbunden ist; diese automatische Abschaltvorrichtung weist Betriebsmerkmale auf, die der Sicherheitskurve (siehe *Unterabschnitt 2.4.1.1 Tabelle 2.4*) entspricht, unter Berücksichtigung der Fehlerschleifenimpedanzwerte und der Erdungssysteme (siehe *Abschnitt 3.2.2 und Unterabschnitt 4.2.3.4*).

Wenn verschiedene Schutzmaßnahmen gleichzeitig vorgesehen sind, sind diese so vorzusehen, dass sie sich nicht gegenseitig beeinflussen oder aufheben.

Wenn eine elektrische Anlage über parallele Stromquellen versorgt werden kann, zum Beispiel das öffentliche Verteilnetz und eine autonome Stromquelle, muss Schutz gegen indirektes Berühren sowohl für den Fall gewährleistet sein, dass die Anlage über die verschiedenen parallelen Quellen versorgt wird, als auch für den Fall, dass die Anlage nur über eine dieser Quellen versorgt wird. Die Funktionstüchtigkeit von Schutzvorrichtungen darf nicht durch Gleichstromanteile aus statischen Umformern oder Filtern beeinträchtigt werden.

#### b. Ausnahmen

Für Anlagen, die unmittelbar mit Produktion, Übertragung oder Verteilung elektrischer Energie verbunden sind, sind längere Zeiten als die durch die Sicherheitskurve angegebenen Zeiten zulässig, sofern Maßnahmen ergriffen werden, die den Regeln des Fachs in Bezug auf diese Anlagen entsprechen, um die Sicherheit von Personen und Gütern zu gewährleisten.

#### Unterabschnitt 4.2.3.2 - Erdungsanlagen bei Nieder- und Kleinspannung

Erdungsanlagen umfassen:

- Erder,
- Erdungsleiter,
- Schutzleiter,
- eventuelle Potentialausgleichsverbindungen (Hauptpotentialausgleichsverbindungen und zusätzliche Potentialausgleichsverbindungen).

Der Erdungswiderstand des Schutzerders ist so gering wie möglich, unabhängig von den zusätzlichen Schutzmaßnahmen der elektrischen Anlagen. Bei Einsatz einer Differenzstrom-Schutzvorrichtung entspricht der Wert des Erdungswiderstands des Erders den Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.4.3 Buchstabe d*.

Wenn eine Hauptpotentialausgleichsverbindung erforderlich ist, sind ein oder mehrere Hauptschutzpotentialausgleichsleiter mit dem Haupterdungsanschlusspunkt verbunden; damit verbunden sind:

- metallische Wasser- und Gashauptleitungen (Erdgas oder Flaschengas) des Gebäudes,
- metallische Hauptleitungen der Zentralheizung und der Klimaanlage,
- feste berührbare Metallteile, die Teil der Gebäudestruktur sind, ein Potential einführen können und als Körper betrachtet werden,
- Hauptmetallteile anderer Leitungen jeglicher Art, die ein Potential einführen können und als Körper betrachtet werden.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Der Begriff "ein oder mehrere Hauptschutzpotentialausgleichsleiter" bedeutet:

- entweder dass ein einzelner Leiter vorerwähnte Teile mit dem Haupterdungsanschlusspunkt verbindet, ohne die Durchgängigkeit dieses Leiters zu unterbrechen,
- oder dass vorerwähnte Teile jeweils über einen besonderen Leiter mit dem Haupterdungsanschlusspunkt verbunden sind, ohne die Durchgängigkeit jedes einzelnen Leiters zu unterbrechen.

Wenn eine zusätzliche Potentialausgleichsverbindung örtlich erforderlich ist, verbindet sie:

- alle gleichzeitig berührbaren leitfähigen Metallteile, ungeachtet dessen, ob es sich um Körper ortsfester elektrischer Maschinen und Geräte oder fremde leitfähige Teile handelt,
- die Schutzleiter aller elektrischen Maschinen und Geräte einschließlich solcher, die über Steckvorrichtungen versorgt werden.

Zusätzliche Potentialausgleichsverbindungen können entweder durch fremde leitfähige Teile wie Metallgerüste oder Leiter oder eine Kombination aus beiden gewährleistet sein.

Die Errichtung der verschiedenen Teile einer Erdungsanlage ist in *Kapitel 5.4* beschrieben.

#### Unterabschnitt 4.2.3.3 - Passiver Schutz bei Nieder- und Kleinspannung ohne automatische Abschaltung der Stromversorgung

##### a. Schutz durch Benutzung von Sicherheitskleinspannung (SELV)

Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren gilt durch Benutzung von Sicherheitskleinspannung als gewährleistet, wenn:

1. die höchste Spannung in keinem Fall höher als die vereinbarten absoluten Grenzwerte der Berührungsspannung ist, die in der in *Unterabschnitt 2.4.1.1* aufgeführten Tabelle "Vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung" angegeben sind, entsprechend den Formen von elektrischem Widerstand des menschlichen Körpers,
2. diese Sicherheitsspannung von einer der in *Unterabschnitt 4.2.7.3 Buchstabe a* als solche erwähnten Quellen geliefert wird,
3. die elektrischen Betriebsmittel und die elektrische Anlage den Vorschriften der *Unterabschnitte 4.2.7.3* und *4.2.7.5* entsprechen.

##### b. Schutz durch Isolierung der elektrischen Betriebsmittel

Mit dieser Maßnahme wird darauf abgezielt, das Auftreten gefährlicher Spannungen an berührbaren leitfähigen Teilen elektrischer Betriebsmittel bei Versagen der Basisisolierung zu verhindern:

- entweder durch Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln der Klasse II oder von elektrischen Betriebsmitteln mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Betriebsmitteln der Klasse II gleichwertig ist (*Abschnitt 2.4.3*),
- oder durch Benutzung von fabrikfertigen Schaltgerätekombinationen mit Schutzisolierung (*Unterabschnitt 2.4.2.2*)
- oder indem elektrische Betriebsmittel, die nur mit Basisisolierung versehen sind, mit einer zusätzlichen Isolierung überzogen werden (*Unterabschnitt 2.4.2.2*); diese zusätzliche Isolierung wird bei der Errichtung elektrischer Anlagen angebracht,
- oder indem blanke aktive Teile mit einer verstärkten Isolierung überzogen werden (*Unterabschnitt 2.4.2.2*); diese Isolierung wird bei der Errichtung elektrischer Anlagen angebracht.

Die Installation elektrischer Betriebsmittel (Befestigung, Anschluss von Leitern, ...) muss so erfolgen, dass der gemäß den Vorschriften für den Bau dieser Betriebsmittel gewährleistete Schutz nicht beeinträchtigt wird.

Leitfähige Teile innerhalb der Umhüllung einschließlich Teile eingebauter elektrischer Betriebsmittel sind nicht mit dem Schutzleiter verbunden.

Jedoch dürfen Schutzleiter, die zum Schutz elektrischer Betriebsmittel außerhalb der Umhüllung dienen, aber über aktive Teile innerhalb der Umhüllung versorgt werden, quer durch diese Umhüllung verlaufen. Klemmen, die für solche Schutzleiter vorgesehen sind, sind auf angemessene Weise gekennzeichnet. Innerhalb der Umhüllung sind Schutzleiter und die entsprechenden Klemmen unter denselben Bedingungen wie aktive Teile isoliert.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Berührbare leitfähige Teile und Zwischenteile müssen nicht mit einem Schutzleiter verbunden sein, es sei denn, dies ist in den Vorschriften für den Bau der entsprechenden Betriebsmittel vorgesehen.

#### c. Schutz durch elektrische Schutztrennung der Stromkreise

##### c.1 - Allgemeines

Die galvanische Trennung der Stromkreise dient dazu, elektrische Schläge zu vermeiden, die durch Kontakt mit Körpern verursacht werden können, die bei Versagen der Basisisolierung der aktiven Teile dieses Stromkreises unter Spannung geraten können.

##### c.2 - Stromversorgung elektrischer Betriebsmittel

Stromkreise werden versorgt:

- entweder durch Trenntransformatoren, die der Klasse II entsprechen oder die Maßnahme zum Schutz durch zusätzliche Isolierung gemäß *Unterabschnitt 2.4.2.2* erfüllen,
- oder durch Stromquellen, die ein gleichwertiges Sicherheitsniveau gewährleisten, zum Beispiel Motor-Generator-Einheiten mit gleichwertiger Isolierung.

Die Nennspannung des Sekundärkreises von Trenntransformatoren oder Motor-Generator-Einheiten überschreitet nicht 500 V Wechselspannung zwischen aktiven Leitern.

So versorgte Stromkreise haben keinen gemeinsamen Punkt mit anderen Stromkreisen und sind nicht mit der Erde verbunden.

##### c.3 - Ausdehnung des Stromkreises

Die Ausdehnung des Stromkreises ist so vorgesehen, dass das Produkt aus der Spannung in V und der Länge der elektrischen Leitungen in Meter höchstens 100000 beträgt und die Gesamtlänge des Stromkreises 500 m nicht überschreitet.

##### c.4 - Verbindung der Körper mit Erde

Körper elektrischer Maschinen und Geräte, die im Stromkreis benutzt werden, sind absichtlich weder mit Erde noch mit Körpern elektrischer Maschinen und Geräte verbunden, die über andere Arten von Stromkreisen versorgt werden.

Wenn mehrere elektrische Maschinen oder Geräte mit demselben Stromkreis verbunden sind, sind ihre Körper mit einem nicht geerdeten Schutzleiter verbunden.

##### c.5 - Potentialgleichheit von Körpern

Wenn ein Stromkreis mehrere Steckdosen versorgt, weisen die Steckdosen einen Schutzkontakt auf; um einen Potentialausgleich der Körper zu erreichen, sind die Kontakte der verschiedenen Steckdosen untereinander und mit dem Körper des Generators, falls vorhanden, verbunden, ohne geerdet zu sein.

In flexiblen Kabeln befindet sich der Schutzleiter, der als Schutzpotentialausgleichsleiter benutzt wird, unter demselben Mantel wie aktive Leiter.

##### c.6 - Elektrische Leitungen

Lässt sich die Benutzung von Leitern aus ein und derselben elektrischen Leitung für den betreffenden Stromkreis und für andere Stromkreise nicht vermeiden, werden Mehrleiterkabel ohne jeglichen metallischen Mantel oder isolierte Leiter in Elektroinstallationsrohren aus Isolierstoff benutzt. Diese Leiter und Kabel entsprechen den Regeln des Fachs und den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.2.1.1 Buchstabe c* und weisen eine Nennspannung auf, die mindestens der höchsten vorhandenen Spannung entspricht, wobei jeder Stromkreis gegen Überstrom geschützt ist.

##### c.7 - Schutzeinrichtungen bei zwei vollkommenen Schlüssen

Wenn ein und dieselbe Quelle mehrere elektrische Maschinen oder Geräte versorgt, gewährleisten Schutzeinrichtungen, dass bei zwei vollkommenen Isolationsfehlern, die zwei Körper betreffen und über zwei Leiter mit unterschiedlichem Potential versorgt werden, die Abschaltung innerhalb einer Zeit erfolgt, die höchstens der Zeit entspricht, die in der Sicherheitskurve wie in *Unterabschnitt 2.4.1.1 Tabelle 2.4* bestimmt festgelegt ist.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****d. Schutz, der das gleichzeitige Berühren von Teilen verhindert, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können***d.1 - Allgemeines*

Diese Schutzmaßnahme zielt bei Versagen der Basisisolierung der aktiven Teile darauf ab, das gleichzeitige Berühren von Teilen zu verhindern, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können.

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

- Herstellung einer lokalen, nicht geerdeten Potentialausgleichsverbinding zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen,
- Abstand zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen und Körpern untereinander,
- Anbringen wirksamer Hindernisse zwischen Körpern untereinander oder zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen,
- Isolierung von Körpern oder fremden leitfähigen Teilen.

*d.2 - Herstellung einer lokalen, nicht geerdeten Potentialausgleichsverbinding zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen*

Gleichzeitig berührbare Körper und fremde leitfähige Teile sind so miteinander verbunden, dass bei Fehler die Aufrechterhaltung einer Potentialdifferenz zwischen diesen Teilen, die den vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung wie in *Unterabschnitt 2.4.1.1 Tabelle 2.3* bestimmt überschreitet, ausgeschlossen ist.

Auf diese Weise hergestellte Potentialausgleichsverbindingen sind weder direkt noch über Körper oder fremde leitfähige Teile mit Erde verbunden.

Der Einsatz elektrischer Betriebsmittel der Klasse 0 ist verboten, mit Ausnahme der Klasse 0I, sofern ihre Masseklemme mit dem lokalen Schutzpotentialausgleichsleiter verbunden ist.

Vorkehrungen werden getroffen, um zu verhindern, dass fremde leitfähige Teile oder Körper Potentiale außerhalb des Ortes, an dem diese Maßnahme angewendet wird, übertragen können.

Vorkehrungen werden getroffen, um zu verhindern, dass Personen beim Betreten oder Verlassen des betreffenden Ortes einer gefährlichen Potentialdifferenz ausgesetzt werden. Dies gilt insbesondere für leitfähige Fußböden, die vom Boden isoliert, aber mit der Potentialausgleichsverbinding des Ortes verbunden sind.

*d.3 - Abstand zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen und Körpern untereinander*

Der Abstand zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen und Körpern untereinander erfolgt durch entsprechende Anordnung der Körper und fremden leitfähigen Teile, sodass es Personen unter gewöhnlichen Umständen nicht möglich ist, gleichzeitig entweder mit einem Körper und einem fremden leitfähigen Teil oder mit zwei Körpern in Berührung zu kommen, wenn diese Teile auf unterschiedliche Potentiale gebracht werden können.

An solchen Orten ist kein Schutzleiter vorgesehen.

Für die Festlegung der gewöhnlichen Umstände werden Form und Abmessungen der Gegenstände berücksichtigt, die üblicherweise an diesen Orten gehandhabt werden.

Dieser Abstand wird als ausreichend betrachtet, wenn der horizontale Abstand innerhalb des Handbereichs 2 m und außerhalb dieses Bereichs 1,25 m beträgt.

*d.4 - Anbringen wirksamer Hindernisse zwischen Körpern untereinander oder zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen*

Diese Hindernisse gelten als wirksam, wenn sie den Überschlagabstand auf die weiter oben unter *Punkt d.3* erwähnten Werte bringen; sie sind sicher befestigt und halten den Beanspruchungen stand, denen sie ausgesetzt sein können; sie sind weder mit Erde noch mit Körpern verbunden; nach Möglichkeit bestehen sie aus Isolierstoff.

*d.5 - Isolierung von Körpern oder fremden leitfähigen Teilen*

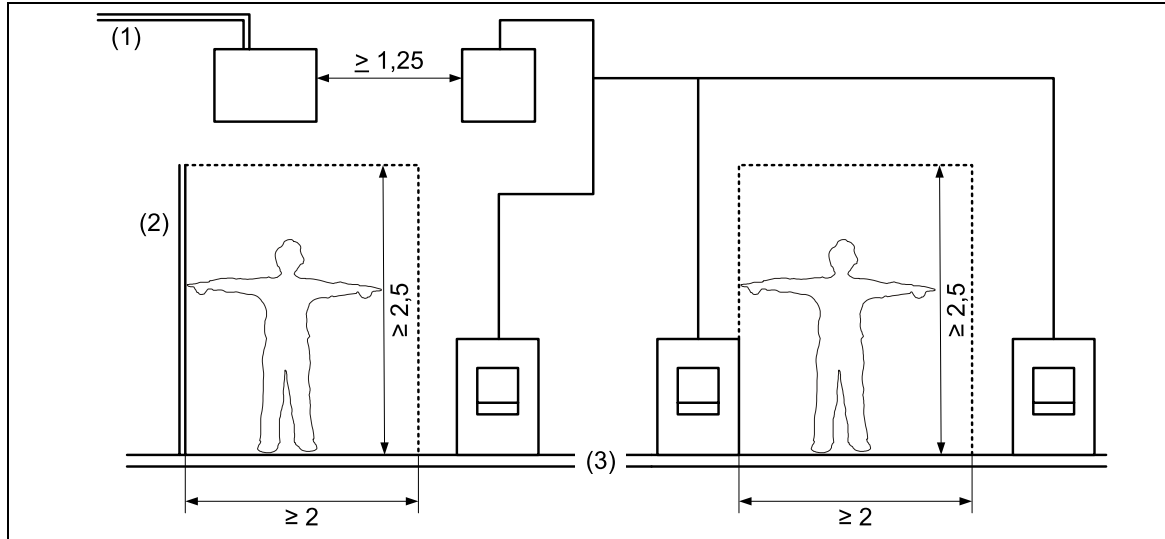
Diese Maßnahme gilt für bestimmte Körper oder bestimmte fremde leitfähige Teile, die so installiert sind, dass jegliche galvanische Verbinding mit anderen Körpern oder anderen fremden leitfähigen Teilen ausgeschlossen ist.

Bei dieser galvanischen Trennung wird mindestens ein isolierendes Teil oder Element benutzt.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Berührbare Körper oder fremde leitfähige Teile, die auf diese Weise durch Isolierung geschützt sind, sind im Handbereich nicht mehr zu berücksichtigen. Isolierende Teile oder Elemente weisen eine ausreichende mechanische Steifigkeit auf und halten bei Netzfrequenz während einer Minute Typrüfungen mit einer Prüfspannung von mindestens 2000 V Wechselstrom stand, wobei der Ableitstrom unter normalen Bedingungen der äußeren Einflüsse 1 mA nicht überschreitet.

Abbildung 4.1 - Schutz, der das gleichzeitige Berühren von Teilen verhindert, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können (1)



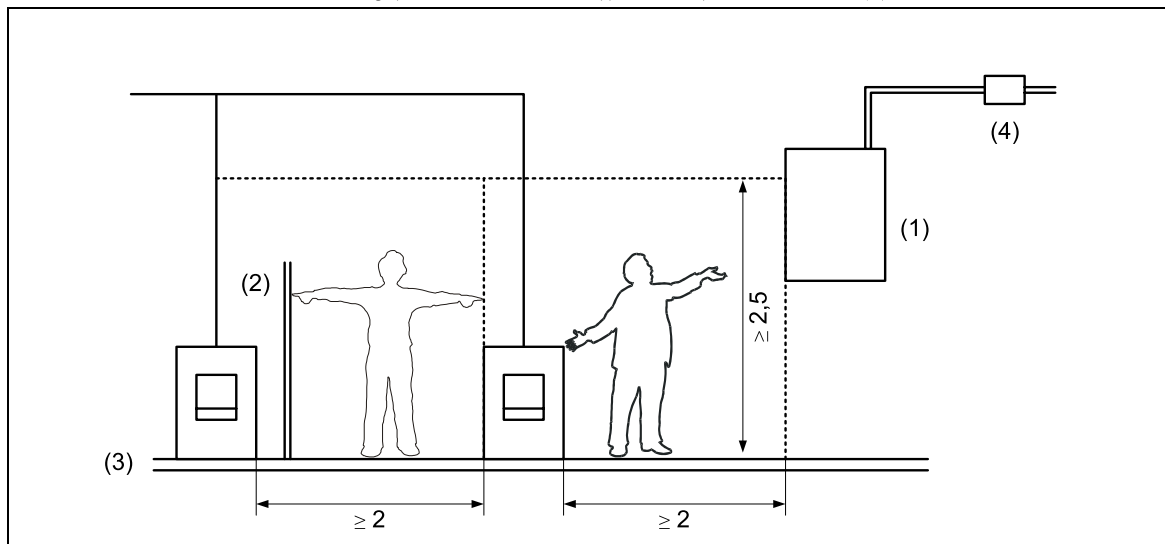
Abstände in Meter

(1) Leitfähiges Teil

(2) Wand aus nicht isolierendem Stoff, die aber isoliert ist

(3) Isolierender Boden

Abbildung 4.2 - Schutz, der das gleichzeitige Berühren von Teilen verhindert, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können (2)



Abstände in Meter

(1) Leitfähiges Teil

(2) Hindernis (isolierende oder isolierte Trennwand)

(3) Isolierender Boden

(4) Isolierteil

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### *d.6 - Ergänzende Bestimmungen*

Die getroffenen Maßnahmen sind normalerweise vorhersehbaren Beanspruchungen angepasst und bleiben im Laufe der Zeit wirksam. Insbesondere ist darauf zu achten, dass Feuchtigkeit die eigene Isolierung von Böden, Wänden und Hindernissen bzw. deren Isolation gegenüber Erde nicht beeinträchtigt.

Sie gewährleisten auch den wirksamen Schutz mobiler Maschinen und Geräte, wenn ihre Benutzung vorgesehen oder möglich ist.

### **Unterabschnitt 4.2.3.4 - Aktiver Schutz bei Nieder- und Kleinspannung mit automatischer Abschaltung der Stromversorgung und mögliche Warnung**

#### **a. Grundsätze**

##### *a.1 - Allgemeines*

Schutzmaßnahmen mit automatischer Abschaltung der Stromversorgung beruhen auf der Einhaltung der in *Tabelle 2.4* bestimmten Sicherheitskurve.

Ihre Anwendung erfordert die Verbindung der Körper mit einem Schutzleiter und den Einsatz einer Abschaltvorrichtung, deren Betriebsmerkmale die Einhaltung der Sicherheitskurve ermöglichen müssen, unter Berücksichtigung der Fehlerschleifenimpedanzwerte und des Erdungssystems.

##### *a.2 - Kenntnis des Erdungssystems*

Diese Schutzmaßnahmen erfordern eine Koordination zwischen:

- dem Erdungssystem und
- den Eigenschaften der Schutzeinrichtung.

Der Betreiber des Versorgungsnetzes legt das Erdungssystem seines Netzes fest. Der Installateur, der dieses System nicht kennt, informiert sich darüber bei dem Betreiber.

##### *a.3 - Warn- oder Abschaltvorrichtungen*

Je nach Fall werden Überstrom-Schutzeinrichtungen, Differenzstrom-Schutzeinrichtungen, fehlerspannungsempfindliche Schutzeinrichtungen und/oder Isolationsüberwachungseinrichtungen eingesetzt.

##### *a.4 - Pflicht zum Vorhandensein des Schutzleiters*

Der Einsatz von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen ohne Schutzleiter als einzige Maßnahme zum Schutz gegen indirektes Berühren ist verboten, selbst wenn der Wert des Ansprech-Differenzstroms höchstens 30 mA entspricht.

Wenn eine fehlerspannungsempfindliche Schutzeinrichtung eingesetzt wird, wird sie so installiert, dass ihr Betrieb bei den angegebenen Fehlerspannungen gewährleistet ist. Das fehlerspannungsempfindliche Element ist verbunden einerseits mit dem Schutzleiter, der die gesamten Körper miteinander verbindet, und andererseits mit einem isolierten Leiter, der an einen Hilfsleiter angeschlossen ist. Der Schutzleiter ist nur mit Körpern von elektrischen Maschinen oder Geräten verbunden, deren Stromversorgung unterbrochen werden muss, wenn die Schutzeinrichtung unter Fehlerbedingungen ausgelöst wird. Der Hilfsleiter ist elektrisch getrennt und unabhängig von allen anderen geerdeten Metallteilen wie Metallbauteilen, metallischen Elektroinstallationsrohren und metallischen Mänteln von Kabeln. Letztere Bedingung gilt als erfüllt, wenn der Hilfsleiter in einem Abstand von mindestens 15 m zu anderen Erden installiert ist und keine unterirdischen Metallstrukturen vorhanden sind, die den elektrischen Widerstand des Geländes über diesen Abstand verringern können.

##### *a.5 - Pflicht zum Vorhandensein des Hauptschutzpotentialausgleichsleiters*

In jedem Gebäude ist eine Hauptpotentialausgleichsverbindung erforderlich. Sie entspricht den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.4.4.1*, unter Berücksichtigung der Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.3.2*.

#### **b. Schutzmaßnahmen in Anlagen, die über ein TN-Netz versorgt werden**

##### *b.1 - Fehlerschleife*

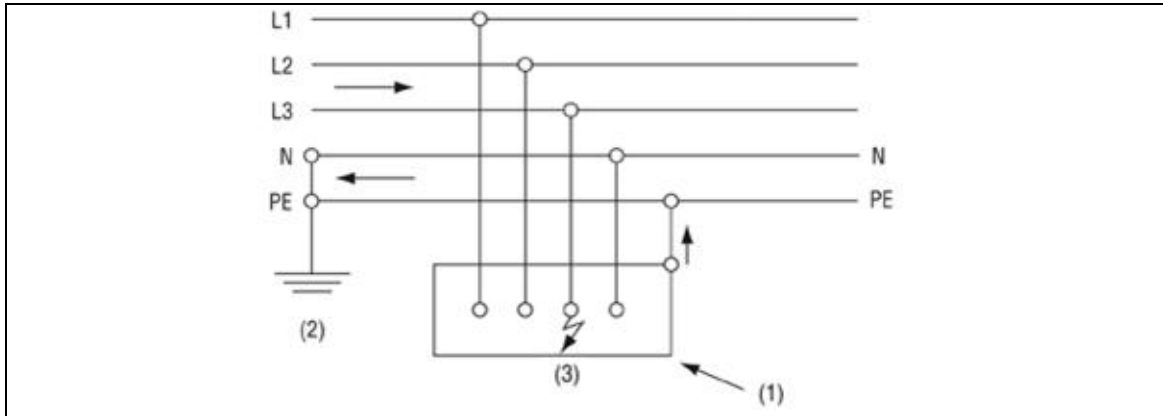
Vollkommene Schlüsse zwischen einem Außenleiter und dem Körper eines elektrischen Betriebsmittels verursachen einen Kurzschluss zwischen diesem Außenleiter und dem Schutzleiter.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Eine der folgenden Schutzeinrichtungen wird eingesetzt:

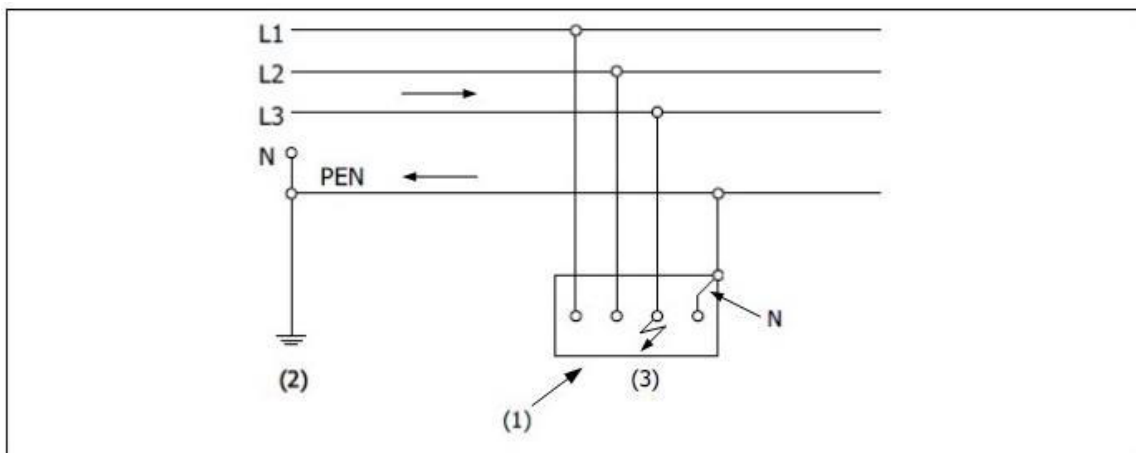
- Überstrom-Schutzeinrichtungen,
- Differenzstrom-Schutzeinrichtungen.

Abbildung 4.3 - Fehlerschleife in einem TN-S-System



- (1) Körper  
 (2) Erder des Versorgungsnetzes  
 (3) Fehler

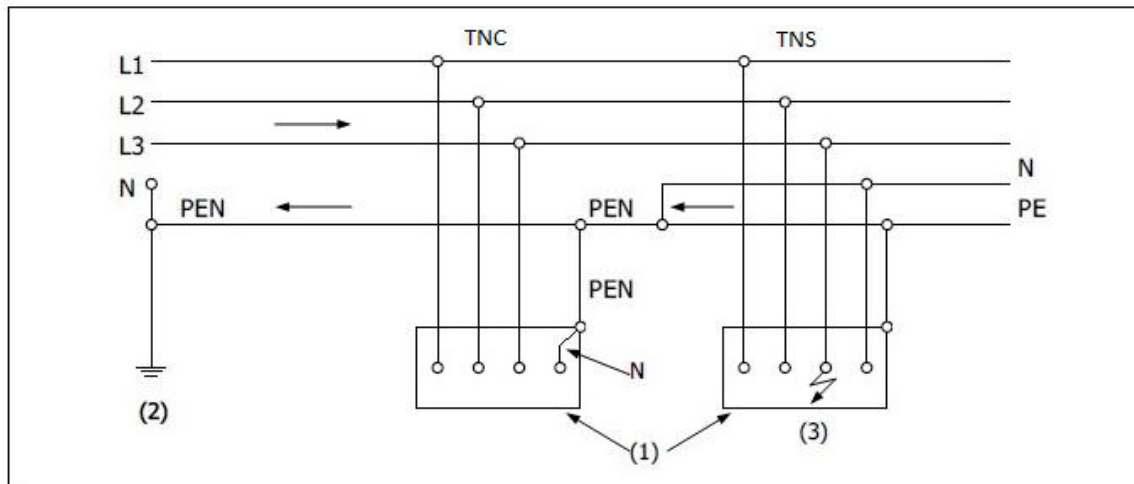
Abbildung 4.4 - Fehlerschleife in einem TN-C-System



- (1) Körper  
 (2) Erder des Versorgungsnetzes  
 (3) Fehler

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 4.5 - Fehlerschleife in einem TN-C-S-System



- (1) Körper  
 (2) Erder des Versorgungsnetzes  
 (3) Fehler

Wenn Neutralleiter und Schutzleiter kombiniert sind (TN-C-System), muss Schutz durch Überstrom-Schutzeinrichtungen gewährleistet sein.

#### b.2 - Überprüfung der Sicherheitskurve

Schutzeinrichtungen und Leiterquerschnitte werden so gewählt, dass bei einem Kurzschluss an irgendeiner Stelle zwischen einem Außenleiter und dem Schutzleiter oder einem damit verbundenen Körper in angemessener Zeit eine Abschaltung erfolgt.

Diese Bedingung ist erfüllt, wenn der Strom  $I_a$ , der bestimmt wird durch die Formel:

$$I_a \leq \frac{U_o}{Z_s}$$

die Auslösung der automatischen Abschalteneinrichtung innerhalb einer Zeit gewährleistet, die höchstens der in der Sicherheitskurve angegebenen Zeit entspricht, wobei  $U_o$  der Spannung des Netzes gegenüber Erde und  $Z_s$  der Fehlerschleifenimpedanz entsprechen.

In besonderen Fällen, in denen ein vollkommener Schluss zwischen einem Außenleiter und der Erde auftreten kann, erfüllt der Gesamterdungswiderstand  $R_B$  folgende Bedingung:

$$R_B \leq \frac{U_L \cdot R_E}{U_o - U_L}$$

Dabei ist:

$U_L$ : vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung wie in *Tabelle 2.3* erwähnt,

$R_E$ : unbeeinflusster minimaler Erdübergangswiderstand von Leitern, die nicht mit dem Schutzleiter verbunden sind und über die ein Fehler zwischen Außenleiter und Erde auftreten kann; es darf davon ausgegangen werden, dass dieser Widerstand  $5 \Omega$  entspricht.

#### b.3 - TN-C-System

In ortsfesten Anlagen, mit Ausnahme von zweiphasigen Stromkreisen, hat der PEN-Leiter einen Querschnitt von mindestens  $10 \text{ mm}^2$  in Kupfer oder  $16 \text{ mm}^2$  in Aluminium.

In diesem Fall wird Schutz durch Überstrom-Schutzeinrichtungen gewährleistet.

#### b.4 - TN-C-S-System

Wird der PEN-Leiter ab einem Punkt des Netzes entsprechend seiner beiden Funktionen als Neutralleiter und Schutzleiter zweigeteilt, ist es verboten, den Schutzleiter und den Neutralleiter nach diesem Punkt zu verbinden.

An der Stelle dieser Zweiteilung müssen getrennte Klemmen oder Klemmleisten für den Schutzleiter und den Neutralleiter vorgesehen sein; diese Anordnung gewährleistet eine direkte und dauerhafte Verbindung des gemeinsamen Leiters und des Schutzleiters.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### b.5 - Einsatz von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen

Wenn bei bestimmten elektrischen Geräten oder Teilen elektrischer Anlagen eine oder mehrere der in den vorhergehenden Punkten erwähnten Bedingungen nicht eingehalten werden, sind diese Geräte oder Teile von Anlagen durch eine Differenzstrom-Schutzeinrichtung geschützt.

Bei Einsatz dieser Einrichtung müssen Körper nicht mit dem Schutzleiter verbunden sein, wenn sie an einen Erder angeschlossen sind, dessen Widerstand dem Ansprechstrom der Differenzstrom-Schutzeinrichtung angepasst ist.

Der durch diese Differenzstrom-Schutzeinrichtung geschützte Stromkreis wird daher nach dem TT-System betrachtet und die unter *Buchstabe c* erwähnten Schutzmaßnahmen, die sich auf dieses TT-System beziehen, sind anwendbar.

Wenn kein unabhängiger Erder vorhanden ist, wird der Anschluss der Körper an den Schutzleiter der Differenzstrom-Schutzeinrichtung vorgeschaltet.

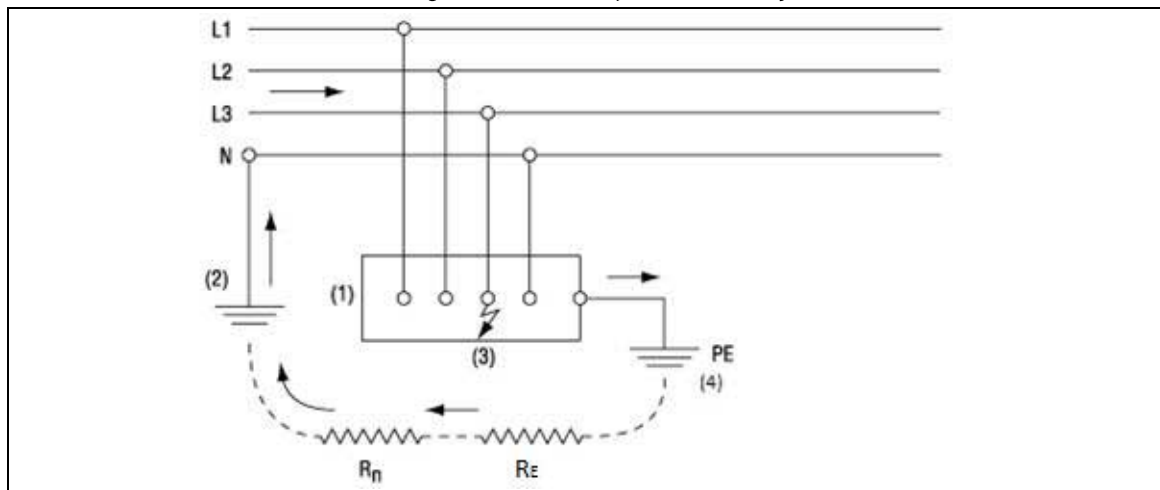
#### c. Schutzmaßnahmen in Anlagen, die über ein TT-Netz versorgt werden

##### c.1 - Fehlerschleife

Die Erde ist in der Regel Teil der Fehlerschleife, was die Möglichkeit absichtlicher oder tatsächlicher elektrischer Verbindungen zwischen dem Erder der Körper der elektrischen Anlage und dem Erder der Stromversorgung nicht ausschließt.

Fehlerströme Außenleiter/Körper werden durch die Fehlerschleifenimpedanz begrenzt und haben eine geringere Intensität als Kurzschlussströme.

Abbildung 4.6 - Fehlerschleife in einem TT-System



- (1) Körper
- (2) Erder des Versorgungsnetzes ( $R_n$ )
- (3) Fehler
- (4) Erder des Körpers ( $R_E$ )

Eine der folgenden Schutzeinrichtungen wird eingesetzt:

- Differenzstrom-Schutzeinrichtungen,
- Überstrom-Schutzeinrichtungen,
- fehlerspannungsempfindliche Schutzeinrichtungen.

##### c.2 - Überprüfung der Sicherheitskurve

Die Ansprechzeit der Schutzeinrichtung überschreitet nicht die durch die Sicherheitskurve vorgegebene Zeit für unbeeinflusste Berührungsspannungen.

Jedoch kann aus zwingenden Gründen der Selektivität der Schutzmittel für Geräte mit festem Standplatz eine Ansprechzeit von höchstens 1 Sekunde festgelegt werden, sofern der mit der Inspektion beauftragte Beamte dem zustimmt.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Der Erdungswiderstand des Erders  $R_E$ , mit dem die Körper der Anlage verbunden sind, darf höchstens dem Quotienten aus dem in *Tabelle 2.3* erwähnten vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung  $U_L$  und dem Nennansprechstrom  $I_A$  der Schutzeinrichtung entsprechen, nämlich:

$$R_E \leq \frac{U_L}{I_A}$$

Bei Einsatz von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen sind die Werte des Ansprech-Differenzstroms und des Erdungswiderstands des Erders für nicht hauswirtschaftliche Orte in *Unterabschnitt 4.2.4.3 Buchstabe d* festgelegt.

#### c.3 - Installation von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen

Körper, die durch dieselbe Differenzstrom-Schutzeinrichtung geschützt sind, sind mit demselben Erder verbunden.

Neutralleiter sind nach Differenzstrom-Schutzeinrichtungen nicht mit Erde verbunden.

#### c.4 - Schutz des Neutralleiters

Der Neutralleiter ist unter denselben Bedingungen wie ein Außenleiter isoliert und verlegt.

Ist keine Differenzstrom-Schutzeinrichtung vorgeschaltet oder im betrachteten Stromkreis vorhanden, ist außer in den in den *Unterabschnitten 4.4.5.2* und *4.4.5.3* erwähnten Sonderfällen Überstromüberwachung am Neutralleiter vorgesehen.

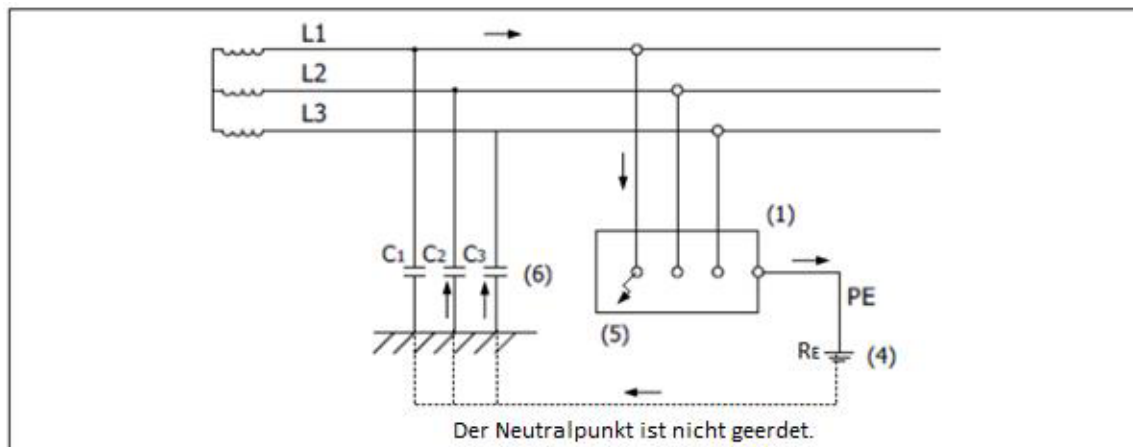
Sie löst die Abschaltung der Stromversorgung einschließlich des Neutralleiters aus:

- entweder wenn der Neutralleiter im Falle eines vollkommenen Schlusses zwischen einem Außenleiter und der Erde eine Spannung gegenüber Erde aufweist, die den vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung überschreitet,
- oder wenn das Auftreten eines vollkommenen Schlusses in diesem Stromkreis den Betrieb der Schutzeinrichtungen der Außenleiter nicht auslöst.

#### d. Schutzmaßnahmen in Anlagen, die über ein IT-Netz versorgt werden

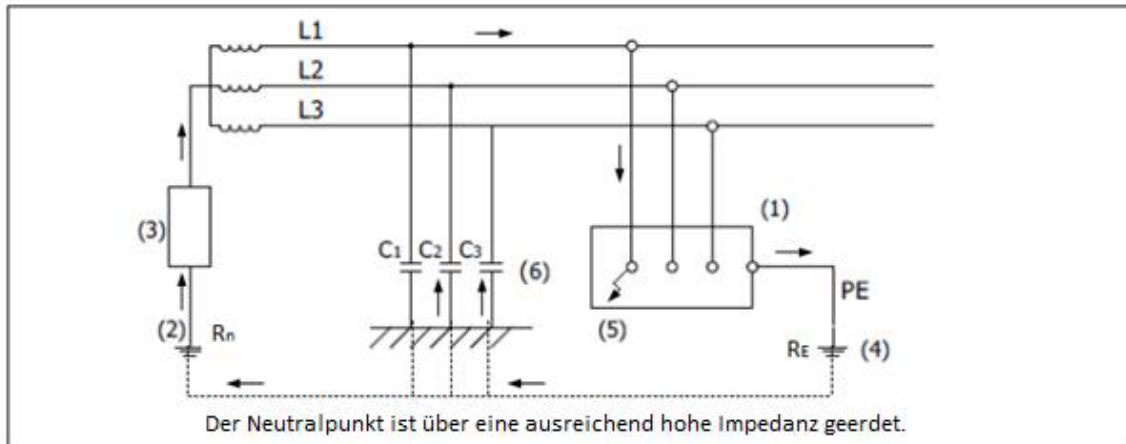
##### d.1 - IT-System

Abbildung 4.7 - IT-System (erster Fehler)





### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE



- (1) Körper  
 (2) Erder des Versorgungsnetzes ( $R_n$ )  
 (3) Impedanz  
 (4) Erder des Körpers ( $R_E$ )  
 (5) Erster Fehler  
 (6) Ableitkapazität

Eine der folgenden Schutzeinrichtungen wird eingesetzt:

- Einrichtungen zur Kontrolle der Isolation,
- Überstrom-Schutzeinrichtungen,
- Differenzstrom-Schutzeinrichtungen,
- fehlerspannungsempfindliche Schutzeinrichtungen.

#### d.2 - Erdungswiderstand des Erders von Körpern

Der Erdungswiderstand des Erders  $R_E$  von Körpern erfüllt folgende Bedingung:

$$R_E \leq \frac{U_L}{I_d}$$

Dabei ist:

$I_d$  Fehlerstrom im Falle eines ersten vollkommenen Schlusses zwischen einem Außenleiter und einem Körper. Bei dem Wert  $I_d$  werden die Ableitströme und die Gesamterdungsimpedanz der elektrischen Anlage berücksichtigt.

$U_L$  vereinbarter absoluter Grenzwert der Berührungsspannung wie in *Tabelle 2.3* erwähnt.

#### d.3 - Installation des permanenten Isolationswächters

Die elektrische Anlage wird durch eine Isolationsüberwachungseinrichtung überwacht, wenn es erforderlich ist, das Auftreten eines ersten Körper- oder Erdschlusses eines aktiven Teils der elektrischen Anlage zu melden. Diese Einrichtung muss:

- entweder ein akustisches und/oder optisches Signal abgeben
- oder die Stromversorgung automatisch abschalten.

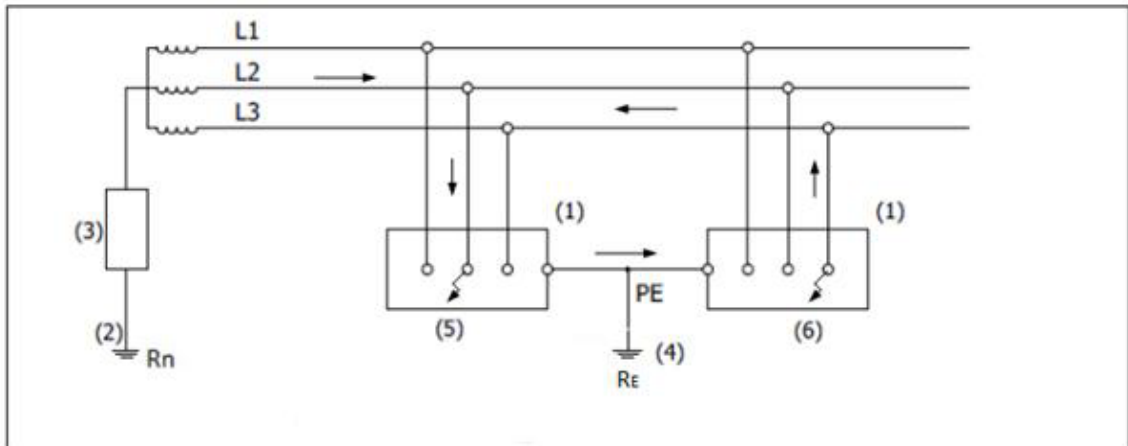
### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### d.4 - Maßnahmen bei Auftreten eines ersten Isolationsfehlers

Sobald permanente Isolationswächter einen vollkommenen Isolationsfehler melden, werden die erforderlichen Maßnahmen zur Suche und Beseitigung dieses Fehlers ergriffen.

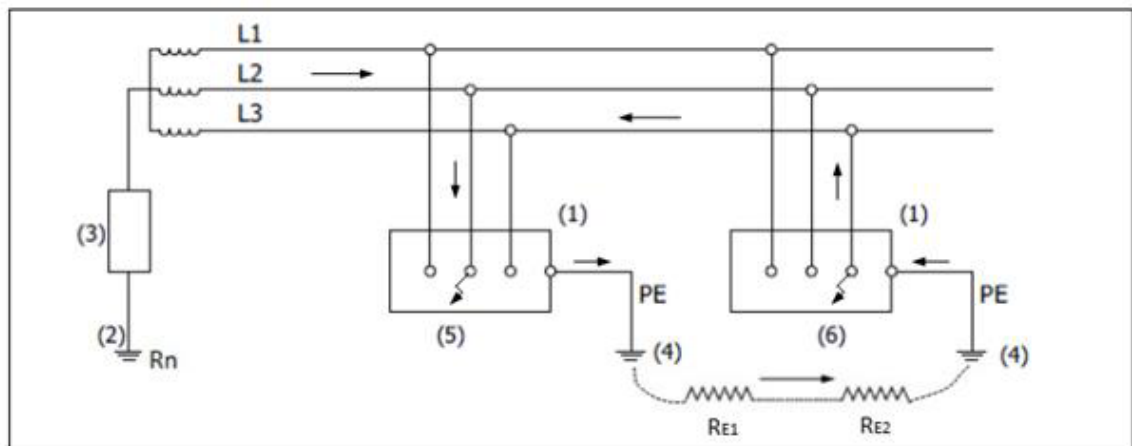
#### d.5 - Maßnahmen bei Auftreten von zwei gleichzeitigen Isolationsfehlern

Abbildung 4.8 - IT-System (zwei gleichzeitige Fehler mit miteinander verbundenen Körpern)



- (1) Körper
- (2) Erder des Versorgungsnetzes ( $R_n$ )
- (3) Impedanz (installiert oder nicht)
- (4) Erder des Körpers ( $R_E$ )
- (5) Erster Fehler
- (6) Zweiter Fehler

Abbildung 4.9 - IT-System (zwei gleichzeitige Fehler mit nicht miteinander verbundenen Körpern)



- (1) Körper
- (2) Erder des Versorgungsnetzes ( $R_n$ )
- (3) Impedanz (installiert oder nicht)
- (4) Erder des Körpers ( $R_E$ )
- (5) Erster Fehler
- (6) Zweiter Fehler

Zum Schutz gegen Gefahren, die durch das Vorhandensein von zwei gleichzeitigen Isolationsfehlern verursacht werden können, die zwei verschiedene Außenleiter oder einen Außenleiter und den Neutralleiter betreffen, werden Schutzmaßnahmen getroffen, die für Anlagen vorgeschrieben sind, die über ein TN- oder TT-Netz versorgt werden, je nachdem, ob alle Körper durch einen Schutzleiter miteinander verbunden sind oder nicht. Die *Abbildungen 4.8 und 4.9* gelten gleichermaßen für das IT-System, unabhängig davon, ob es von der Erde isoliert oder über eine Impedanz mit der Erde verbunden ist.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### **Abschnitt 4.2.4 - Anwendung von Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Niederspannung und Kleinspannung**

#### **Unterabschnitt 4.2.4.1 - Anwendungsbereich**

##### **a. Allgemeines**

Mit Ausnahme der unter *Buchstabe b* weiter unten erwähnten Fälle sind Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren immer erforderlich, wenn eine Person gleichzeitig Folgendes berühren kann:

- entweder einen Körper und ein fremdes leitfähiges Teil
- oder einen Körper und eine nicht isolierende Wand oder einen nicht isolierenden Boden
- oder einen Körper und das Erdpotential
- oder zwei Körper.

Für Sonderfälle sind die zu befolgenden Regeln in *Teil 7* festgelegt.

##### **b. Ausnahmen**

In folgenden Fällen müssen keine besonderen Schutzmaßnahmen getroffen werden:

1. für Anlagen, bei denen die aktiven Teile elektrischer Betriebsmittel im Rahmen des Schutzes gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren blank bleiben dürfen,
2. für metallische Elektroinstallationsrohre auf Putz, sofern die darin eingezogenen Leiter und Kabel über eine zusätzliche Isolierung verfügen und entweder als elektrische Leitungen der Klasse II oder als elektrische Leitungen mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Klasse II gleichwertig ist, eingestuft werden (siehe *Unterabschnitt 2.7.1.2*),
3. für Trageisen, Konsolen und damit verbundene Metallteile, wenn die Spannung 500 V Wechselstrom oder 750 V Gleichstrom nicht überschreitet und wenn sie sich nicht im Handbereich befinden,
4. für Elektromagnete von Schützen oder Relais, Transformator-Kerne und magnetische Teile von Auslösern, sofern diese Teile Körper sind.

#### **Unterabschnitt 4.2.4.2 - Äußere Einflüsse**

Bei der Wahl von elektrischen Betriebsmitteln und Maßnahmen, die je nach Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren zu treffen sind, sind drei äußere Einflüsse zu berücksichtigen, nämlich:

- äußerer Einfluss der Hautfeuchtigkeit auf den elektrischen Widerstand des menschlichen Körpers (BB: siehe *Tabelle 2.3*),
- Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC: siehe *Abschnitt 2.10.13*),
- Auftreten von Wasser (AD: siehe *Abschnitt 2.10.3*).

#### **Unterabschnitt 4.2.4.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Nieder- und Kleinspannung**

##### **a. Trockene Orte mit isolierenden Böden und Wänden**

An trockenen Orten (AD1) mit isolierenden Böden und Wänden (BC1) dürfen die besonderen Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe d* angewendet werden.

##### **b. Andere Orte**

An Orten, die keine trockenen Orte mit isolierenden Böden und Wänden sind, sind die Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren:

- entweder aktive Maßnahmen nach *Unterabschnitt 4.2.3.4* gemäß dem Erdungssystem
- oder, für bestimmte Bereiche oder Betriebsmittel, andere Schutzmaßnahmen wie:
  - Benutzung von Betriebsmitteln der Klasse II (*Abschnitt 2.4.3*) oder Betriebsmitteln mit Schutz gegen elektrischen Schlag, der dem der Klasse II gleichwertig ist,
  - elektrische Schutztrennung der Stromkreise (*Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe c*),
  - Sicherheitskleinspannung (*Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe a* und *Unterabschnitte 4.2.7.3* und *4.2.7.5*),
  - die besonderen Bestimmungen von *Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe d*.

##### **c. Nasse Orte, an denen der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers verringert oder sehr gering ist (BB3)**

Nasse Orte, an denen der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers verringert oder sehr gering ist (BB3), sind durch die Kombination folgender äußerer Einflüsse gekennzeichnet:

- Das Auftreten von Wasser ist durch die äußeren Einflüsse AD6 (Schwallwasser), AD7 (Eintauchen) oder AD8 (Untertauchen) gekennzeichnet.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- Kontakte mit Erdpotential sind häufig (BC3) oder dauernd (BC4).

In all diesen Fällen ist nur die Benutzung von Sicherheitskleinspannung erlaubt; die Spannung ist auf 12 V Wechselstrom, 18 V Gleichstrom mit Welligkeit und 30 V Gleichstrom ohne Welligkeit begrenzt.

An leitenden Orten sind jedoch für besondere Anwendungen höhere Spannungen gemäß den Vorschriften von *Kapitel 7.4* zulässig.

### d. Einsatz von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen

Wenn eine Differenzstrom-Schutzeinrichtung eingesetzt wird, überschreitet der Erdungswiderstand des Erders nicht 500  $\Omega$  an trockenen, nichtleitenden Orten und 240  $\Omega$  an anderen Orten.

Die Empfindlichkeit der Schutzeinrichtung hängt vom Erdungswiderstand des Erders ab, wie in *Tabelle 4.3* angegeben.

*Tabelle 4.3 - Differenzstrom-Schutzeinrichtung: Empfindlichkeit von Schutzeinrichtungen entsprechend dem Erdungswiderstand des Erders*

<i>Erdungswiderstand des Erders</i>		<i>Nenn-differenzstrom der Schutzeinrichtung</i>
<i>Trockene, nichtleitende Orte</i>	<i>Andere Orte</i>	
bis zu 50 $\Omega$	bis zu 24 $\Omega$	1000 mA
von 50 bis 100 $\Omega$	von 24 bis 48 $\Omega$	500 mA
von 100 bis 166 $\Omega$	von 48 bis 80 $\Omega$	300 mA
von 166 bis 500 $\Omega$	von 80 bis 240 $\Omega$	100 mA bei hoher und sehr hoher Empfindlichkeit

### **Abschnitt 4.2.5 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Hochspannung**

#### **Unterabschnitt 4.2.5.1 - Grundsätze der Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren bei Hochspannung**

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 4.2.5.2 - Erdungsanlagen bei Hochspannung**

##### **a. Allgemeines**

Erdungsanlagen umfassen:

- Erder,
- Erdungsleiter,
- Schutzleiter,
- eventuelle Potentialausgleichsverbindungen.

Die Errichtung der verschiedenen Teile einer Erdungsanlage ist in *Kapitel 5.5* beschrieben.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### 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 10  $\Omega$ .

Wenn die Anlage an eine Gesamterdung angeschlossen ist, beträgt diese Grenze 15  $\Omega$ .

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  $\rho_E$  der lokalen Resistivität des Bodens in einer Tiefe von 1 m entspricht. Diese Werte gelten nicht für den in *Unterabschnitt 5.5.2.2 Punkt b.6.1* bestimmten Sonderfall; jedoch muss die Erdungsimpedanz  $Z_E$  unter 1  $\Omega$  liegen.

##### b.3 - Ursprünglicher Wert

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

#### Unterabschnitt 4.2.5.3 - Passiver Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Hochspannung

##### 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### 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 2.10* dargestellt (siehe *Unterabschnitt 2.4.1.3*) 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 Erdungstifte 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 4.2.5.4 - Aktiver Schutz bei Hochspannung 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 Stromabschalteinrichtungen mit einem Betriebsmerkmal, das die Entstehung von gefährlichen Potentialdifferenzen verhindert, wobei der Wert der Fehlerschleifenimpedanz und die Netzmerkmale berücksichtigt werden.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 ( $\Omega$ ).

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 ( $\Omega$ ),
- $I_B$ : Körperstromstärke (A),
- $R_{a1}$ : Widerstand der Schuhe ( $\Omega$ ),
- $R_{a2}$ : Oberflächenwiderstand des Bodens ( $\Omega$ ).

#### b. Netzmerkmale

Solche Schutzeinrichtungen erfordern eine Koordinierung zwischen:

1. Netzmerkmalen und
2. Betriebsmerkmalen von Abschalteneinrichtungen.

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 4.2.5.5 - Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren bei Hochspannung

Wenn die Bedingungen in *Unterabschnitt 4.2.5.4* 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 4.2.6 - Vorbeugung elektrischen Schlags durch indirektes Berühren infolge von Potentialverschleppung**

##### Unterabschnitt 4.2.6.1 - 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 Ausbreitzzone des Hochspannungserders und einer Zone mit neutralem Erdpotential verlaufen, durch einen geeigneten Isolierstoff unterbrochen werden.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 4.2.6.2 - Zu treffende Maßnahmen

#### a. Allgemeine Maßnahmen

Die Erdung des Neutralpunktes einer Niederspannungsanlage, anlagenfremde leitfähige Teile und Erder von Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen werden außerhalb der Ausbreitungszone 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 4.4* 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 Potentialausgleichsverbinding 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 Potentialausgleichsverbinding 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 Potentialausgleichsverbinding 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 mm<sup>2</sup>, wenn die Leiter mechanisch geschützt sind,
- 4 mm<sup>2</sup>, 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 Potentialausgleichsverbinding 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 4.4* angegebenen Werte nicht überschreitet, wobei die zulässige Berührungsspannung  $U_{Tp}$  dem vereinbarten relativen Grenzwert der Berührungsspannung  $U_L(t)$  entspricht (siehe *Unterabschnitt 2.4.1.1*). 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 Ausbreitungszone 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 Ausbreitungszone 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.



## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

*Tabelle 4.4 - 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	$t \leq 5 \text{ s}$	Nicht anwendbar	$U_E \leq 1200 \text{ V}$
	$t > 5 \text{ s}$		$U_E \leq 250 \text{ V}$
TN		$U_E \leq U_{Tp} \text{ (1)}$ $U_E \leq 2 \cdot U_{Tp} \text{ (2)}$	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.

### Abschnitt 4.2.7 - Schutzmaßnahmen bei Kleinspannung

#### Unterabschnitt 4.2.7.1 - Stromversorgung mit Kleinspannung (ELV)

Kleinspannung wird geliefert:

1. entweder von autonomen Energieversorgungsquellen wie:
  - elektrochemischen Energieversorgungsquellen (zum Beispiel Akkumulatorenbatterien) oder
  - anderen nicht elektrischen autonomen Energieversorgungsquellen
2. oder über eine elektrische Anlage von Geräten mit elektrisch getrennten Wicklungen, sofern diese Geräte:
  - Trenntransformatoren sind,
  - Einrichtungen mit einem Sicherheitsniveau sind, das dem von Trenntransformatoren gleichwertig ist,
  - so konzipiert sind, dass im Falle eines Fehlers zwischen der Primär- und der Sekundärwicklung Folgendes verhindert wird:
    - entweder das Vorhandensein einer Berührungsspannung, die keine Sicherheitsspannung ist, an Körpern elektrischer Betriebsmittel mit Kleinspannung, indem für diese Betriebsmittel Maßnahmen zum Schutz gegen indirektes Berühren gemäß *Unterabschnitt 4.2.3.3 Buchstabe b, c und d* getroffen werden,
    - oder die Aufrechterhaltung einer Berührungsspannung, die keine Sicherheitsspannung ist, an Körpern elektrischer Betriebsmittel mit Kleinspannung für Zeiträume, die die in *Tabelle 2.4* erwähnten Zeiträume überschreiten, indem diese Körper mit dem Schutzleiter des Primärkreises verbunden werden und für diese Betriebsmittel Schutzmaßnahmen gemäß *Unterabschnitt 4.2.3.4* angewendet werden,
3. oder von elektronischen Einrichtungen, bei denen durch bauliche Maßnahmen verhindert wird, dass selbst im Falle eines internen Fehlers dieser Einrichtungen die Spannung an den Ausgangspolen den in *Tabelle 2.3* bestimmten vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung nicht überschreiten kann.  
Höhere Spannungswerte sind jedoch zulässig, wenn diese Spannung bei direktem oder indirektem Berühren innerhalb eines Zeitraums, der durch die vereinbarten relativen Grenzwerte der Berührungsspannung wie in *Tabelle 2.4* bestimmt festgelegt wird, auf die vereinbarten absoluten Grenzwerte der Berührungsspannung verringert wird.

Die Nennspannung dieser Energieversorgungsquellen für Kleinspannung, mit Ausnahme der weiter oben unter *Nr. 3* erwähnten Quellen, überschreitet nicht die in den *Abschnitten 2.3.2* und *2.3.3* bestimmten Werte.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 4.2.7.2 - Elektrische Anlagen mit Funktionskleinspannung ohne elektrisch sichere Trennung (FELV)

#### a. Allgemeines

##### a.1 - Schutz gegen direktes Berühren

Schutz gegen direktes Berühren muss gewährleistet sein:

- entweder durch Umhüllungen oder Barrieren, die mindestens eine Schutzart von IPXX-B aufweisen,
- oder durch eine Isolierung, die für eine Prüfspannung von 1500 V bei Netzfrequenz während einer Minute konzipiert ist,
- oder durch Entfernung.

##### a.2 - Schutz gegen indirektes Berühren

Bei einem Isolationsfehler zwischen dem Versorgungsnetz und dem FELV-Netz und bei Fehler im FELV-Netz muss verhindert werden, dass Körper elektrischer Betriebsmittel mit Kleinspannung einer Berührungsspannung ausgesetzt werden, die keine Sicherheitsspannung ist:

- entweder für einen Zeitraum, der die durch die vereinbarten relativen Grenzwerte der Berührungsspannung festgelegte maximale Dauer überschreitet, durch Anwendung der in *Unterabschnitt 4.2.3.4* aufgeführten Schutzmaßnahmen
- oder durch Anwendung der in *Unterabschnitt 4.2.3.3* Buchstabe b, c und d aufgeführten Schutzmaßnahmen.

##### a.3 - Schutz gegen thermische Auswirkungen und Überströme

Die Vorschriften von *Kapitel 4.3 "Schutz gegen thermische Auswirkungen"* und *Kapitel 4.4 "Elektrischer Überstromschutz"* bleiben vollständig anwendbar. Konkret werden Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb oder Fehler ein gefährlicher Ableit- oder Fehlerstrom anhält, insbesondere bei Benutzung von Geräten der Klasse I.

#### b. Steckvorrichtungen

FELV-Steckvorrichtungen entsprechen folgenden Vorschriften:

- Stecker dürfen nicht in Steckdosen eingesteckt werden können, die mit anderen Spannungen versorgt werden.
- Steckdosen verhindern das Einstecken von Steckern, die für andere Stromversorgungen als FELV vorgesehen sind.

### Unterabschnitt 4.2.7.3 - Elektrische Anlagen mit Sicherheitskleinspannung (SELV) und Funktionskleinspannung mit elektrisch sicherer Trennung (PELV)

#### a. Energieversorgungsquelle

SELV und PELV dürfen nur von einer der Energieversorgungsquellen für Kleinspannung geliefert werden, die erwähnt ist:

- entweder in *Unterabschnitt 4.2.7.1 Nr. 1*
- oder in den ersten beiden Gedankenstrichen von *Unterabschnitt 4.2.7.1 Nr. 2*, wonach diese Geräte ein Sicherheitsniveau aufweisen, das dem eines Sicherheitstransformators gleichwertig ist,
- oder in *Unterabschnitt 4.2.7.1 Nr. 3*, wonach der höhere Spannungswert wie in Absatz 2 beschrieben nur für PELV zulässig ist.

Wenn die elektrische Sicherheitskleinspannungsanlage über einen oder mehrere Gleichrichter mit Gleichspannung versorgt wird, ist am Ausgang des Transformators der vereinbarte absolute Grenzwert der Berührungsspannung anwendbar, unbeschadet der Bestimmungen der *Abschnitte 2.3.2* und *2.3.3* in Bezug auf Gleichspannung.

Mobile Energieversorgungsquellen wie Sicherheitstransformatoren oder Generatoren werden gemäß den Vorschriften in Bezug auf Schutzmaßnahmen für die Benutzung von Betriebsmitteln der Klasse II oder gleichwertigen Betriebsmitteln gewählt oder installiert.

#### b. Aktive Teile

Aktive Teile von SELV- und PELV-Stromkreisen sind physisch voneinander und von anderen Stromkreisen getrennt.

Maßnahmen werden getroffen, um eine elektrisch sichere Trennung zu gewährleisten; diese Regel gilt nicht für die Verbindung zwischen PELV und Erde.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### c. Elektrische Leitungen

Für die Gewährleistung der unter *Buchstabe b* erwähnten elektrisch sicheren Trennung wird eine der folgenden Vorkehrungen getroffen:

- Es gibt eine physische Trennung von mindestens 10 mm zwischen den Leitern von SELV- und PELV-Stromkreisen und den Leitern anderer Stromkreise.
- Leiter von SELV- und PELV-Stromkreisen müssen neben ihrer Basisisolierung mit einer zusätzlichen Isolierung (Mantel, Elektroinstallationsrohr, ...) versehen sein.
- Ein Mehrleiterkabel oder eine Gruppe von Leitern kann Stromkreise mit unterschiedlichen Spannungen enthalten unter der Bedingung, dass die Leiter von SELV- und PELV-Stromkreisen entweder einzeln oder zusammen für die höchste vorhandene Spannung isoliert sind.

#### d. Steckvorrichtungen

SELV- und PELV-Steckvorrichtungen entsprechen folgenden Vorschriften:

- Stecker dürfen nicht in Steckdosen eingesteckt werden können, die mit anderen Spannungen als SELV und PELV versorgt werden.
- Steckdosen verhindern das Einstecken von Steckern, die für andere Stromversorgungen als SELV und PELV vorgesehen sind.
- SELV-Stecker dürfen nicht in Steckdosen eingeführt werden können, die über PELV versorgt werden, und PELV-Stecker dürfen nicht in Steckdosen eingeführt werden können, die über SELV versorgt werden.
- SELV-Steckdosen sind weder mit einem Schutz- noch mit einem Erdungskontakt ausgestattet. Dagegen dürfen PELV-Steckdosen mit einem Schutz- oder Erdungskontakt ausgestattet sein.

#### e. Schutz gegen thermische Auswirkungen und Überströme

Die Vorschriften von *Kapitel 4.3 "Schutz gegen thermische Auswirkungen"* und *Kapitel 4.4 "Elektrischer Überstromschutz"* bleiben vollständig anwendbar.

Konkret werden Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb oder Fehler ein gefährlicher Ableit- oder Fehlerstrom anhält, insbesondere bei Benutzung von Geräten der Klasse I.

#### Unterabschnitt 4.2.7.4 - Zusätzliche Vorschriften für PELV-Stromkreise

##### a. Schutz gegen direktes Berühren

Schutz gegen direktes Berühren muss gewährleistet sein:

- entweder durch Umhüllungen oder Barrieren, die mindestens eine Schutzart von IPXX-B aufweisen,
- oder durch eine Isolierung, die für eine Prüfspannung von 500 V bei Netzfrequenz während einer Minute konzipiert ist,
- oder durch Entfernung.

##### b. Schutz gegen indirektes Berühren

Maßnahmen zum Schutz gegen indirektes Berühren sind nicht erforderlich.

##### c. Abweichungen

Ungeachtet der vorerwähnten Bestimmungen ist Schutz gegen direktes Berühren für elektrische PELV-Betriebsmittel, die sich innerhalb einer geerdeten Potentialausgleichszone befinden, nicht erforderlich, sofern der Nennspannungswert die in *Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe h Tabelle 4.1* aufgeführten Werte nicht überschreitet.

#### Unterabschnitt 4.2.7.5 - Zusätzliche Vorschriften für SELV-Stromkreise

##### a. Schutz gegen direktes Berühren

Wenn die Nennspannung des Stromkreises die in *Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe h Tabelle 4.1* aufgeführten Werte überschreitet, muss Schutz gegen direktes Berühren gemäß den Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.7.4 Buchstabe a* gewährleistet werden.

Wenn die Nennspannung des Stromkreises die in *Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe h Tabelle 4.1* aufgeführten Werte nicht überschreitet, ist kein Schutz gegen direktes Berühren erforderlich.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### b. Schutz gegen indirektes Berühren

Maßnahmen zum Schutz gegen indirektes Berühren sind nicht erforderlich.

### c. Verbotene Verbindungen

Aktive Teile elektrischer SELV-Betriebsmittel dürfen nicht galvanisch verbunden sein mit:

- dem Erder,
- aktiven Teilen, die zu anderen Stromkreisen gehören,
- Schutzleitern, die zu anderen Stromkreisen gehören.

Körper elektrischer SELV-Betriebsmittel dürfen nicht galvanisch verbunden sein mit:

- dem Erder,
- Schutzleitern oder Körpern anderer Anlagen,
- leitfähigen Teilen, es sei denn, sie sind gegen die Gefahr geschützt, auf ein Potenzial gebracht zu werden, das den vereinbarten absoluten Grenzwert der Berührungsspannung überschreitet.

## 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.

**Entflammbares 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 entflammbares Dampf-Luft-Gemisch entsteht.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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 4.5* bestimmt.

*Tabelle 4.5 - Höchsttemperaturen von Außenflächen elektrischer Betriebsmittel, die sich im Handbereich befinden*

Außenflächen	Höchsttemperaturen (° C)
– von handgehaltenen Bedienungseinrichtungen	
• <i>metallisch</i>	55
• <i>nicht metallisch</i>	65
– dazu vorgesehen, bei bestimmungsgemäßem Betrieb berührt zu werden, aber nicht dazu bestimmt, ständig in der Hand gehalten zu werden	
• <i>metallisch</i>	70
• <i>nicht metallisch</i>	80
– berührbar, aber nicht dazu bestimmt, bei bestimmungsgemäßem Betrieb berührt zu werden	
• <i>metallisch</i>	80
• <i>nicht metallisch</i>	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 *Unterabschnitt 4.3.2.1 Tabelle 4.5* 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Die Klassifizierung ist auch auf Kabel für die Kommunikations- und Informationstechnologie, Signalisierung oder Bedienung anwendbar.

#### b. Brandverhalten von isolierten Leitern und Kabeln

Isolierte Leiter und Kabel weisen ein Brandverhalten auf, das nach den in *Tabelle 4.6* aufgeführten Klassen gemäß der delegierten Verordnung (EU) 2016/364 angegeben und beurteilt wird. Die Klassen C, C<sub>L</sub>, E und E<sub>L</sub> wie in *Abschnitt 5.2.8* 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<sub>L</sub> und E<sub>L</sub>).

*Tabelle 4.6 - Klassen von isolierten Leitern und Kabeln hinsichtlich ihres Brandverhaltens*

Art von isolierten Leitern und Kabeln	Klasse	Beitrag zum Brand	Zusätzliche Klassifizierung
Nicht brennbar	A <sub>ca</sub>	Kein Beitrag	
Isolierte Leiter und Kabel mit hohem Feuerwiderstand	B1 <sub>ca</sub>	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 <sub>ca</sub>	Sehr begrenzt	
	C <sub>ca</sub>	Begrenzt	
Isolierte Standardleiter und Standardkabel	D <sub>ca</sub>	Mittel	
	E <sub>ca</sub>	Hoch	
Isolierte Leiter und Kabel ohne Feuerwiderstand	F <sub>ca</sub>	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 4.7* 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Tabelle 4.7 - 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 4.8* aufgeführten Eigenschaften angegeben und beurteilt wird, und können an jeglichen Orten verlegt werden. Für die Klassifizierung in Bezug auf Brandverhalten ist *Tabelle 4.7* anwendbar.

Folgende Leiter und Kabel müssen die Anforderungen in Bezug auf die in *Tabelle 4.8* aufgeführten Eigenschaften nicht erfüllen:

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

Tabelle 4.8 - 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 5.2.8* 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



## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- 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 bestimmungsgemäßigem 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

#### b.1 - Nieder- und Kleinspannung

Isolierte Leiter und Energiekabel entsprechen mindestens den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.2.8.1*.

Kabel von steckbaren Anlagen (Installationssteckverbindersysteme für permanente Verbindungen) und Kabel für die Kommunikations- und Informationstechnologie, Signalisierung oder Bedienung müssen den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.2.8.1* entsprechen.

Isolierte Leiter und Kabel wie in den Absätzen 1 und 2 erwähnt entsprechen der Eigenschaft oder Klasse von *Unterabschnitt 5.2.8.1 Buchstabe c*:

- für BE3-Orte und
- für folgende Verlegearten: bauliche Hohlräume und Leisten, Fußleisten oder Einfassungen aus brennbaren Materialien.

#### b.2 - Hochspannung

Isolierte Leiter und Energiekabel entsprechen mindestens den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.2.8.2*.

Für BE3-Orte entsprechen isolierte Leiter und Kabel wie in Absatz 1 erwähnt der Eigenschaft oder Klasse von *Unterabschnitt 5.2.8.2 Buchstabe c*.

### c. Gefährlicher Ableit- oder Fehlerstrom

Maßnahmen werden getroffen, um zu verhindern, dass bei bestimmungsgemäßigem 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 7.3* 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.

**Nieder- und Kleinspannung:** 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; bei Beleuchtungsgeräten entspricht die Schutzart mindestens IP6X,

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- 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 5.3.3.6* (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,
- müssen bei Benutzung von elektrischen Heizungsanlagen oder Lüftungsanlagen Vorhandensein von Staub und Lufttemperatur derart sein, dass keine Feuergefahr auftreten kann. Temperaturbegrenzungseinrichtungen müssen mit einer manuellen Rückstellung ausgerüstet sein. Elektrische Heizgeräte müssen sich auf nicht brennbaren Materialien befinden; elektrische Heizgeräte, die sich in der Nähe von brennbaren Stoffen und entflammaren Flüssigkeiten befinden, müssen mit geeigneten Barrieren ausgestattet sein, die die Entzündung dieser Stoffe und Flüssigkeiten verhindern. Speicherheizer müssen so installiert sein, dass der Transport von Staub und/oder Fasern zum Heizwiderstand verhindert wird.

**Hochspannung:** 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 entflammaren 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 5.3.3.7* (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.

#### d. Gefährlicher Ableit- oder Fehlerstrom bei Nieder- und Kleinspannung

An Orten, die durch die äußeren Einflüsse BE2 und/oder BE3 und/oder CA2 gekennzeichnet sind, sind TN-C-Systeme verboten.

An Orten, die durch die äußeren Einflüsse BE2 und/oder CA2 gekennzeichnet sind, dürfen Haupt-Verteiler- und Schaltgerätekombinationen über TN-C-Systeme versorgt werden.

Wenn in einem IT-System mit der automatischen Abschaltung ein Sicherheitsrisiko verbunden ist, das höher ist als das Risiko, das auf das Vorhandensein von Fehler- oder Erdschlussströmen zurückzuführen ist, ist ein Isolationswächter vorgesehen, der an ein geeignetes Signalisierungssystem angeschlossen ist. Organisatorische Maßnahmen werden getroffen, um den gemeldeten gefährlichen Zustand sofort zu beheben.

In TN-S-Systemen ist es erlaubt, für Niederspannungsstromkreise keine Differenzstrom-Schutzeinrichtungen vorzusehen, sofern:

- eine zusätzliche Potentialausgleichsverbinding mit einem Mindestquerschnitt von 10 mm<sup>2</sup> angelegt wird und
- die Punkte, an denen die zusätzliche Potentialausgleichsverbinding an einen Körper angeschlossen ist, von außen sichtbar sind.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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 4.9* erwähnten Orte erforderlich.

*Tabelle 4.9 - 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 4.9* 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 4.9*). 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, Anschlüsse und Abzweigboxen, die an Orten wie in vorerwähnter Liste erwähnt verlegt bzw. installiert und nicht eingebaut sind, müssen halogenfrei sein oder ein gleichwertiges Sicherheitsniveau aufweisen.

#### Nieder- und Kleinspannung:

Gleichermaßen müssen Kabel von steckbaren Anlagen (Installationssteckverbindersysteme für permanente Verbindungen) und Kabel für die Kommunikations- und Informationstechnologie, Signalisierung oder Bedienung dieser Vorschrift entsprechen.

Diese Anforderung findet keine Anwendung auf:

1. isolierte Leiter und Kabel, die nach folgenden Verlegearten verlegt sind:
    - isolierte Leiter in Elektroinstallationsrohren, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind,
    - Kabel mit oder ohne Elektroinstallationsrohr, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind,
    - Freileitungen mit isolierten Leitern,
    - Kabel in sandgefüllten Kabelkanälen,
    - unterirdische Kabel,
    - Enden:
      - von Kabeln in sandgefüllten Kabelkanälen oder
      - von unterirdischen Kabeln oder
      - von Kabeln mit oder ohne Elektroinstallationsrohr, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind, oder
      - von isolierten Leitern in Elektroinstallationsrohren, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind,
- wobei die Enden im Freien oder auf Putz verlegt sind, vorausgesetzt, dass die Länge dieser Enden 3 m nicht überschreitet. Diese Ausnahme in Bezug auf Enden ist jedoch nicht zulässig:
- für isolierte Leiter und Kabel, die im Freien oder auf Putz verlegt sind, für einen Anschluss an ein Niederspannungsverteilsnetz,
  - für Abzweigdosen mit oder ohne Elektroinstallationsrohr, die im Freien oder auf Putz verlegt sind,
  - für isolierte Abzweigleiter in Elektroinstallationsrohren, die im Freien oder auf Putz verlegt sind,

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

sind,

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 EU-Konformitätserklärung vorliegt.

Isolierte Leiter und Kabel (Nieder- und Kleinspannung), 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.

#### Hochspannung:

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 (Hochspannung), 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.

#### 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

### e. Orte mit Batterien, die einen entflammaren Elektrolyt enthalten

Die spezifischen Vorschriften von *Kapitel 7.5* (industrielle Akkumulatorenbatterien) sind ebenfalls anwendbar.

### **Abschnitt 4.3.4 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre**

Spezifische Bestimmungen sind auf elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen anwendbar (siehe *Kapitel 7.3*).

## 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 Verbrauchsgäräts aufgrund einer mechanischen Überlastung,
  - infolge des Anbringens zusätzlicher Verbrauchsgäräts ohne Vergrößerung des Leiterquerschnitts,
  - infolge der Ersetzung von Verbrauchsgäräts durch leistungsfähigere Gäräts 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 - Gemeinsame Schutzeinrichtung bei Nieder- und Kleinspannung

Für Überlastschutz und Schutz gegen Kurzschlüsse darf eine einzige Einrichtung installiert werden, sofern ihre Eigenschaften die in den *Unterabschnitten 4.4.2.1* und *4.4.4.2* auferlegten Funktionen kombinieren.

#### Unterabschnitt 4.4.1.4 - In Reihe geschaltete Schutzeinrichtungen bei Nieder- und Kleinspannung

Wenn Überlastschutz und Schutz gegen Kurzschlüsse durch getrennte Einrichtungen gewährleistet werden, sind ihre Eigenschaften so koordiniert, dass die Energie, die durch die Kurzschluss-Schutzeinrichtung durchgelassen wird, nicht größer ist als die Energie, der die Überlast-Schutzeinrichtung und die geschützte elektrische Leitung ohne Schaden standhalten können.

Der Einsatz von Schutzeinrichtungen, deren Ausschaltvermögen an der Stelle, an der sie installiert sind, geringer ist als der unbeeinflusste Kurzschlussstrom, ist zulässig, befreit aber nicht von der Vorschaltung einer anderen Einrichtung, die mindestens über das erforderliche Ausschaltvermögen verfügt. In diesem Fall lässt die vorgeschaltete Einrichtung nur so viel Energie durch wie die Energie, der die nachgeschaltete Einrichtung und die durch diese Einrichtungen geschützten elektrischen Leitungen ohne Schaden standhalten können.

Wenn mehrere Schutzeinrichtungen in Reihe geschaltet werden, können sie so koordiniert werden, dass im Falle eines nachgeschalteten Kurzschlusses die vorgeschaltete Schutzeinrichtung die Energie, die durch die nachgeschalteten Einrichtungen fließt, auf einen Wert begrenzt, der unter dem Wert liegt, dem die nachgeschalteten Einrichtungen und die durch diese Einrichtungen geschützten elektrischen Leitungen gemäß *Unterabschnitt 4.4.2.2 Buchstabe b* standhalten können.

Handelt es sich bei der nachgeschalteten Schutzeinrichtung um einen Leitungsschutzschalter und bei der vorgeschalteten Schutzeinrichtung um eine Sicherung oder einen Leitungsschutzschalter, weist der nachgeschaltete Leitungsschutzschalter durch diese Technik ein verstärktes Grenzkurzschlussausschaltvermögen auf.

Handelt es sich bei den in Reihe geschalteten Schutzeinrichtungen um Leitungsschutzschalter, wird der zusätzliche Schutz Backup-Schutz genannt.

Für die Bestimmung der Eigenschaften des Backup-Schutzes ist es erforderlich, die Backup-Schutz-Tabellen der Schutzeinrichtungen anzufordern, die gemäß den Produktnormen für Leitungsschutzschalter erstellt werden.

#### Unterabschnitt 4.4.1.5 - 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 4.4.1.6 - Verteilungs- und Übertragungsnetzwerke

Überstromschutz erfolgt gemäß den *Unterabschnitten 4.4.2.1*, *4.4.4.2* und *5.2.4.2*.

Jedoch darf in Netzen von Netzbetreibern der Wert der Strombelastbarkeit  $I_z$  gemäß den Regeln des Fachs festgelegt werden und darüber hinaus von den Betriebsbedingungen abhängen, wie z. B. zyklischen Belastungen:

- Was Überlastschutz und Schutz gegen ohmige Kurzschlussströme betrifft, können Betriebsbedingungen dazu führen, dass die Lebensdauer der Kabelisolierung innerhalb der nach den Regeln des Fachs festgelegten Grenzen verringert wird.
- Was Kurzschlussströme betrifft, muss der Schutz in der kürzestmöglichen Zeit wirken, die mit der

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Selektivität des Schutzes des gesamten Netzes vereinbar ist.

#### Unterabschnitt 4.4.1.7 - 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 bei Nieder- und Kleinspannung

##### Unterabschnitt 4.4.2.1 - Kurzschluss-Schutzeinrichtungen

Einrichtungen, die Schutz gegen Kurzschlüsse gewährleisten, erfüllen die beiden folgenden Bedingungen:

1. Ihr Ausschaltvermögen entspricht mindestens dem nach den Regeln des Fachs festgelegten unbeeinflussten Kurzschlussstrom an der Stelle, an der die betreffende Einrichtung installiert ist.
2. Die Ansprechzeit der Einrichtungen, das heißt die Zeit, die benötigt wird, um den Strom nach einem vollkommenen Kurzschluss an einem beliebigen Punkt des Stromkreises abzuschalten, überschreitet nicht die Zeit, in der sich die Temperatur der Leiter auf den zugelassenen Grenzwert erhöht; bei Kurzschlüssen von höchstens 5 Sekunden kann die Zeit, in der durch einen Kurzschlussstrom die Temperatur der Leiter auf den zugelassenen Grenzwert erhöht wird, aus folgender Formel abgeleitet werden:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I}$$

Dabei ist:

- t*: Zeit in Sekunden,
- S*: Leiterquerschnitt in mm<sup>2</sup>,
- I*: Stromstärke des vollkommenen Kurzschlusses in A,
- k*: Konstante, deren Wert von der Art des Metalls des Leiters und seiner Isolierung abhängt; die verschiedenen Werte von *k* werden von den für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Ministern, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass festgelegt.

##### Unterabschnitt 4.4.2.2 - Lage von Schutzeinrichtungen

###### a. Grundsatz

Eine Kurzschluss-Schutzeinrichtung wird am Beginn eines jeden Stromkreises installiert, der aus elektrischen Leitungen mit gleichwertigen Eigenschaften besteht.

Es ist jedoch erlaubt, am Beginn eines Stromkreises keine Kurzschluss-Schutzeinrichtung zu installieren, sofern überprüft wird, ob die vorgeschaltete Schutzeinrichtung ihre Funktion noch erfüllen kann.

###### b. Befreiung

In Abweichung von *Buchstabe a* weiter oben dürfen Schutzeinrichtungen bis zu einem Abstand von höchstens 3 m vom Beginn des Stromkreises auf die elektrische Leitung installiert werden, sofern:

- der Teil der elektrischen Leitung, der sich zwischen dem Beginn des Stromkreises und der Schutzeinrichtung befindet, keine Einrichtungen enthält, die eine besondere Erwärmung verursachen können, wie zum Beispiel Anschlüsse, Abzweigungen, Querschnittsverminderungen oder Reduzierung der Schaltgeräte,
- der betreffende Teil der elektrischen Leitung sich nicht in der Nähe von brennbaren Materialien befindet.

Neben den in *Unterabschnitt 5.2.4.2* erwähnten Fällen ist es erlaubt, auf jeglichen Schutz gegen Kurzschlüsse zu verzichten, wenn die elektrische Leitung kurz ist und so verlegt ist, dass:

- das Risiko eines Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert ist,
- die elektrische Leitung von jeglichem brennbaren Stoff entfernt ist.

Diese Befreiung betrifft nachstehende Fälle:

- elektrische Leitungen, die Generatoren, Transformatoren, Gleichrichter und Akkumulatorenbatterien mit ihren jeweiligen Stelltafeln verbinden, wenn in diesen Tafeln Schutzeinrichtungen installiert sind,
- Messkreise mit Ausnahme von Spannungsmesskreisen von Tafeln, die selbst Sammelschienen enthalten.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### c. Geschützte Länge elektrischer Leitungen

Die Höchstlängen geschützter elektrischer Leitungen werden gemäß den Regeln des Fachs festgelegt. 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 Bestimmung der Höchstlängen geschützter elektrischer Leitungen festlegen.

### **Abschnitt 4.4.3 - Schutz gegen Kurzschlüsse bei Hochspannung**

#### **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 Kurzschlüsse geschützt.

#### **Unterabschnitt 4.4.3.2 - 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 4.4.3.3 - Kurzschlussleistung**

Die in *Unterabschnitt 4.4.3.2* erwähnte Kurzschlussleistung darf aufgrund der Netzkonfiguration an einem durchschnittlichen Betriebstag wie nach den Regeln des Fachs festgelegt ermittelt werden.

#### **Unterabschnitt 4.4.3.4 - 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 4.4.4 - Überlastschutz bei Nieder- und Kleinspannung**

#### **Unterabschnitt 4.4.4.1 - Grundsatz**

In der Regel wird eine Einrichtung, die Überlastschutz gewährleistet, an der Stelle installiert, an der eine Änderung in Bezug auf Querschnitt, Art, Verlegeart oder Beschaffenheit zu einer Verringerung der Strombelastbarkeit in den Leitern führt.

#### **Unterabschnitt 4.4.4.2 - Überlast-Schutzeinrichtungen**

Einrichtungen, die Überlastschutz gewährleisten, erfüllen die beiden folgenden Bedingungen:

1. Ihr Nennstrom  $I_n$  muss mindestens dem vorgesehenen Betriebsstrom  $I_b$  des Stromkreises entsprechen und kleiner sein als die Strombelastbarkeit  $I_z$  in der elektrischen Leitung, die sie schützen.
- 2.a Der vereinbarte Wert ihres Auslösestroms  $I_f$ , nämlich der Strom, der durch die Einrichtung fließt und ihre Ausschaltung bewirkt, überschreitet nicht das 1,45-fache der Strombelastbarkeit  $I_z$ .
- 2.b Der vereinbarte Wert ihres Nichtauslösestroms  $I_{nf}$ , nämlich der Strom, der durch die Einrichtung fließt, ohne ihre Ausschaltung zu bewirken, überschreitet nicht das 1,15-fache der Strombelastbarkeit  $I_z$ .

In der Praxis entspricht  $I_f$  dem Ansprechstrom in der konventionellen Zeit für Leitungsschutzschalter und dem Schmelzstrom in der konventionellen Zeit für gL Sicherungen.

#### **Unterabschnitt 4.4.4.3 - Befreiungen**

Einrichtungen, die eine elektrische Leitung gegen Überlast schützen, dürfen jedoch im Verlauf dieser elektrischen Leitung installiert werden, wenn der Teil der elektrischen Leitung, der sich zwischen einerseits der Änderung in Bezug auf Querschnitt, Art, Verlegeart oder Beschaffenheit und andererseits der Schutzeinrichtung befindet, folgende Bedingungen erfüllt:

- Der Teil der elektrischen Leitung enthält weder Abzweigungen noch Steckvorrichtungen.
- Wenn die Länge der elektrischen Leitung höchstens 3 m beträgt, ist sie so verlegt, dass das Risiko eines Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert ist, und befindet sie sich nicht in der Nähe von brennbaren Stoffen; wenn die Länge 3 m überschreitet, ist sie gegen Kurzschlüsse geschützt.

Mit Ausnahme von Anlagen, die sich in Räumlichkeiten oder Bereichen mit äußeren Einflüssen BE2 oder BE3 oder CA2 befinden, ist es erlaubt, neben den in *Unterabschnitt 5.2.4.2* erwähnten Fällen auch in folgenden Fällen elektrischer Leitungen, die über ein TT- oder TN-Netzsystem versorgt werden, auf jeglichen Überstromschutz zu verzichten:

- Elektrische Leitungen, die einer Änderung in Bezug auf Querschnitt, Art, Verlegeart oder Beschaffenheit nachgeschaltet sind, sind durch eine vorgeschaltete Einrichtung wirksam gegen



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Überlast geschützt.

- Elektrische Leitungen können nicht von Überlastströmen durchflossen werden; sie enthalten weder Abzweigungen noch Steckvorrichtungen und sind gegen Kurzschlüsse geschützt.

In folgenden Fällen ist es ebenfalls erlaubt, auf jeglichen Überlastschutz zu verzichten:

- elektrische Leitungen, die eine elektrische Maschine oder ein elektrisches Verbrauchsgerät mit eingebauter Überlast-Schutzeinrichtung versorgen, sofern diese für die elektrische Leitung geeignet ist,
- elektrische Leitungen, die eine fest angeschlossene elektrische Maschine oder ein fest angeschlossenes elektrisches Verbrauchsgerät versorgen, die/das keine Überlast verursachen kann und nicht gegen Überlast geschützt ist, deren/dessen vorgesehener Betriebsstrom aber die Strombelastbarkeit in der elektrischen Leitung nicht überschreitet, wie es bei bestimmten Heizgeräten oder Motoren, bei denen der Strom bei festgebremstem Läufer die Strombelastbarkeit in der elektrischen Leitung nicht überschreitet, der Fall ist,
- elektrische Leitungen, die mehrere Abzweigungen versorgen, die einzeln gegen Überlast geschützt sind, sofern die Summe der Nenn- oder Einstellströme der Schutzeinrichtungen der Abzweigungen kleiner ist als der Nenn- oder Einstellstrom der Einrichtung, die die betreffende elektrische Leitung gegen Überlast schützen würde,
- elektrische Leitungen, die über eine Quelle versorgt werden, deren Maximalstrom die Strombelastbarkeit in der elektrischen Leitung nicht überschreiten darf,
- elektrische Leitungen, die Beleuchtungsgeräte versorgen, wenn die Baugruppe von einem elektrischen Instandhaltungsdienst betrieben wird und der Querschnitt der elektrischen Leitung entsprechend der maximalen Gesamtleistung der Lampen und Hilfseinrichtungen, die Leuchten enthalten können, festgelegt ist.

Wenn elektrische Leitungen über ein IT-Netzsystem versorgt werden, unterliegt diese Befreiung der Bedingung, dass entweder durch Benutzung von Betriebsmitteln der Klasse II oder von Betriebsmitteln mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Betriebsmitteln der Klasse II gleichwertig ist, oder durch Errichtung der Anlage gemäß der Schutzmaßnahme "zusätzliche Isolierung bei Errichtung" (siehe *Unterabschnitt 2.4.2.2*) kein Fehler im betreffenden Stromkreis auftreten kann oder dass der Stromkreis durch eine Differenzstrom-Schutzeinrichtung wirksam geschützt ist.

#### Unterabschnitt 4.4.4.4 - Parallel angeschlossene elektrische Leitungen

Wenn mehrere elektrische Leitungen parallel angeschlossen werden, um einen Elementarstromkreis zu bilden, darf eine einzige Schutzeinrichtung eingesetzt werden, sofern alle elektrischen Leitungen dieselben Eigenschaften (Art, Verlegeart, Länge, Querschnitt) und keine Abzweigungen in ihrem Verlauf aufweisen; der Wert der Strombelastbarkeit, der bei der Wahl dieser Einrichtung zu berücksichtigen ist, ist die Summe der Strombelastbarkeit der einzelnen elektrischen Leitungen.

#### **Abschnitt 4.4.5 - Überstromschutz für Außen- und Neutralleiter in Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen**

##### Unterabschnitt 4.4.5.1 - Abschaltung des betroffenen Leiters

Überstromüberwachung ist für alle Außenleiter vorgesehen; sie bewirkt die Abschaltung des Leiters, in dem der Überstrom überwacht wird, löst aber nicht unbedingt die Abschaltung der anderen aktiven Leiter aus.

Wenn die Abschaltung eines einzelnen Außenleiters eine Gefahr darstellen kann, zum Beispiel bei Drehstrommotoren, werden entsprechende Maßnahmen getroffen.

##### Unterabschnitt 4.4.5.2 - Dreiphasige Stromkreise in TT- und TN-Systemen mit nicht verteiltem Neutralleiter

In Anlagen, die über ein TT- oder TN-Netz versorgt werden und in denen der Neutralleiter nicht verteilt ist, braucht Überstromüberwachung nicht an einem der Außenleiter vorgesehen zu sein, sofern folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- Eine Differenzstrom-Schutzeinrichtung ist vorgeschaltet oder auf der gleichen Ebene vorhanden und löst die Abschaltung aller Außenleiter aus.
- In Stromkreisen, die der in vorhergehendem Gedankenstrich erwähnten Schutzeinrichtung nachgeschaltet sind, werden keine Leiter von einem künstlichen Neutralpunkt aus verteilt.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### Unterabschnitt 4.4.5.3 - Dreiphasige Stromkreise in TT- und TN-Systemen mit verteiltem Neutralleiter

Der Schutz des Neutralleiters erfolgt gemäß folgenden Bedingungen:

- Wenn der Querschnitt dieses Neutralleiters mindestens dem Querschnitt des Außenleiters entspricht oder gleichwertig ist, ist es nicht erforderlich, Überstromüberwachung oder eine Abschaltvorrichtung am Neutralleiter vorzusehen.
- Wenn der Querschnitt des Neutralleiters kleiner ist als der Querschnitt der Außenleiter oder diesem nicht mindestens gleichwertig ist, ist eine dem Querschnitt dieses Leiters entsprechende Überstromüberwachung am Neutralleiter vorzusehen: Diese Überwachung löst die Abschaltung der Außenleiter, aber nicht unbedingt die Abschaltung des Neutralleiters aus; in diesem Fall ist es jedoch zulässig, keine Überstromüberwachung am Neutralleiter vorzusehen, wenn die beiden folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:
  - Der Neutralleiter ist durch die Schutzvorrichtung der Außenleiter des Stromkreises gegen Kurzschlüsse geschützt.
  - Der Maximalstrom, der durch den Neutralleiter fließen kann, ist bei bestimmungsgemäßem Betrieb kleiner als der Wert der Strombelastbarkeit in diesem Leiter.

#### Unterabschnitt 4.4.5.4 - IT-System mit verteiltem Neutralleiter

In Anlagen, die über ein IT-Netz versorgt werden, ist der Neutralleiter im Prinzip nicht verteilt. Ist die Verteilung des Neutralleiters jedoch aus betrieblichen Gründen erforderlich, ist am Neutralleiter eines jeden Stromkreises eine Überstromüberwachung vorzusehen, die die Abschaltung aller aktiven Leiter des entsprechenden Stromkreises, einschließlich des Neutralleiters, auslösen muss.

Diese Vorkehrung ist nicht erforderlich:

- entweder wenn der betreffende Stromkreis durch eine Differenzstrom-Schutzvorrichtung geschützt ist, deren Differenzstrom höchstens dem 0,15-fachen der Strombelastbarkeit im entsprechenden Neutralleiter entspricht, wobei diese Einrichtung die Abschaltung aller aktiven Leiter des entsprechenden Stromkreises, einschließlich des Neutralleiters, auslösen muss,
- oder wenn der Neutralleiter vorgeschaltet gegen Kurzschlüsse geschützt ist.

#### Unterabschnitt 4.4.5.5 - PEN-Leiter

Wenn der Neutralleiter gleichzeitig als Schutzleiter dient, darf er nicht abgeschaltet werden.

#### Unterabschnitt 4.4.5.6 - Reihenfolge, in der die Außenleiter und der Neutralleiter abgeschaltet werden

Wenn die Abschaltung des Neutralleiters vorgeschrieben ist, gewährleisten die Abschaltung und das Schließen des Leiters, dass der Neutralleiter gleichzeitig mit oder nach den Außenleitern abgeschaltet und gleichzeitig mit oder vor den Außenleitern geschlossen wird.

### Abschnitt 4.4.6 - Überlastschutz bei Hochspannung

#### Unterabschnitt 4.4.6.1 - Grundsatz

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

#### Unterabschnitt 4.4.6.2 - Ausnahmen

Es ist zulässig, eine solche Schutzvorrichtung 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,
- bei Transformatoren mit einer maximalen Leistung von 400 kVA, die von Stromversorgern betrieben werden und an Orten installiert sind, an denen keine für Personen oder Güter gefährliche Erwärmung zu befürchten ist.

In Anlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie ist es auch zulässig, eine solche Schutzvorrichtung nicht zu installieren, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Diese Anlagen werden ständig überwacht.
- Überlastungen werden unverzüglich dem Betriebspersonal gemeldet.
- Das Betriebspersonal ist ausreichend qualifiziert und ausgebildet, um angemessene Maßnahmen zur

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Vermeidung von Schäden an der Anlage zu treffen.

- Es steht genügend Zeit zur Verfügung, um die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit Überlastungen vermindert werden können oder auf die normale Betriebsbelastung gebracht werden können.

### KAPITEL 4.5 - Überspannungsschutz

#### *Abschnitt 4.5.1 - Allgemeiner Grundsatz*

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.

#### *Abschnitt 4.5.2 - Nieder- und Kleinspannung*

##### **Unterabschnitt 4.5.2.1 - Vorsichtsmaßnahmen bei Installation**

Elektrische Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen werden so errichtet, dass die dielektrische Beanspruchung, der sie normalerweise ausgesetzt werden können, begrenzt ist, um Fehlerströme zu vermeiden.

##### **Unterabschnitt 4.5.2.2 - Überspannungsbegrenzungseinrichtungen in IT-Systemen**

In IT-Anlagen wird falls erforderlich eine Überspannungsbegrenzungseinrichtung an den Speisepunkt der Anlage zwischen dem Erder der Anlage und entweder dem Neutralleiter oder einem Außenleiter angeschlossen.

##### **Unterabschnitt 4.5.2.3 - Gemeinsame Elektroinstallationsrohre für Energie- und Telekommunikationsleiter**

Es ist verboten, Energie- und Telekommunikationsleiter ohne Zwischenstellung eines Schirms nebeneinander zu verlegen, es sei denn, beide bestehen aus Kabeln. Diese Anforderung gilt nicht für Telekommunikationsleiter, wenn sie elektrische Betriebsmittel in elektrischen Betriebsstätten oder an gewöhnlichen, der Öffentlichkeit nicht zugänglichen Orten verbinden.

### 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Der für Energie zuständige Minister kann durch Erlass Folgendes festlegen:

- Maßnahmen zur Begrenzung der direkten oder indirekten Auswirkungen elektrischer und magnetischer Felder, die durch Leitungen zur Übertragung und Verteilung elektrischer Energie erzeugt werden, auf Menschen und Haustiere und auf elektrische und/oder elektronische Ausrüstungen und Geräte,
- Methoden zur Messung elektrischer und magnetischer Felder,
- Bedingungen, die elektrische und magnetische Geräte erfüllen müssen, und deren Kalibrierungsverfahren,
- Bedingungen, die Softwares, die für die vorläufige Berechnung der Werte elektrischer und magnetischer Felder benutzt werden, erfüllen müssen, und Verfahren für ihre Zulassung.

Der Wert des durch eine Anlage für die Übertragung oder Verteilung elektrischer Energie erzeugten elektrischen Felds bei bestimmungsgemäßem Betrieb muss unter den in *Tabelle 4.10* aufgeführten Werten bleiben, die in einem Abstand von 1,5 m vom Boden oder von Wohnungen gemessen werden.

*Tabelle 4.10 - Höchstwert des ungestörten elektrischen Felds*

Standort	Höchstwert
In Wohngebieten oder Gebieten, die in Sektorplänen für Wohnzwecke bestimmt sind	5 kV/m
Bei überspannten Straßen	7kV/m
In anderen Bereichen	10 kV/m

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 Lampenbruch oder 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.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**


---

## Teil 5 - Wahl und Einsatz von Betriebsmitteln

<b>KAPITEL 5.1 - GEMEINSAME REGELN FÜR ALLE BETRIEBSMITTEL .....</b>	<b>104</b>
<b>Abschnitt 5.1.1 - Allgemeines.....</b>	<b>104</b>
Unterabschnitt 5.1.1.1 - Sicherheitsziele .....	104
Unterabschnitt 5.1.1.2 - Allgemeines über Brandverhütungsmaßnahmen.....	104
<b>Abschnitt 5.1.2 - Anwendungsbereich .....</b>	<b>104</b>
<b>Abschnitt 5.1.3 - Konformität mit den Normen.....</b>	<b>104</b>
Unterabschnitt 5.1.3.1 - Allgemeines .....	104
Unterabschnitt 5.1.3.2 - Ausnahme für Hochspannungsbetriebsmittel .....	104
Unterabschnitt 5.1.3.3 - Differenzstrom-Schutzeinrichtungen bei Niederspannung...	105
<b>Abschnitt 5.1.4 - Wahl und Benutzung je nach äußeren Einflüssen.....</b>	<b>105</b>
<b>Abschnitt 5.1.5 - Zugänglichkeit von elektrischen Betriebsmitteln .....</b>	<b>105</b>
Unterabschnitt 5.1.5.1 - Elektrische Maschinen und Geräte.....	105
Unterabschnitt 5.1.5.2 - Elektrische Leitungen .....	105
<b>Abschnitt 5.1.6 - Kennzeichnung .....</b>	<b>105</b>
Unterabschnitt 5.1.6.1 - Identifizierung elektrischer Maschinen und Geräte .....	105
Unterabschnitt 5.1.6.2 - Farbcode isolierter Leiter bei Nieder- und Kleinspannung ..	105
<b>KAPITEL 5.2 - ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR LEITUNGEN.....</b>	<b>106</b>
<b>Abschnitt 5.2.1 - Allgemeines.....</b>	<b>106</b>
Unterabschnitt 5.2.1.1 - Nieder- und Kleinspannung .....	106
Unterabschnitt 5.2.1.2 - Hochspannung .....	108
<b>Abschnitt 5.2.2 - Verlegearten .....</b>	<b>108</b>
Unterabschnitt 5.2.2.1 - Verlegearten für alle Spannungsbereiche .....	108
Unterabschnitt 5.2.2.2 - Verlegearten bei Niederspannung .....	109
Unterabschnitt 5.2.2.3 - Verlegearten bei Kleinspannung .....	113
Unterabschnitt 5.2.2.4 - Verlegearten bei Sicherheitskleinspannung .....	113
Unterabschnitt 5.2.2.5 - Verlegearten bei Hochspannung .....	113
Unterabschnitt 5.2.2.6 - Zusätzliche Verlegearten.....	116
<b>Abschnitt 5.2.3 - Wahl und Benutzung von Leitungen je nach äußeren Einflüssen .....</b>	<b>116</b>
Unterabschnitt 5.2.3.1 - Umgebungstemperatur (AA) .....	116
Unterabschnitt 5.2.3.2 - Auftreten von Wasser (AD) .....	116
Unterabschnitt 5.2.3.3 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF).....	116
Unterabschnitt 5.2.3.4 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG) .....	117
Unterabschnitt 5.2.3.5 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH) .....	117
Unterabschnitt 5.2.3.6 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL) .....	117
Unterabschnitt 5.2.3.7 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM) und Sonnenstrahlung (AN) .....	117
Unterabschnitt 5.2.3.8 - Schutz gegen elektrischen Schlag (BB und BC) .....	117
Unterabschnitt 5.2.3.9 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE), der Baustoffe (CA) und der Gebäudestruktur (CB).....	117
<b>Abschnitt 5.2.4 - Strombelastbarkeit - Überstromschutz - Leiterquerschnitt .....</b>	<b>117</b>
Unterabschnitt 5.2.4.1 - Allgemeines.....	117
Unterabschnitt 5.2.4.2 - Anwendungsbereich .....	117
Unterabschnitt 5.2.4.3 - Schutz von blanken Leitern, die nicht zu Freileitungen gehören .....	118
<b>Abschnitt 5.2.5 - Spannungsänderung .....</b>	<b>118</b>
<b>Abschnitt 5.2.6 - Verbindungen bei Nieder- und Kleinspannung .....</b>	<b>118</b>
Unterabschnitt 5.2.6.1 - Allgemeines .....	118
Unterabschnitt 5.2.6.2 - Anschluss von Geräten an Anlagen .....	119
<b>Abschnitt 5.2.7 - Verbindungen bei Hochspannung.....</b>	<b>120</b>

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

<b>Abschnitt 5.2.8 - Wahl und Gebrauch zur Begrenzung der Brandausbreitung</b> .....	120
Unterabschnitt 5.2.8.1 - Bei Niederspannung .....	120
Unterabschnitt 5.2.8.2 - Hochspannung .....	121
<b>Abschnitt 5.2.9 - Vorhandensein anderer Leitungen</b> .....	122
Unterabschnitt 5.2.9.1 - Allgemeines .....	122
Unterabschnitt 5.2.9.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	122
<b>Abschnitt 5.2.10 - Besondere Regeln für verschiedene Verlegearten</b> .....	123
Unterabschnitt 5.2.10.1 - Freileitungen .....	123
Unterabschnitt 5.2.10.2 - Unterirdische elektrische Leitungen .....	123
Unterabschnitt 5.2.10.3 - Elektroinstallationsrohre aus magnetischem Metall bei Hochspannung .....	125
Unterabschnitt 5.2.10.4 - Besondere Regeln bei Nieder- und Kleinspannung .....	125
<b>KAPITEL 5.3 - ELEKTRISCHE SCHALTGERÄTE (SCHUTZ, STEUERUNG, TRENNUNG UND ÜBERWACHUNG)</b> .....	131
<b>Abschnitt 5.3.1 - Allgemeines</b> .....	131
<b>Abschnitt 5.3.2 - Wahl und Einsatz von elektrischen Maschinen und Geräten je nach         äußeren Einflüssen</b> .....	131
Unterabschnitt 5.3.2.1 - Umgebungstemperatur (AA) .....	131
Unterabschnitt 5.3.2.2 - Auftreten von Wasser (AD) .....	132
Unterabschnitt 5.3.2.3 - Auftreten von festen Fremdkörpern (AE).....	132
Unterabschnitt 5.3.2.4 - Auftreten von korrosiven oder verunreinigenden Substanzen (AF) .....	132
Unterabschnitt 5.3.2.5 - Mechanische Beanspruchung durch Schläge (AG) .....	133
Unterabschnitt 5.3.2.6 - Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen (AH) .....	133
Unterabschnitt 5.3.2.7 - Auftreten von Pflanzen und/oder Schimmel (AK) und Anwesenheit von Tieren (AL) .....	133
Unterabschnitt 5.3.2.8 - Elektromagnetische, elektrostatische oder ionisierende Einflüsse (AM) und Sonnenstrahlung (AN) .....	133
Unterabschnitt 5.3.2.9 - Fähigkeiten von Personen (BA) .....	134
Unterabschnitt 5.3.2.10 - Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers (BB)...	134
Unterabschnitt 5.3.2.11 - Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC) .....	134
Unterabschnitt 5.3.2.12 - Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe (BE).....	134
Unterabschnitt 5.3.2.13 - Baustoffe (CA) .....	134
Unterabschnitt 5.3.2.14 - Gebäudestruktur (CB) .....	135
<b>Abschnitt 5.3.3 - Arten der Steuerung und Abschaltung</b> .....	135
Unterabschnitt 5.3.3.1 - Sicherheitsabschaltung .....	135
Unterabschnitt 5.3.3.2 - Erdung bei Hochspannung .....	139
Unterabschnitt 5.3.3.3 - Betriebsmäßige Schaltung .....	139
Unterabschnitt 5.3.3.4 - Gleichzeitige Funktionen .....	140
Unterabschnitt 5.3.3.5 - Vorschriften für Steckdosen bei Nieder- und Kleinspannung	140
Unterabschnitt 5.3.3.6 - Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen für Leitungsschutzschalter und Differenzstrom-Schutzeinrichtungen (Nieder- und Kleinspannung) .....	140
Unterabschnitt 5.3.3.7 - Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen für Überstrom-Schutzeinrichtungen (Hochspannung) .....	141
<b>Abschnitt 5.3.4 - Verbrauchsgeräte, die über Nieder- und Kleinspannung versorgt         werden</b> .....	142
Unterabschnitt 5.3.4.1 - Beleuchtungsgeräte .....	142
Unterabschnitt 5.3.4.2 - Heizgeräte .....	143
Unterabschnitt 5.3.4.3 - Leitungsroller.....	144
Unterabschnitt 5.3.4.4 - Verlängerungsschnüre .....	144
Unterabschnitt 5.3.4.5 - Motorbetriebene handgehaltene Werkzeuge .....	144
<b>Abschnitt 5.3.5 - Betriebsmittel für Anlagen bei Nieder- und Kleinspannung</b> .....	144
Unterabschnitt 5.3.5.1 - Verteiler- und Schaltgerätekombinationen .....	144

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Unterabschnitt 5.3.5.2 - Steckdosen .....	144
Unterabschnitt 5.3.5.3 - Differenzstrom-Schutzeinrichtungen .....	145
Unterabschnitt 5.3.5.4 - Schalter und andere Bediengeräte .....	146
Unterabschnitt 5.3.5.5 - Sicherungen und Leitungsschutzschalter .....	147
<b>Abschnitt 5.3.6 - Schaltgerätekombinationen bei Niederspannung .....</b>	<b>149</b>
Unterabschnitt 5.3.6.1 - Allgemeine Vorschriften .....	149
Unterabschnitt 5.3.6.2 - Steuerungs- und Verteilungseinrichtungen .....	149
<b>Abschnitt 5.3.7 - Messkreise .....</b>	<b>150</b>
Unterabschnitt 5.3.7.1 - Allgemeines .....	150
Unterabschnitt 5.3.7.2 - Erdung von Hochspannungsmesskreisen .....	150
Unterabschnitt 5.3.7.3 - Hochspannungsmesskreise .....	150
Unterabschnitt 5.3.7.4 - Strommesskreise .....	150
<b>KAPITEL 5.4 - ERDUNG, SCHUTZLEITER UND POTENTIALAUSGLEICHVERBINDUNGEN BEI NIEDER- UND KLEINSPANNUNG .....</b>	<b>151</b>
<b>Abschnitt 5.4.1 - Allgemeines.....</b>	<b>151</b>
<b>Abschnitt 5.4.2 - Erdungsanlagen .....</b>	<b>151</b>
Unterabschnitt 5.4.2.1 - Erder .....	151
Unterabschnitt 5.4.2.2 - Erdungsleiter .....	151
<b>Abschnitt 5.4.3 - Schutzleiter .....</b>	<b>151</b>
Unterabschnitt 5.4.3.1 - Art der Leiter .....	151
Unterabschnitt 5.4.3.2 - Mindestquerschnitt von Leitern .....	152
Unterabschnitt 5.4.3.3 - Kennzeichnung von Leitern .....	153
Unterabschnitt 5.4.3.4 - Installation von Leitern .....	153
Unterabschnitt 5.4.3.5 - Elektrische Durchgängigkeit .....	153
Unterabschnitt 5.4.3.6 - Anschluss von Leitern an elektrische Betriebsmittel .....	153
<b>Abschnitt 5.4.4 - Potentialausgleichsverbindungen .....</b>	<b>153</b>
Unterabschnitt 5.4.4.1 - Hauptpotentialausgleichsverbindungen.....	153
Unterabschnitt 5.4.4.2 - Zusätzliche Potentialausgleichsverbindungen .....	153
<b>KAPITEL 5.5 - ERDUNG, SCHUTZLEITER UND POTENTIALAUSGLEICHVERBINDUNGEN BEI HOCHSPANNUNG .....</b>	<b>154</b>
<b>Abschnitt 5.5.1 - Allgemeine Anforderungen .....</b>	<b>154</b>
Unterabschnitt 5.5.1.1 - Allgemeines .....	154
Unterabschnitt 5.5.1.2 - Widerstand gegen mechanische und chemische Einflüsse ...	154
Unterabschnitt 5.5.1.3 - Widerstand gegen die thermische Wirkung von Fehlerströmen .....	154
<b>Abschnitt 5.5.2 - Erstellung von Erdern .....</b>	<b>157</b>
Unterabschnitt 5.5.2.1 - Allgemeines .....	157
Unterabschnitt 5.5.2.2 - Eigenschaften .....	158
Unterabschnitt 5.5.2.3 - Gesamterdung .....	159
<b>Abschnitt 5.5.3 - Erstellung von Schutzleitern .....</b>	<b>160</b>
Unterabschnitt 5.5.3.1 - Art der Leiter .....	160
Unterabschnitt 5.5.3.2 - Mindestquerschnitt von Leitern .....	160
Unterabschnitt 5.5.3.3 - Installation von Leitern .....	160
Unterabschnitt 5.5.3.4 - Kennzeichnung von Leitern .....	161
Unterabschnitt 5.5.3.5 - Anschluss von Leitern an elektrische Betriebsmittel .....	161
<b>KAPITEL 5.6 - SICHERHEITSANLAGEN (NIEDER- UND KLEINSPANNUNG) .....</b>	<b>161</b>
<b>Abschnitt 5.6.1 - Allgemeines.....</b>	<b>161</b>
<b>Abschnitt 5.6.2 - Ziele .....</b>	<b>162</b>
<b>Abschnitt 5.6.3 - Bestimmung von Sicherheitsanlagen.....</b>	<b>162</b>
<b>Abschnitt 5.6.4 - Bestimmung der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion von     Sicherheitsverbrauchern .....</b>	<b>162</b>
<b>Abschnitt 5.6.5 - Maßnahmen bei Ausfall der normalen Quelle .....</b>	<b>162</b>

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Unterabschnitt 5.6.5.1 - Sicherheitsverbraucher mit integrierter Sicherheitsquelle .	162
Unterabschnitt 5.6.5.2 - Sicherheitsverbraucher mit nicht integrierter Sicherheitsquelle .....	163
<b>Abschnitt 5.6.6 - Maßnahmen bei Feuer .....</b>	<b>164</b>
Unterabschnitt 5.6.6.1 - Allgemeines .....	164
Unterabschnitt 5.6.6.2 - Nicht integrierte Sicherheitsquellen .....	164
Unterabschnitt 5.6.6.3 - Verteiler- und Schaltgerätekombinationen von Sicherheitsstromkreisen (in vorliegendem Buch als Sicherheitsverteiler bezeichnet) .....	164
Unterabschnitt 5.6.6.4 - Elektrische Leitungen von Sicherheitsstromkreisen .....	165
<b>Abschnitt 5.6.7 - Maßnahmen bei elektrischen Fehlern .....</b>	<b>166</b>
Unterabschnitt 5.6.7.1 - Allgemeines .....	166
Unterabschnitt 5.6.7.2 - Allgemeine Schutzmaßnahmen für Sicherheitsstromkreise .	166
Unterabschnitt 5.6.7.3 - Überlastschutz in Sicherheitsstromkreisen .....	167
Unterabschnitt 5.6.7.4 - Schutz gegen Kurzschlüsse in Sicherheitsstromkreisen .....	167
Unterabschnitt 5.6.7.5 - Schutz gegen Erdschlüsse in Sicherheitsstromkreisen .....	167
<b>Abschnitt 5.6.8 - Besondere Vorschriften .....</b>	<b>168</b>
<b>KAPITEL 5.7 - KRITISCHE ANLAGEN (NIEDER- UND KLEINSPANNUNG) .....</b>	<b>169</b>
<b>Abschnitt 5.7.1 - Allgemeines .....</b>	<b>169</b>
<b>Abschnitt 5.7.2 - Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>169</b>
Unterabschnitt 5.7.2.1 - Allgemeines .....	169
Unterabschnitt 5.7.2.2 - Ausfall der normalen Quelle .....	170
Unterabschnitt 5.7.2.3 - Feuer .....	170
Unterabschnitt 5.7.2.4 - Elektrische Fehler .....	171
Unterabschnitt 5.7.2.5 - Besondere Vorschriften .....	172



**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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 Kleinspannungsbetriebsmittel,
- elektrische Niederspannungsbetriebsmittel,
- elektrische Hochspannungsbetriebsmittel.

**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 - für elektrische Hochspannungsbetriebsmittel - 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 für Hochspannungsbetriebsmittel**

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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Unterabschnitt 5.1.3.3 - Differenzstrom-Schutzeinrichtungen bei Niederspannung**

Differenzstrom-Schutzeinrichtungen entsprechen entweder den Bestimmungen der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen oder den von den für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Ministern, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass festgelegten Bestimmungen bzw. den Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

**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****Unterabschnitt 5.1.6.1 - Identifizierung elektrischer Maschinen und Geräte**

Hinweise ermöglichen es, die Bestimmung elektrischer Maschinen und Geräte zu erkennen, es sei denn, eine Verwechslung ist ausgeschlossen.

**Unterabschnitt 5.1.6.2 - Farbcode isolierter Leiter bei Nieder- und Kleinspannung**

In Elektroinstallationsrohren und elektrischen Leitungen werden die anhand fester Isolierstoffe isolierten Leiter, die durch die Kombination der Farben Grün und Gelb gekennzeichnet sind, wie folgt verwendet:

- als Schutzleiter (PE geerdet oder nicht),
- als Neutralleiter, wenn sie gleichzeitig als Schutzleiter (PEN-Leiter) dienen.

Die oben erwähnte Farbkombination ist über die gesamte Länge der Leiter vorhanden.

Die Verwendung der Farben Grün und/oder Gelb und die Verwendung einer dieser Farben in einer Mehrfarbkombination ist für Isolierstoffe aktiver Leiter verboten, mit Ausnahme von Neutralleitern, die die Funktion eines Schutzleiters (PEN) einnehmen.

In Abweichung von den Vorschriften des vorhergehenden Absatzes ist es erlaubt, die Farbe Gelb oder Grün für elektrische Leiter zu verwenden, die Teil von Steuer-, Überwachungs-, Melde- und Messkreisen sind, sofern ihr Querschnitt weniger als 1,5 mm<sup>2</sup> beträgt.

Mit Ausnahme von VTLBp-Flachkabeln werden die anhand fester Isolierstoffe isolierten Leiter, die mit der Farbe Blau gekennzeichnet sind, für den Neutral- oder Mittelleiter (N) vorbehalten, bei Stromkreisen mit einem solchen Leiter.

Wenn in einem Stromkreis kein Neutralleiter vorhanden ist, kann der blaue Leiter von Mehrleiterkabeln für einen anderen Zweck verwendet werden, außer als Schutzleiter.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### KAPITEL 5.2 - Zusätzliche Regeln für Leitungen

#### Abschnitt 5.2.1 - Allgemeines

##### Unterabschnitt 5.2.1.1 - Nieder- und Kleinspannung

###### a. Identifizierungscode für elektrische Leitungen

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.

###### b. Wahl elektrischer Leitungen

Elektrische Leitungen, die nicht integraler Bestandteil einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Geräts sind, und insbesondere ihre Querschnitte sind so zu wählen, dass:

- sofern in vorliegendem Buch nicht anders angegeben, ihre Strombelastbarkeit  $I_z$ , wie in *Unterabschnitt 4.4.1.5* bestimmt, mindestens dem vorgesehenen Betriebsstrom  $I_B$  des betreffenden Stromkreises entspricht,
- die Spannungsänderung unter normalen Betriebsbedingungen mit dem sicheren Betrieb der versorgten elektrischen Maschinen oder Geräte vereinbar ist,
- elektrodynamische Beanspruchungen, die bei einem Kurzschluss auftreten können, die Sicherheit nicht beeinträchtigen,
- sie durch sonstige gemäß den Regeln des Fachs vorgesehene mechanische Beanspruchungen nicht beschädigt werden,
- der Wert der Impedanz des Stromkreises mit der Funktionsweise der in vorliegendem Buch vorgeschriebenen Schutzeinrichtungen vereinbar ist.

Die für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Minister können durch Erlass nähere Regeln für die Berechnung des Querschnitts elektrischer Leitungen festlegen.

Es ist verboten, folgende Vorrichtungen als Leiter für die gewöhnliche Übertragung von elektrischer Energie zu benutzen:

- Wasser- oder Gasleitungen,
- Metallteile eines Gebäudes,
- metallische Umhüllungen von isolierten elektrischen Leitern,
- den Heizkreislauf,
- den Boden.

Elektrische Leitungen werden je nach vorhandenen äußeren Einflüssen und Eigenschaften der Anlage (Spannung, Strom, Leistung, Kompatibilität, ...) gewählt.

Für elektrische Leitungen, die nicht integraler Bestandteil einer Maschine oder eines elektrischen Geräts sind, ist die Verwendung von isolierten Leitern mit einem Querschnitt von weniger als 2,5 mm<sup>2</sup> verboten.

Für die Leiter der in *Tabelle 5.1* aufgeführten elektrischen Leitungen sind jedoch Ausnahmen erlaubt.

*Tabelle 5.1 - Elektrische Leitungen, bei denen der Querschnitt der Leiter weniger als 2,5 mm<sup>2</sup> betragen darf*

Mindestquerschnitt (mm <sup>2</sup> )	Elektrische Leitungen
1,5	Elektrische Leitungen, die zu Stromkreisen ohne Steckdosen gehören, mit Ausnahme von einzelnen Steckdosen mit einer Nennstromstärke von 2,5 A, die in Leuchten integriert sind.
1	Elektrische Leitungen, die zu integrierten Schaltkreisen in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen gehören und eine einzelne Steckdose versorgen. Die Schutzeinrichtungen für diese elektrischen Leitungen müssen für den Querschnitt dieser elektrischen Leitungen geeignet sein.
0,75	
0,5	Elektrische Leitungen, die zu Steuer-, Überwachungs-, Melde- und Messkreisen gehören.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### c. Verlegung von Leitungen

Ein Mehrleiterkabel oder eine Gruppe von Leitern kann Stromkreise mit unterschiedlichen Spannungen enthalten unter der Bedingung, dass die Leiter entweder einzeln oder zusammen für die höchste vorhandene Spannung isoliert sind.

In diesem Fall werden gemäß den Regeln des Fachs Maßnahmen ergriffen, um zu vermeiden, dass ein galvanischer Kontakt zwischen Leitern, die zu verschiedenen Stromkreisen gehören, die Sicherheit von Personen oder die Erhaltung von Gütern gefährdet.

Einleiterkabel und isolierte Leiter, die zum selben Stromkreis gehören, werden in unmittelbarer Nähe zueinander verlegt. Diese Regel gilt auch für den entsprechenden Schutzleiter.

### d. Isolierung von Leitern

#### d.1 - Allgemeines

An gewöhnlichen Orten bestehen alle aktiven Leiter elektrischer Leitungen grundsätzlich aus Leitern, die durch eine durchgehende Beschichtung sicher und dauerhaft isoliert sind.

Andererseits entsprechen Schienenverteiler 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.

Die Verwendung von blanken aktiven Leitern ist jedoch unter Berücksichtigung der Vorschriften in Bezug auf den Teilschutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren erlaubt, entweder indem die Leiter gemäß den Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt d.1* durch Entfernung außer Reichweite gebracht werden oder anhand von Hindernissen gemäß den Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.2.1 Punkt e.1*.

#### d.2 - Spezifische Vorschriften für SELV- und PELV-Anlagen

In Anlagen im Innenbereich bestehen alle aktiven Leiter aus sicher und dauerhaft isolierten Leitern. Die Verwendung von blanken Leitern ist jedoch erlaubt:

- unter Berücksichtigung der Vorschriften von *Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe h* in Bezug auf den Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren,
- beim Einsatz von Schienenverteilern, wenn sie den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder wenn sie Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

### e. Mechanische Festigkeit - Durchführungen

Elektrische Leitungen werden so verlegt, dass sie unter Berücksichtigung der Belastungen, denen sie ausgesetzt sind, eine ausreichende mechanische Festigkeit beibehalten.

Wenn elektrische Leitungen in besonderer Weise mechanischen Beschädigungen ausgesetzt sind, sind sie bewehrt oder mit einem besonderen Schutz versehen, um sie vor solchen Beschädigungen zu schützen.

Bei Durchführungen zwischen Räumlichkeiten, in denen die Luftfeuchtigkeit sehr unterschiedlich sein kann, werden besondere Vorkehrungen getroffen, um das Eindringen von Kondenswasser in die Durchführungen zu vermeiden. Wenn die Durchführung anhand nicht abgedichteter Elektroinstallationsrohre erfolgt, werden diese zur feuchtesten Räumlichkeit hin geneigt und so angebracht, dass die Leiter frei belüftet werden.

Dieselben Vorkehrungen werden für Durchführungen getroffen, die ins Freie führen.

Durchführungen, die in eine Räumlichkeit mit äußeren Einflüssen BE2 und/oder AF4 führen, werden auf Seite dieser Räumlichkeit abgedichtet.

Bei Bodendurchführungen werden elektrische Leitungen auf Höhe des fertigen Fußbodens gegen mechanische Beschädigung und Flüssigkeiten, die auf den fertigen Fußboden gelangen können, geschützt. Wenn bei der Durchführung Leiter in Elektroinstallationsrohren verlegt werden, sind die Rohre wasserdicht und ihr oberes Ende ragt über den Fußboden hinaus, und zwar mindestens so hoch wie die Fußleisten, falls vorhanden, und mindestens 10 cm.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 5.2.1.2 - Hochspannung

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.

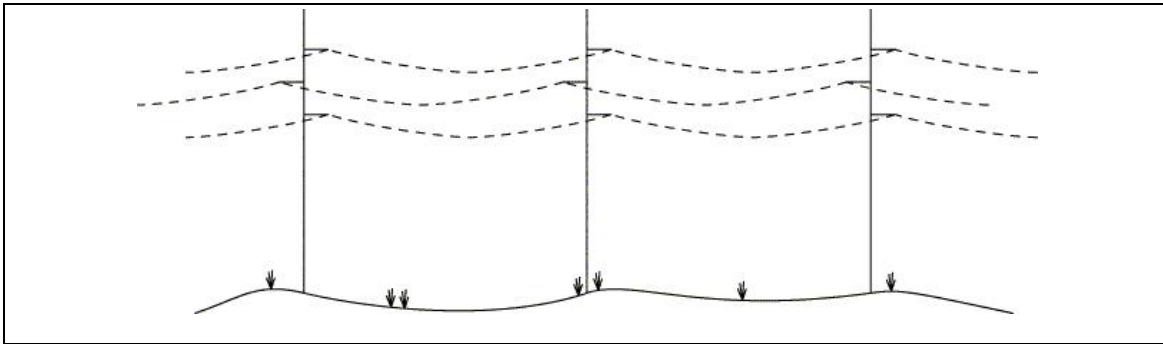
### Abschnitt 5.2.2 - Verlegearten

#### Unterabschnitt 5.2.2.1 - Verlegearten für alle Spannungsbereiche

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

##### a. als Freileitungen,

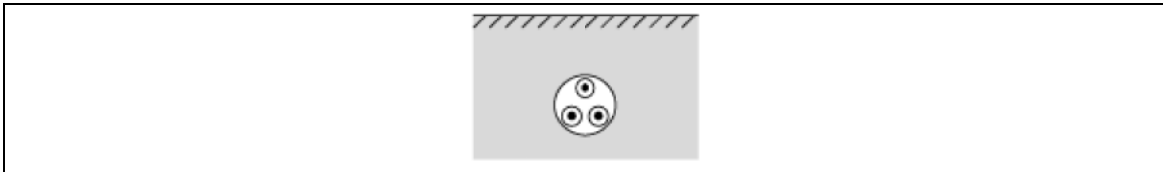
Abbildung 5.1 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Freileitungen



##### b. als unterirdische elektrische Leitungen:

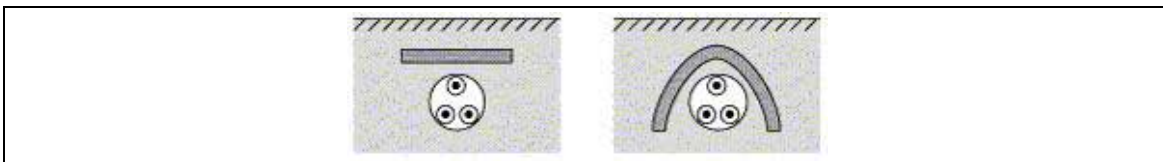
###### b.1 - Direkt erdverlegt

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



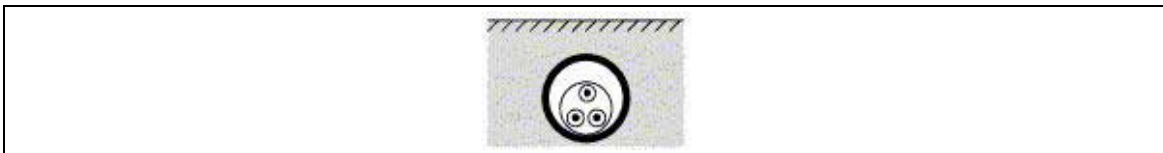
###### b.2 - Erdverlegt mit mechanischem Schutz

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



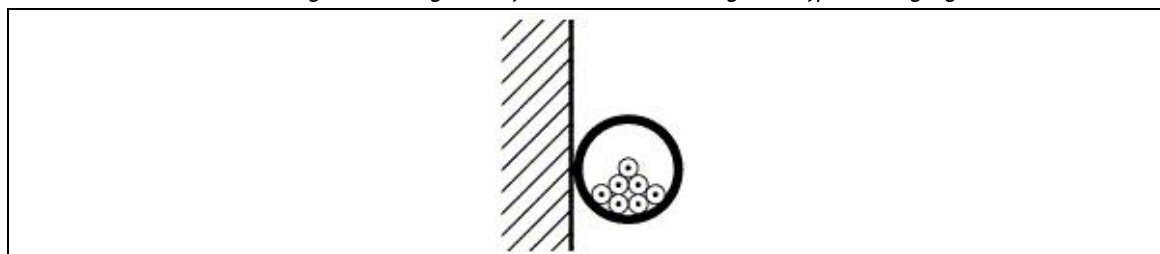
**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Unterabschnitt 5.2.2.2 - Verlegearten bei Niederspannung**

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

- a. als Fahrleitungen für Wälz- oder Gleitkontakte,
- b. auf Putz:

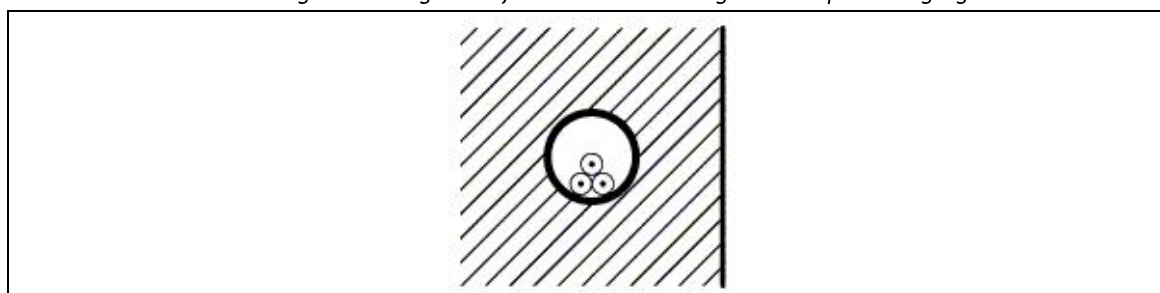
Die elektrische Leitung wird an der Wand einer Räumlichkeit oder in ihrer unmittelbaren Nähe so verlegt, dass der Abstand zwischen der elektrischen Leitung und der Wand nicht mehr als das drei Zehntel des Außendurchmessers der betreffenden elektrischen Leitung beträgt.

*Abbildung 5.5 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aufputzverlegung*



- c. unter Putz:

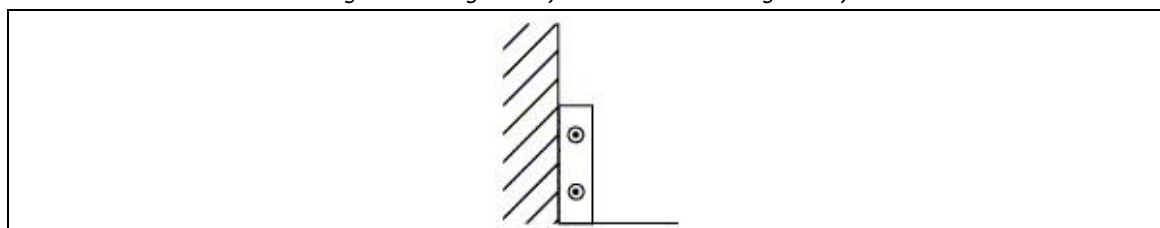
*Abbildung 5.6 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unterputzverlegung*



- d. in dafür vorgesehenen Leisten, Fußleisten und Einfassungen:

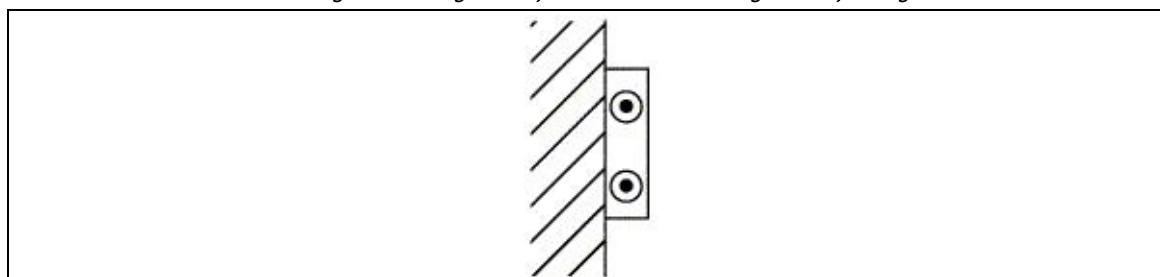
- d.1 - Fußleisten

*Abbildung 5.7 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Fußleisten*



- d.2 - Einfassungen

*Abbildung 5.8 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Einfassungen*

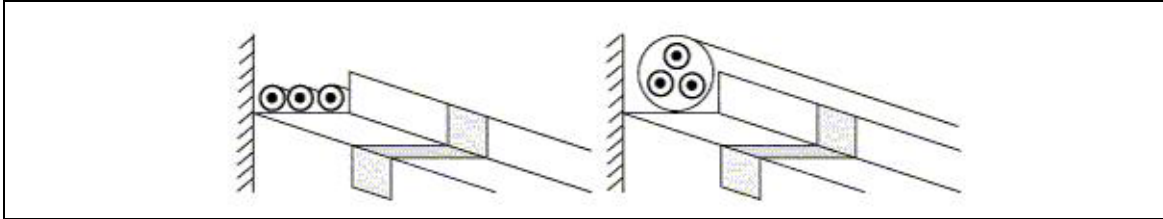


### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- e. im Freien, entweder mit Klemmen, Schellen oder anderen Befestigungsmitteln oder anhand von Kabelwannen, Kabelleitern, Kabelpritschen, Auslegern oder ähnlichen Trägern; der Abstand der elektrischen Leitung zu allen Wänden entspricht mindestens drei Zehnteln ihres Außendurchmessers:

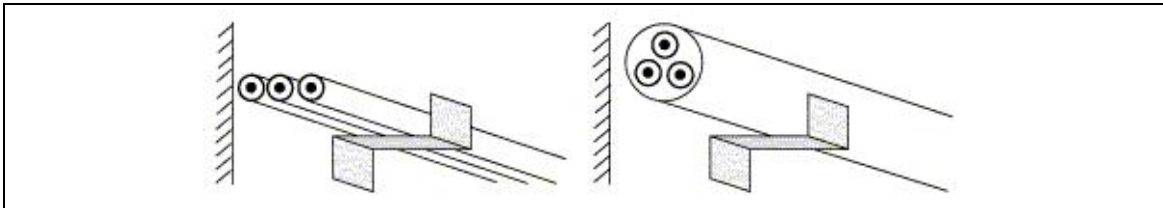
e.1 - Kabelwannen

Abbildung 5.9 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelwannen



e.2 - Ausleger

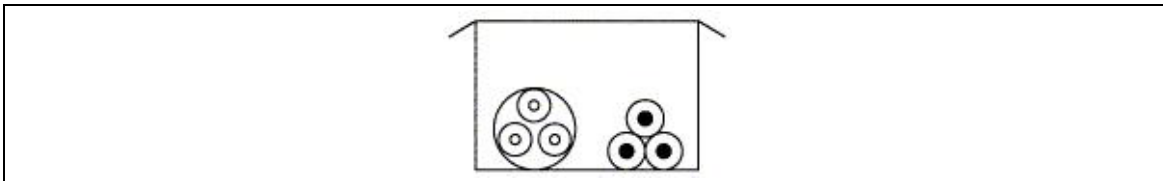
Abbildung 5.10 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Ausleger



- f. in Kabelschächten und Kabelrinnen:

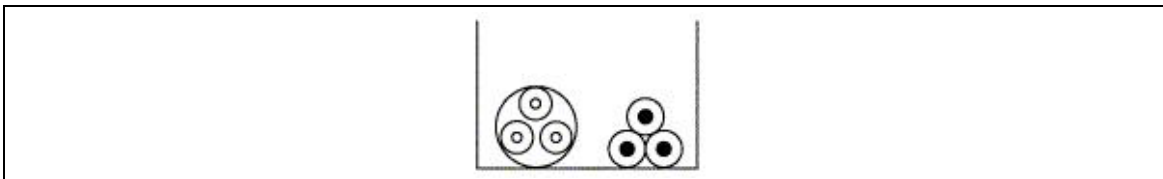
f.1 - Kabelschacht

Abbildung 5.11 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschacht



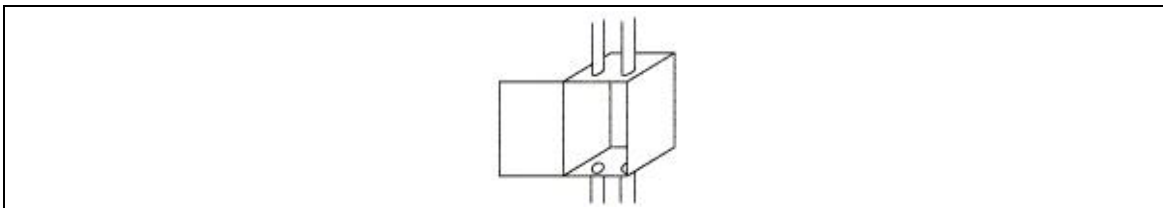
f.2 - Kabelrinne

Abbildung 5.12 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelrinne



- g. in einem Kabelschutz:

Abbildung 5.13 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschutz

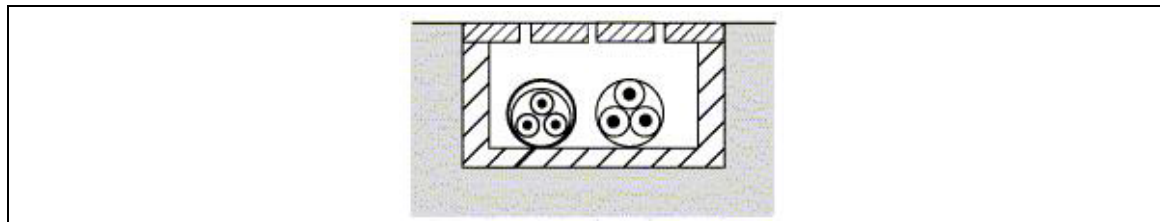


**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

**h. in offenen, geschlossenen oder sandgefüllten Kabelkanälen:**

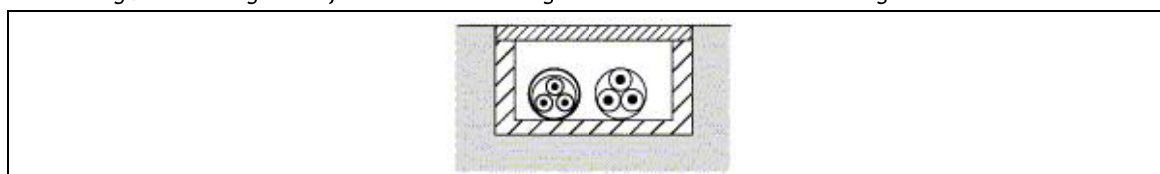
*h.1 - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen*

Abbildung 5.14 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen



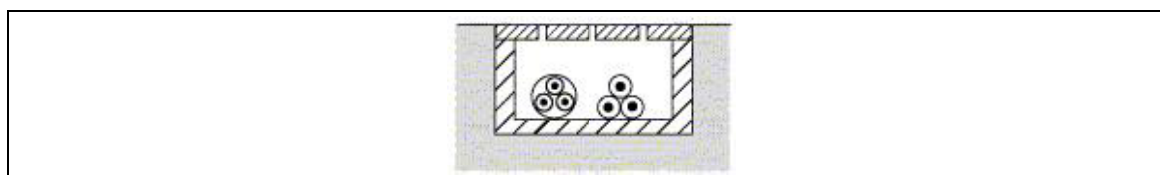
*h.2 - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen*

Abbildung 5.15 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen



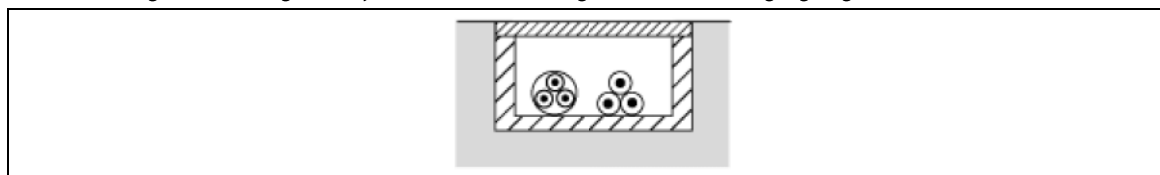
*h.3 - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen*

Abbildung 5.16 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen



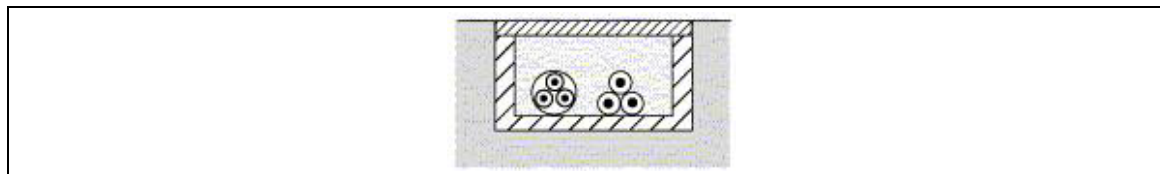
*h.4 - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen*

Abbildung 5.17 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen



*h.5 - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen*

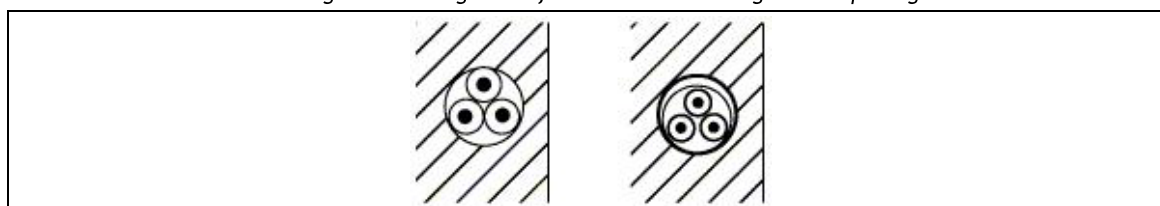
Abbildung 5.18 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen



**i. in baulichen Hohlräumen, Aussparungen und vorgefertigten Blöcken:**

*i.1 - Aussparungen*

Abbildung 5.19 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aussparungen

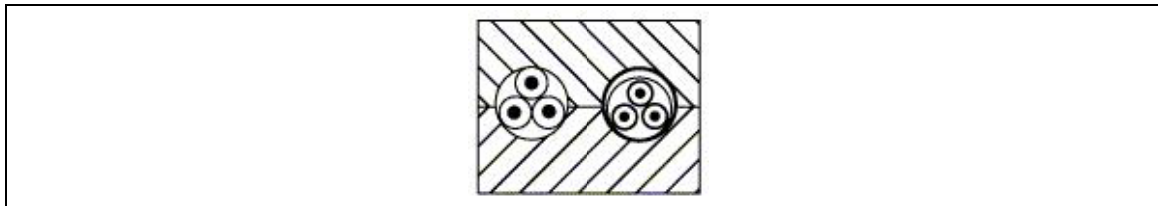




### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

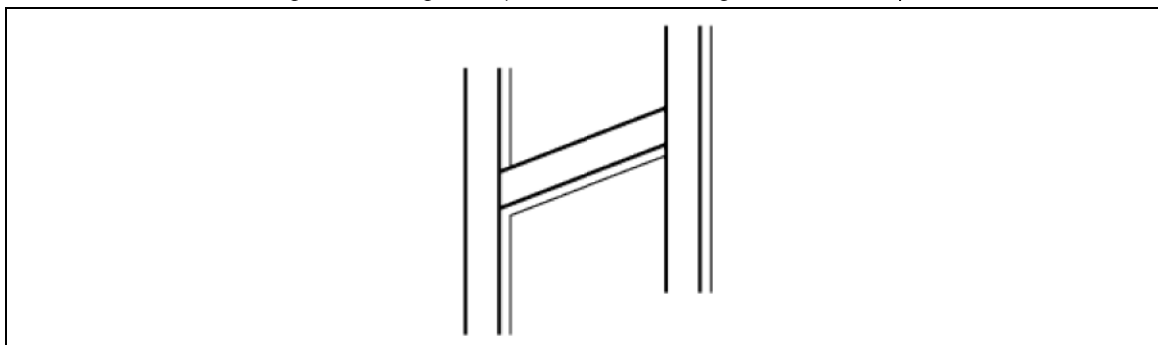
#### i.2 - Vorgefertigte Blöcke

Abbildung 5.20 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Vorgefertigte Blöcke



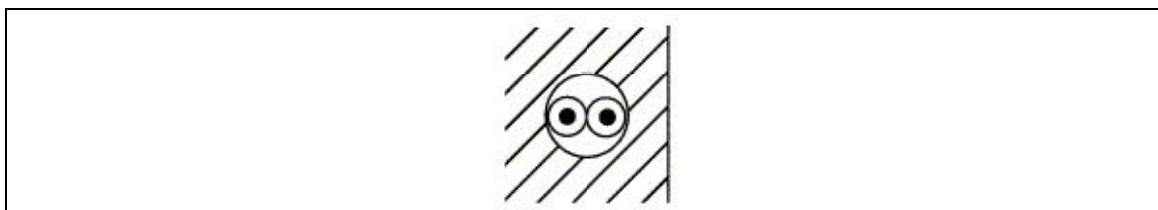
#### j. hinter Wandplatten:

Abbildung 5.21 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Hinter Wandplatten



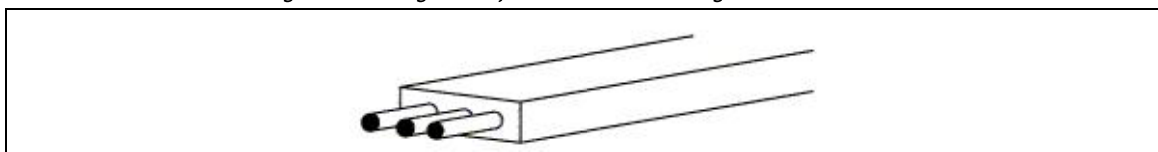
#### k. direkte Unterputzverlegung, ohne Elektroinstallationsrohre:

Abbildung 5.22 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Unterputzverlegung, ohne Elektroinstallationsrohre



#### l. in Schienenverteilern:

Abbildung 5.23 - Verlegearten für elektrische Leitungen - In Schienenverteilern



#### m. auf Isolatoren:

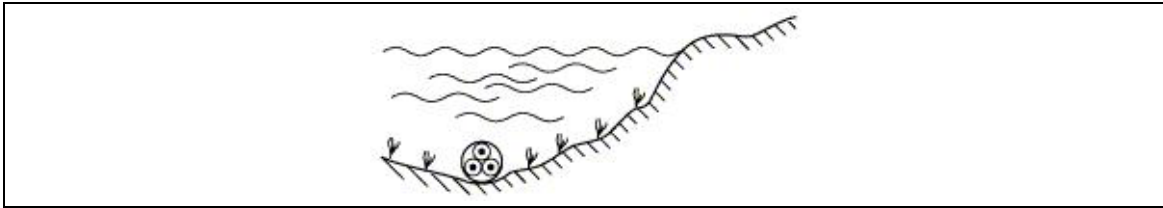
Abbildung 5.24 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Auf Isolatoren



**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

n. unter Wasser:

Abbildung 5.25 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unter Wasser



o. in Decken, Fußböden und Wänden für Heizleitungen und -flächen.

**Unterabschnitt 5.2.2.3 - Verlegearten bei Kleinspannung**

Alle Verlegearten für elektrische Niederspannungsleitungen sind für elektrische Kleinspannungsleitungen anwendbar, jedoch mit Lockerungen in Bezug auf die elektrischen und/oder mechanischen Eigenschaften, außer bei äußeren Einflüssen BE2, BE3 oder CA2.

Außerdem dürfen Leiter oder Kabel direkt im Boden verlegt werden. Die mechanischen Belastungen, denen sie ausgesetzt sein können, müssen jedoch berücksichtigt werden, da diese Belastungen aufgrund der geringen mechanischen Festigkeit der elektrischen Leitungen leicht zu deren Bruch führen können. Wenn blanke Leiter direkt im Boden verlegt sind, werden sie mit Kleinspannung versorgt, die von einem Trenntransformator geliefert wird.

**Unterabschnitt 5.2.2.4 - Verlegearten bei Sicherheitskleinspannung**

Die Verlegearten für elektrische Kleinspannungsleitungen sind für elektrische Sicherheitskleinspannungsleitungen anwendbar, mit Ausnahme der direkten Verlegung von blanken Leitern im Boden.

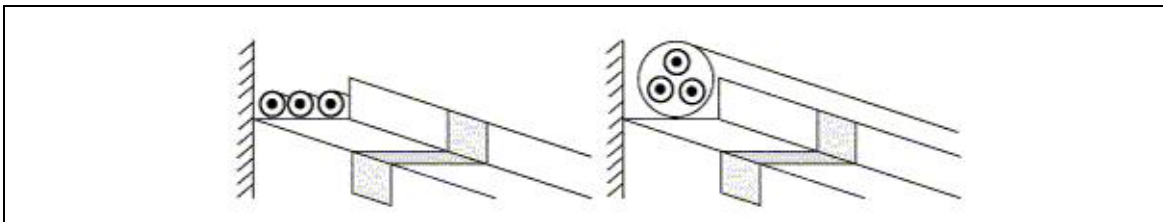
**Unterabschnitt 5.2.2.5 - Verlegearten bei Hochspannung**

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

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

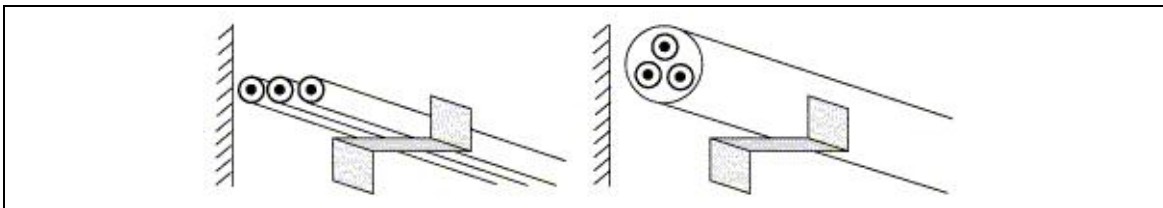
a.1 - Kabelwannen

Abbildung 5.26 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelwannen



a.2 - Ausleger

Abbildung 5.27 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Ausleger

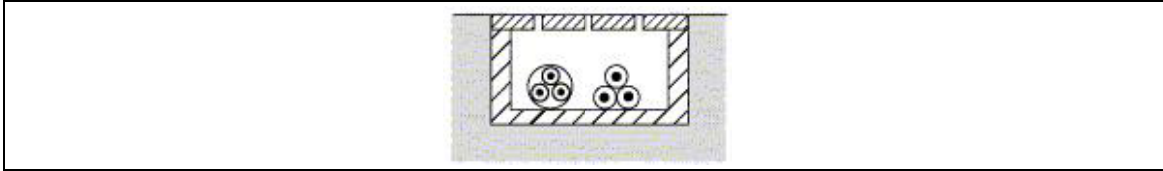


### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### b. in offenen, geschlossenen oder sandgefüllten Kabelkanälen:

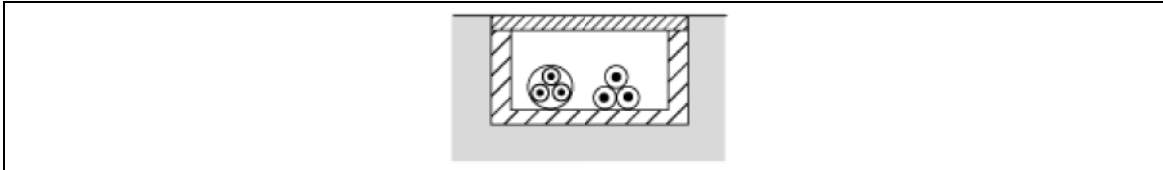
##### b.1 - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen

Abbildung 5.28 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in offenen oder belüfteten Kabelkanälen



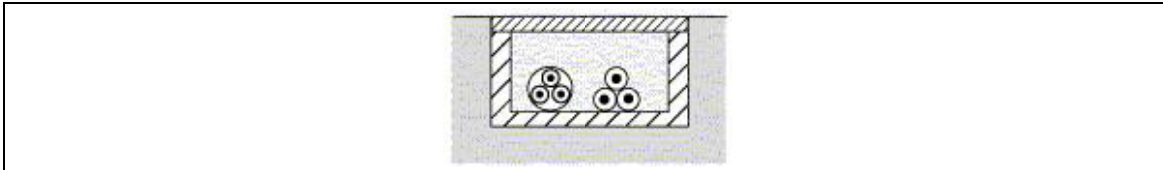
##### b.2 - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen

Abbildung 5.29 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in geschlossenen Kabelkanälen



##### b.3 - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen

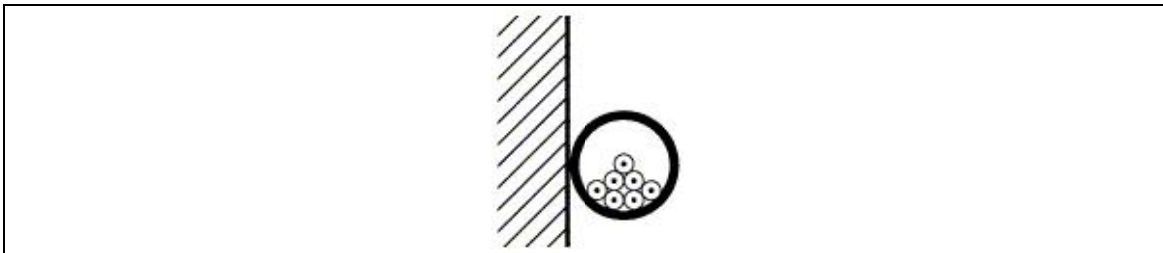
Abbildung 5.30 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Direkte Verlegung in sandgefüllten Kabelkanälen



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

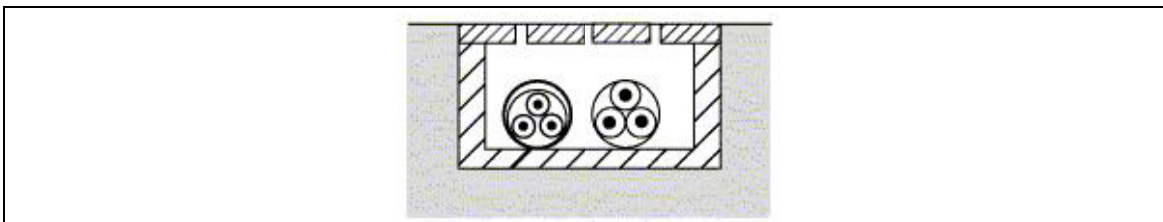
##### c.1 - In Elektroinstallationsrohren im Freien

Abbildung 5.31 - Verlegearten für elektrische Leitungen - In Elektroinstallationsrohren im Freien



##### c.2 - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen

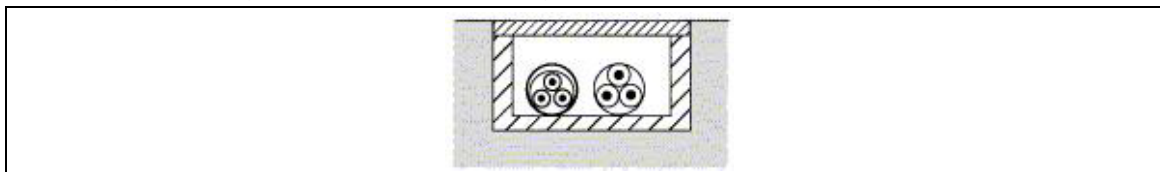
Abbildung 5.32 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in offenen oder belüfteten Kabelkanälen



**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

*c.3 - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen*

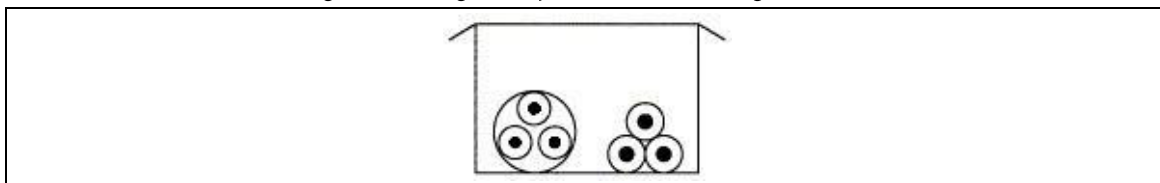
Abbildung 5.33 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Elektroinstallationsrohre in geschlossenen Kabelkanälen



**d. in Kabelschächten und Kabelrinnen:**

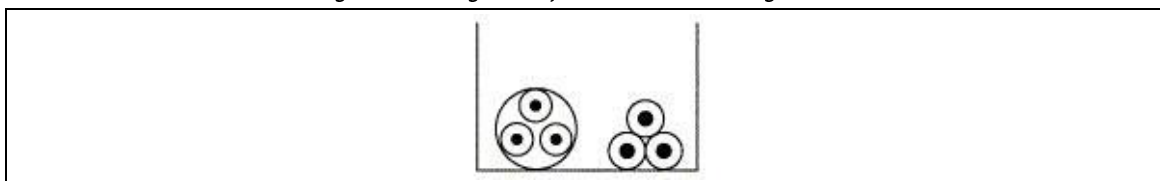
*d.1 - Kabelschacht*

Abbildung 5.34 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelschacht



*d.2 - Kabelrinne*

Abbildung 5.35 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Kabelrinne

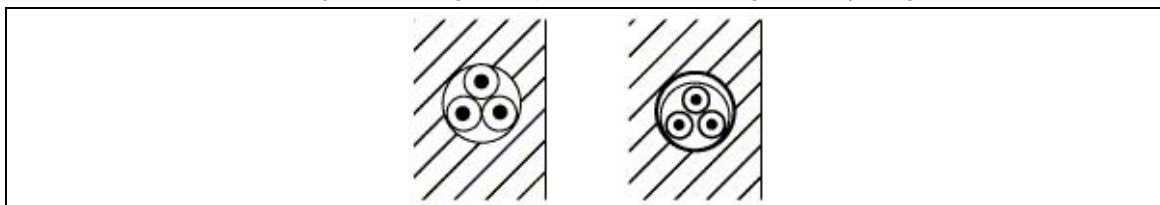


**e. in einem Kabelschutz,**

**f. in baulichen Hohlräumen:**

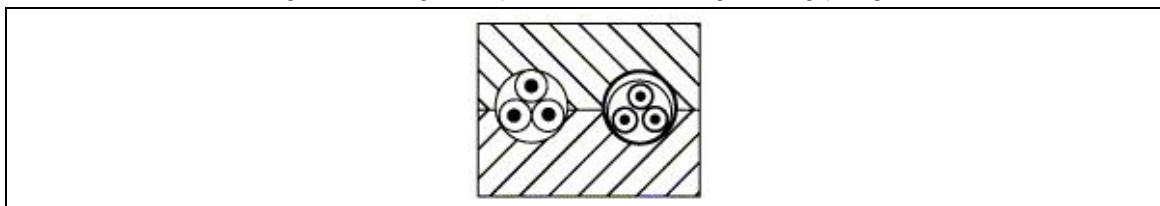
*f.1 - Aussparungen*

Abbildung 5.36 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Aussparungen



*f.2 - Vorgefertigte Blöcke*

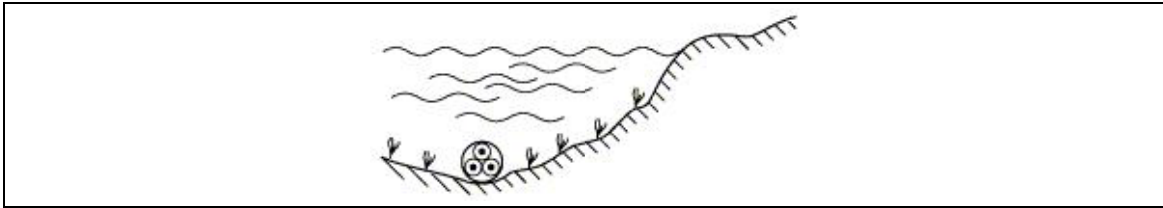
Abbildung 5.37 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Vorgefertigte Blöcke



## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

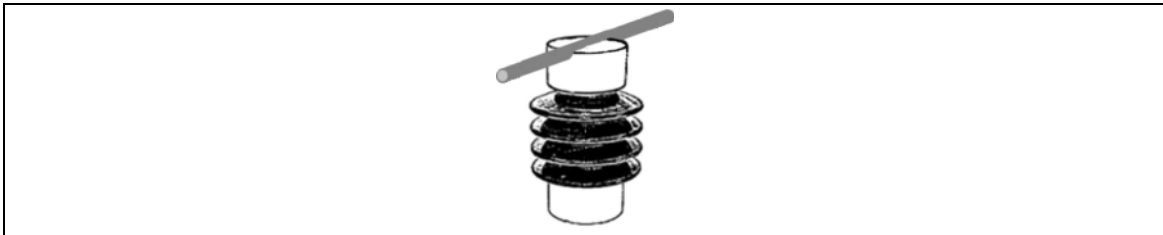
### g. unter Wasser:

Abbildung 5.38 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Unter Wasser



### h. auf Isolatoren:

Abbildung 5.39 - Verlegearten für elektrische Leitungen - Auf Isolatoren



### Unterabschnitt 5.2.2.6 - Zusätzliche Verlegearten

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  $-25^{\circ}\text{C}$  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 wenn sie 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 *Unterabschnitt 2.4.1.1 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 *5.2.8*, was Brandschutzvorkehrungen betrifft,
- in *Kapitel 7.3*, 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.

### Unterabschnitt 5.2.4.2 - Anwendungsbereich

#### a. Allgemeines

Elektrischer Schutz gegen Überstrom erfolgt bei Leitern, die sich innerhalb elektrischer Maschinen oder Geräte befinden, gemäß den diesbezüglichen Regeln des Fachs.

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

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

### b. Nieder- und Kleinspannung

Flexible elektrische Leitungen, die mobile elektrische Maschinen und Geräte direkt versorgen und die über eine Steckdose angeschlossen werden, müssen nicht gegen Überstrom geschützt werden, wenn ihre Länge und der Querschnitt ihrer Leiter den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen oder wenn sie Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

#### Unterabschnitt 5.2.4.3 - 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 bei Nieder- und Kleinspannung

#### Unterabschnitt 5.2.6.1 - Allgemeines

Verbindungen für Verbindungsstellen, Anschlüsse oder Abzweigungen werden nach den Regeln des Fachs in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, Verbindungs- oder Abzweigdosen, an Klemmen von Schaltern, Steckdosen oder in ausreichend großen Deckendosen, an denen Beleuchtungsgeräte hängen, ausgeführt.

Gehäuse für Unterputzschalter und -steckdosen sind groß genug, um die Verbindungen problemlos unterzubringen.

Verbindungs-, Abzweig- und Unterputzdosen für die Verlegung in Elektroinstallationsrohren bestehen aus Metall, feuerfestem Holz oder einem Isolierstoff, der nicht zur Flammenausbreitung beiträgt. Sie 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.

An den Enden elektrischer Leitungen und insbesondere an Stellen, an denen sie in elektrische Maschinen und Geräte eingeführt werden, ist ein durchgehender Schutz gewährleistet.

Falls erforderlich werden Anschlüsse mit Kabelverschraubungen, Verschlüssen, ... abgedichtet.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Wenn elektrische Leitungen mit einem Mantel oder einer Umhüllung versehen sind, die einen bestimmten Schutzgrad bieten, werden Kabelverschraubungen an diesem Mantel und nicht an den Leiterisolierungen angezogen. Wenn sich der Dichtungsmantel unter einer metallischen Bewehrung befindet, wird die Bewehrung vor Einführung in eine Kabelverschraubung sorgfältig abgeschnitten und durch eine geeignete, gegen innere und äußere Einflüsse beständige Einrichtung befestigt.

Kabelverschraubungen an Umhüllungen mit doppelter Isolierung bestehen aus Isolierstoff.

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

### Unterabschnitt 5.2.6.2 - Anschluss von Geräten an Anlagen

#### a. Allgemeines

Geräte können entweder direkt über fest installierte elektrische Leitungen oder über flexible elektrische Leitungen an eine Anlage angeschlossen werden.

Zu den Geräten, die über eine flexible elektrische Leitung versorgt werden, gehören mobile und handgehaltene Geräte und Geräte, für die diese Anschlussweise durch die diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen anerkannt ist oder Bestimmungen entspricht, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

In Elektroinstallationsrohren und elektrischen Leitungen werden anhand fester Isolierstoffe isolierte Leiter, die durch die Kombination der Farben Grün und Gelb gekennzeichnet sind, wie folgt verwendet:

- als Schutzleiter (PE geerdet oder nicht),
- als Neutralleiter, wenn sie gleichzeitig als Schutzleiter (PEN-Leiter) dienen.

Die oben erwähnte Farbkombination ist über die gesamte Länge der Leiter vorhanden.

Die Verwendung der Farben Grün und/oder Gelb und die Verwendung einer dieser Farben in einer Mehrfarbkombination ist für Isolierstoffe aktiver Leiter verboten, mit Ausnahme von Neutralleitern, die die Funktion eines Schutzleiters (PEN) einnehmen.

In Abweichung von den Vorschriften des vorhergehenden Absatzes ist es erlaubt, die Farbe Gelb oder Grün für elektrische Leiter zu verwenden, die Teil von Steuer-, Überwachungs-, Melde- und Messkreisen sind, sofern ihr Querschnitt weniger als 1,5 mm<sup>2</sup> beträgt.

#### b. Direkter Anschluss von Geräten an eine fest installierte elektrische Leitung

Elektrische Leitungen werden vor Beschädigungen geschützt. Außerdem werden die Anschlüsse der Leiter an den Geräten keinen Zug- und Drehkräften ausgesetzt.

An den Einführungsstellen in Geräte werden elektrische Leitungen zudem vor mechanischen Beschädigungen geschützt.

Anschlüsse von Leitern an Geräte erfolgen nach den Regeln des Fachs.

#### c. Anschluss über eine flexible elektrische Leitung

Flexible elektrische Leitungen weisen die erforderliche Anzahl Leiter auf, die elektrisch getrennt und mechanisch fest verbunden sind, einschließlich des Schutzleiters, wenn dieser erforderlich ist.

Bei der Wahl flexibler elektrischer Leitungen wird Folgendes berücksichtigt:

- Betriebsbedingungen,
- äußere Einflüsse
- und Vorschriften zum Schutz gegen indirektes Berühren.

Der Anschluss flexibler elektrischer Leitungen an fest installierte elektrische Leitungen erfolgt:

- entweder über Steckdosen
- oder über Verbindungsdosen
- oder über Gleitkontakte an Stangenstromabnehmern für die Versorgung mobiler Betriebsmittel oder Lampen.

Der Anschluss flexibler elektrischer Leitungen an Geräte erfolgt:

- entweder über flexible Kabel, die fest mit den Geräten verbunden sind,
- oder über einen Steckverbinder, der so angebracht ist, dass die aktiven Teile der Gerätesteckdose und der Steckdose nicht berührt werden können, wenn sie unter Spannung stehen.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Steckverbinder erfüllen folgende Anforderungen:

- Steckverbinder, die sich nicht an geschlossenen Orten einer elektrischen Betriebsstätte befinden, sind entweder mit einer Verriegelungseinrichtung versehen, die den Stromfluss vor Abtrennung unterbricht, oder mit einer Einrichtung versehen, bei der eine Abtrennung nur mit einem Werkzeug oder einem anderen Mittel mit gleichwertigem Sicherheitsgrad möglich ist.
- Steckverbinder im ungesteckten Zustand weisen eine Schutzart von mindestens IPXX-B (stromquellenseitig) auf.
- Die "Source"- und "Drain"-Teile eines Steckverbinders sind mit einer spezifischen Kennzeichnung der Teile des Steckverbinders und einem mechanischen System versehen, das Vertauschungen zwischen Außen-, Neutral- und Schutzleiter verhindert.

Abnehmbare Abzweigteile von Schienenverteilern mit einem Nennstrom von mindestens 16 A bei einer Nennspannung des Stromkreises über 500 V Wechselstrom und 50 V Gleichstrom oder mit einem Nennstrom von mindestens 32 A:

- müssen eine Schutzart von mindestens IPXX-B aufweisen,
- sind mit einem Lasttrennschalter der Gebrauchskategorie AC22A oder DC22A ausgestattet, der entweder 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,
- ermöglichen den Zugang zu eingebauten Schaltgeräten und deren Einsetzen oder Entfernen von den Schienenverteilern nur bei offenem Lasttrennschalter.

#### **Abschnitt 5.2.7 - Verbindungen bei Hochspannung**

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 5.2.8 - Wahl und Gebrauch zur Begrenzung der Brandausbreitung**

##### **Unterabschnitt 5.2.8.1 - Niederspannung**

###### **a. Allgemeines**

Folgende Leiter müssen die Anforderungen von *Unterabschnitt 5.2.8.1 Buchstabe b* und *c* 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 EU-Konformitätserklärung vorliegt,
3. isolierte Leiter und Kabel, die (einzeln oder in Bündeln/in ebener Anordnung) nach folgenden Verlegearten verlegt sind:
  - Kabel mit oder ohne Elektroinstallationsrohr, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind,
  - isolierte Leiter in Elektroinstallationsrohren, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind,
  - Freileitungen mit isolierten Leitern,
  - Kabel in sandgefüllten Kabelkanälen,
  - unterirdische Kabel,
  - Enden:
    - von Kabeln in sandgefüllten Kabelkanälen oder
    - von unterirdischen Kabeln oder
    - von Kabeln mit oder ohne Elektroinstallationsrohr, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind, oder
    - von isolierten Leitern in Elektroinstallationsrohren, die mindestens 3 cm tief in eine nicht brennbare Bekleidung eingebaut sind,
 wobei die Enden im Freien oder auf Putz verlegt sind, vorausgesetzt, dass die Länge dieser Enden 3 m nicht überschreitet und sie an einem Ort verlegt sind, an dem normale Feuergefahr besteht. Diese Ausnahme in Bezug auf Enden ist jedoch nicht zulässig:
    - für isolierte Leiter und Kabel, die im Freien oder auf Putz verlegt sind, für einen Anschluss an ein Niederspannungsverteilnetz,
    - für Abzweigkabel mit oder ohne Elektroinstallationsrohr, die im Freien oder auf Putz verlegt sind,
    - für isolierte Abzweigleiter in Elektroinstallationsrohren, die im Freien oder auf Putz verlegt sind.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### b. Einzeln verlegte isolierte Leiter und Kabel

Einzeln verlegte isolierte Leiter und Kabel weisen mindestens die Eigenschaft F1 auf oder gehören mindestens der Klasse E<sub>ca</sub> 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<sub>L</sub> 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<sub>ca</sub> angehören, müssen entweder gemäß *Nr. 3* der unter *Buchstabe a* 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 *Buchstabe b* bzw. in *Buchstabe c* festgelegt.

#### c. 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<sub>ca</sub> 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<sub>L</sub> 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<sub>ca</sub> angehört,
3. für Kabel zwischen Niederspannungsklemmen eines Hochspannungs-/Niederspannungstransformators und der allgemeinen Schutzeinrichtung, unter der Bedingung, dass diese Kabel, deren Länge 10 m nicht überschreitet, in derselben spezifisch vorgesehenen elektrischen Betriebsstätte wie der Transformator verlegt sind, und dass sie mindestens die Eigenschaft F1 aufweisen oder mindestens der Klasse E<sub>ca</sub> angehören.

Isolierte Leiter und Kabel, die nicht die Eigenschaft F2 aufweisen oder die nicht mindestens der Klasse C<sub>ca</sub> angehören, müssen entweder gemäß *Nr. 3* der unter *Buchstabe a* erwähnten Ausnahmen oder gemäß *Nr. 1* der im vorhergehenden Absatz erwähnten Ausnahmen verlegt werden.

#### d. 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.

Thermoplastische Elektroinstallationsrohre, die zur Flammenausbreitung beitragen, werden nur verwendet, wenn sie mindestens 3 cm tief in nicht brennbaren Materialien eingebaut sind.

#### Unterabschnitt 5.2.8.2 - Hochspannung

##### a. Allgemeines

Folgende Leiter müssen die Anforderungen von *Unterabschnitt 5.2.8.2 Buchstabe b* und *c* 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### b. Einzeln verlegte isolierte Leiter und Kabel

Einzeln verlegte isolierte Leiter und Kabel weisen mindestens die Eigenschaft F1 auf oder gehören mindestens der Klasse E<sub>ca</sub> 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<sub>L</sub> 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<sub>ca</sub> angehören, müssen entweder gemäß *Nr. 3* und *4* der unter *Buchstabe a* 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 *Buchstabe b* bzw. in *Buchstabe c* festgelegt.

### c. 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<sub>ca</sub> 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<sub>L</sub> 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<sub>ca</sub> angehört.

Isolierte Leiter und Kabel, die nicht die Eigenschaft F2 aufweisen oder die nicht mindestens der Klasse C<sub>ca</sub> angehören, müssen entweder gemäß *Nr. 3* und *4* der unter *Buchstabe a* erwähnten Ausnahmen oder gemäß *Nr. 1* der im vorhergehenden Absatz erwähnten Ausnahmen verlegt werden.

### d. 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 5.2.9 - Vorhandensein anderer Leitungen

### Unterabschnitt 5.2.9.1 - Allgemeines

Bei unterirdischen Kabeln 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.

### Unterabschnitt 5.2.9.2 - Nieder- und Kleinspannung

Wenn sich elektrische Leitungen in der Nähe nicht elektrischer Leitungen befinden, werden die elektrischen Leitungen so angeordnet, dass zwischen den Außenseiten der Rohrleitungen ein Abstand verbleibt, der bei Eingriff an einer Leitung Beschädigung einer anderen Leitung verhindert.

Elektrische Leitungen dürfen in der Nähe von Heizungs- oder Warmluftleitungen und Rauchabzügen keinen schädlichen Temperaturen ausgesetzt werden und müssen sich daher in ausreichendem Abstand zu diesen Leitungen befinden oder durch eine Wärmeabschirmung von ihnen getrennt werden.

Ebenso dürfen elektrische Leitungen nicht durch Schornsteine, Lüftungs- oder Rauchabzugsschächte verlaufen.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Elektrische Leitungen werden nicht parallel unter Leitungen verlegt, an denen es zu Kondensierung kommen kann (zum Beispiel Wasser-, Dampf- oder Gasleitungen ...), es sei denn, es werden Vorkehrungen getroffen, um die elektrischen Leitungen vor den Auswirkungen dieser Kondensierung zu schützen.

Elektrische und nicht elektrische Leitungen dürfen nur dann zusammen im selben Verlegesystem (Kanal, Schutzrohr, Rinne, ...) verlegt werden, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

1. Der Schutz gegen indirektes Berühren ist gewährleistet, wobei nicht elektrische metallische Leitungen als leitfähige Teile angesehen werden.
2. Elektrische Leitungen sind in angemessener Weise gegen Gefahren geschützt, die durch das Vorhandensein anderer Leitungen entstehen können.

Wenn elektrische Leitungen außen mit einer isolierenden Beschichtung versehen sind, die einer zusätzlichen Isolierung gleichwertig ist und so konzipiert ist, dass sie ihre Eigenschaften in einem Kabelschutz oder in Kabelkanälen beibehält, sind keine weiteren Maßnahmen zum Schutz gegen indirektes Berühren erforderlich, selbst wenn später andere metallische Leitungen hinzugefügt werden.

Zu den Gefahren, die durch Vorhandensein anderer Leitungen entstehen können, gehören insbesondere:

- ein Temperaturanstieg aufgrund der Nähe zu Dampf- oder Heizungsleitungen oder im Allgemeinen zu Leitungen, die heiße Fluide enthalten,
- Kondenswasserbildung,
- ein Kontakt mit Flüssigkeiten bei Beschädigung einer Flüssigkeitsleitung; in diesem Fall werden alle Maßnahmen getroffen, um das Ableiten der Flüssigkeiten zu gewährleisten.

### **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 *Kapitel 7.1*.

#### **Unterabschnitt 5.2.10.2 - Unterirdische elektrische Leitungen**

##### **a. Allgemeine Regeln**

###### *a.1 - 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 Mindestdiefe 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.

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

###### *a.2 - Nieder- und Kleinspannung*

Kabel dürfen nur dann unterirdisch verlegt werden, wenn sie eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

- Die Kabel sind mit einem geerdeten elektrischen Schutzschirm versehen und entweder bewehrt oder durch einen verstärkten Außenmantel geschützt, der gegen Kontakte mit harten Gegenständen und gegen Stöße metallischer Handwerkzeuge beständig ist; 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.
- Die Kabel sind mit einem Außenmantel versehen, der unter normalen Betriebsbedingungen gegen Kontakte mit harten Gegenständen und gegen Stöße metallischer Handwerkzeuge ausreichend beständig bleibt; in diesem Fall wird die elektrische Leitung außerdem über ihre gesamte Länge mit einem dauerhaften und widerstandsfähigen Material abgedeckt, das sie bei Ausschachtungsarbeiten Schutz vor Werkzeugen bietet, wobei diese Abdeckung an beiden Seiten einen Vorsprung über dem Kabel bildet und ohne durchgehende Längsfugen über der elektrischen Leitung ausgeführt ist.
- Die Kabel sind in einem Kabelrohr oder einem gleichwertigen System verlegt, das ausreichenden Schutz

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

gegen die Ursachen mechanischer Beschädigungen bietet.

**a.3 - Hochspannung**

Zusätzlich zu der in *Punkt a.1* aufgeführten allgemeinen Regel erfolgt die Verlegung bei Gleichstrom-Hochspannungsleitungen und bei Wechselstrom-Hochspannungsleitungen der Kategorie 2 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.

**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.

**c.3 - Allgemeine Abweichung**

Netzbetreiber (Gas und Strom) dürfen in Bezug auf ihre eigenen Telekommunikationsanlagen von dieser allgemeinen Vorschrift abweichen, sofern Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren ergriffen werden.

Diese allgemeine Abweichung ist auch auf Anlagen von Interkommunalen Verkehrsgesellschaften anwendbar.

**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

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

Für folgende Vorrichtungen besteht keine Kennzeichnungspflicht:

- Anschlüsse von Niederspannungsnetzbenutzern,
- Kabel, die von den Belgischen Eisenbahnen auf eigenen Grundstücken verlegt werden,
- Kabel, die verschiedene Maste einer öffentlichen Beleuchtungsanlage oder einer Lichtsignalanlage untereinander verbinden und Kabel, die diese Maste mit der Stromzufuhr verbinden.

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 m<sup>2</sup> 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.

#### **Unterabschnitt 5.2.10.3 - Elektroinstallationsrohre aus magnetischem Metall bei Hochspannung**

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

#### **Unterabschnitt 5.2.10.4 - Besondere Regeln bei Nieder- und Kleinspannung**

##### **a. Verlegung in Elektroinstallationsrohren**

###### *a.1 - Elektroinstallationsrohre*

Elektroinstallationsrohre können aus thermoplastischem Material oder Stahl bestehen.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Mit Ausnahme thermoplastischer Elektroinstallationsrohre, die zur Flammenausbreitung beitragen, entsprechen sie 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.

Thermoplastische Elektroinstallationsrohre können starr, flexibel und glatt oder gewellt sein.

Elektroinstallationsrohre aus Stahl bestehen aus einem Stahlband mit verschweißten Kanten und aus Verbindungsstücken, die entweder glatt (TAL) oder mit Gewinden versehen sind, sofern an den Rohren an beiden Enden Außengewinde vorhanden sind (TAF).

Flexible Elektroinstallationsrohre bestehen aus einer spiralförmigen metallischen Umhüllung, mit oder ohne innere oder äußere isolierende Beschichtung.

Krümmungen oder Abwinkelungen von Elektroinstallationsrohren werden wie folgt ausgeführt:

- entweder am Vollrohr anhand geeigneter Zangen oder Geräte
- oder anhand von Verfahren, die für die jeweiligen Elektroinstallationsrohre geeignet sind, wie zum Beispiel Erwärmung bei thermoplastischen Elektroinstallationsrohren,
- oder anhand vorgefertigter Teile, wie zum Beispiel Bögen, Winkel oder T-Stücke.

Winkel und T-Stücke bestehen aus zwei Teilen; ihre Verbindungen sind so beschaffen, dass eine ausreichende Abdichtung gewährleistet ist.

#### *a.2 - Wahl der Betriebsmittel*

In Elektroinstallationsrohren können isolierte Leiter oder Kabel verlegt werden.

#### *a.3 - Verwendungsbedingungen*

Vorbehaltlich der in vorliegendem Buch erwähnten Ausnahmen ist eine Verlegung in Elektroinstallationsrohren überall erlaubt.

#### *a.4 - Abmessungen von Elektroinstallationsrohren und Anschlusszubehör*

Innenmaße von Elektroinstallationsrohren und Anschlusszubehör werden so vorgesehen, dass Leiter oder Kabel nach Verlegung der Elektroinstallationsrohre und des Zubehörs leicht eingezogen und entfernt werden können.

#### *a.5 - Verlegung von Elektroinstallationsrohren - Allgemeine Regeln*

Elektroinstallationsrohre werden wie folgt verlegt:

- Sie werden hinreichend befestigt und eventuell vorhandene Verbindungsmuffen dürfen nicht verrutschen können.
- Es ist jederzeit möglich, Leiter oder Kabel einzuziehen oder zu entfernen.
- Elektroinstallationsrohre, insbesondere deren Enden, dürfen die Isolierung von Leitern und Kabeln nicht beschädigen.
- Für die vor Ort ausgeführten Krümmungen von Rohren ist der Krümmungsradius nicht kleiner als:
  - das Zehnfache des Außendurchmessers, bei metallischen Elektroinstallationsrohren,
  - das Achtfache des Außendurchmessers, bei flexiblen thermoplastischen Elektroinstallationsrohren,
  - das Fünffache des Außendurchmessers, bei starren thermoplastischen Elektroinstallationsrohren.
- Für die Ausführung von Krümmungen werden Verfahren angewendet, die den Regeln des Fachs entsprechen.
- Es werden geeignete Maßnahmen ergriffen, um zu vermeiden, dass sich Wasser in Elektroinstallationsrohren und den Geräten, zu denen sie führen, ansammeln kann.

#### *a.6 - Verbotene Vorgehensweisen*

Folgendes ist verboten:

- Elektroinstallationsrohre aus brennbarem Material zu verwenden, außer wenn sie mindestens 3 cm tief in nicht brennbare Materialien eingebaut werden,
- in Elektroinstallationsrohren Verbindungen, Verbindungsstellen oder Verschweißungen zwischen Leitern bzw. Kabeln anzulegen,
- Elektroinstallationsrohre aus thermoplastischem Material an Stellen zu verwenden, an denen die Temperatur unter normalen Bedingungen 60°C überschreiten kann,
- in Elektroinstallationsrohren Lahnleiter, Kupferbanddraht, flexible CSuB-Kabel oder Ähnliches zu verlegen.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Eventuelle Anschlüsse in Zug- und Verbindungskästen dürfen nur an einem geeigneten Klemmenblock vorgenommen werden.

**a.7 - 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 und wenn diese elektrischen Leitungen durch Schutzeinrichtungen mit einer Nennstromstärke von mehr als 25 A geschützt sind.

**a.8 - Besondere Regeln für die Verlegung in Elektroinstallationsrohren auf Putz****Mechanischer Schutz**

Der mechanische Schutz von Elektroinstallationsrohren ist an die äußeren Einflüsse angepasst, denen sie ausgesetzt sind.

**Befestigung von Elektroinstallationsrohren**

Die Befestigung von Elektroinstallationsrohren erfolgt nach den diesbezüglichen Regeln des Fachs.

**a.9 - Besondere Regeln für die Verlegung von Elektroinstallationsrohren, die in Mauerwerk, Putz oder andere Bekleidungen eingebaut werden****Korrosionsschutz**

Vorkehrungen nach den Regeln des Fachs werden getroffen, um eine Korrosion von Elektroinstallationsrohren in korrosiven Umgebungen zu vermeiden.

**Verbindungsstellen und Anschlüsse**

In Verbindungs-, Abzweig- und Zugdosen bleiben Leiter bzw. Kabel zugänglich und T-Stücke und Winkel sind verboten.

**b. Verlegung unter Leisten, Fußleisten und Einfassungen****b.1 - Materialien**

Leisten, Fußleisten und Einfassungen können aus Holz oder thermoplastischem Material bestehen. Sie weisen eine ausreichende mechanische Festigkeit auf.

**b.2 - Wahl elektrischer Leitungen**

Isolierte Leiter oder Einleiterkabel dürfen unter Leisten, Fußleisten und Einfassungen verlegt werden.

Wenn Leisten, Fußleisten und Einfassungen aus brennbaren Materialien bestehen, entsprechen die isolierten Leiter oder Einleiterkabel den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.2.8.1 Buchstabe c*.

Aussparungen in Leisten, Fußleisten und Einfassungen werden so abgemessen, dass Leiter oder Einleiterkabel problemlos darin untergebracht werden können.

In Holzleisten wird durch jede Aussparung nur ein Leiter oder Einleiterkabel geführt, es sei denn, diese Leiter oder Einleiterkabel gehören zu ein und demselben Stromkreis.

Die Verwendung von Fußleisten ohne Abdeckung und mit nur einer Aussparung ist für die Durchführung von Leitern oder Einleiterkabeln nicht zulässig.

**c. Verlegung im Freien oder auf Putz**

Im Freien oder auf Putz dürfen nur Kabel verlegt werden, unabhängige Schutzleiter (PE) und unabhängige PEN-Leiter ausgenommen.

Befestigungsmittel, Kabelwannen, Kabelpritschen, ... werden so gewählt und angebracht, dass elektrische Leitungen unbeschädigt bleiben. Sie können äußeren Einflüssen, denen sie ausgesetzt sind, ohne Schaden widerstehen.

Bei senkrechten Abschnitten muss darauf geachtet werden, dass durch das Gewicht elektrischer Leitungen auftretende Zugkräfte nicht zu Brüchen oder Verformungen der Leiter führen. Diese Zugkräfte dürfen nicht auf Anschlussklemmen wirken.

Befestigungsmittel sind so entworfen und abgemessen, dass sie die elektrischen Leitungen nicht beschädigen.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### d. Kabelschächte und Kabelrinnen

In Kabelrinnen ist die Verlegung von Leitern, die nur mit einer Basisisolierung versehen sind, verboten, unabhängige Schutzleiter (PE) und unabhängige PEN-Leiter ausgenommen.

Isolierte Leiter dürfen in Kabelschächten verlegt werden.

Wenn isolierte Leiter in Kabelschächten verlegt werden, die sich außerhalb elektrischer Betriebsstätten befinden, sind diese Kabelschächte vollwandig und mit einem Deckel versehen, der nur mit einem Werkzeug geöffnet werden kann.

Verbindungen für Verbindungsstellen, Anschlüsse oder Abzweigungen werden nach den Regeln des Fachs in Verbindungs- oder Abzweigdosen oder an Klemmen von Schaltern oder Steckdosen ausgeführt.

Wenn in einer Kabelrinne oder einem Kabelschacht Stromkreisleitungen mit unterschiedlichen Spannungen benutzt werden, werden die Verbindungen für Verbindungsstellen, Anschlüsse oder Abzweigungen in Abschnitten ausgeführt, in denen elektrische Leitungen mit unterschiedlichen Spannungen voneinander getrennt sind.

#### e. Kabelschutz

Die Wahl elektrischer Leitungen in einem Kabelschutz richtet sich nach den mit der Lage des Kabelschutzes verbundenen Risiken.

Das Risiko eines Eindringens von Flüssigkeit in den Kabelschutz wird sorgfältig vermieden.

#### f. Offene, geschlossene oder sandgefüllte Kabelkanäle

Die Wahl elektrischer Leitungen in Kabelkanälen richtet sich nach den mit der Lage des Kabelkanals verbundenen Risiken.

Kabelkanäle sind so beschaffen, dass sie insbesondere in staubigen Räumlichkeiten leicht gereinigt werden können.

#### g. Bauliche Hohlräume

Leiter, Kabel und Elektroinstallationsrohre, die in baulichen Hohlräumen verlegt werden sollen, entsprechen den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.2.8.1 Buchstabe c und d*.

Es ist verboten, Leiter, die nur mit einer Basisisolierung versehen sind, in baulichen Hohlräumen (Decken, Böden, ...) zu verlegen.

Falls elektrische Leitungen in Elektroinstallationsrohren verlegt werden, die nicht die erforderliche mechanische Festigkeit aufweisen, werden Letztere überall, wo die Gefahr einer Beschädigung besteht, mechanisch geschützt, zum Beispiel wenn sie auf Balken verlegt werden.

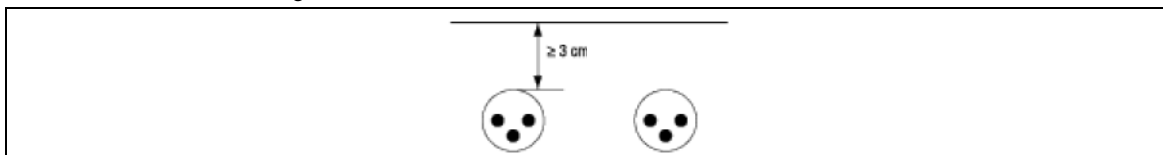
#### h. Einbau ohne Elektroinstallationsrohre

##### *h.1 - In Beton oder Zement eingebaute elektrische Leitungen*

Es ist verboten, Leiter, die nur mit einer Basisisolierung versehen sind, in Wände, Böden und Decken einzubauen.

In Wände, Böden und Decken eingebaute elektrische Leitungen werden mit einer mindestens 3 cm dicken Beton- oder Zementschicht überdeckt.

*Abbildung 5.40 - Einbau ohne Elektroinstallationsrohre in Beton oder Zement*



##### *h.2 - In Wände von Räumlichkeiten eingebaute elektrische Leitungen*

Es ist verboten, Leiter, die nur mit einer Basisisolierung versehen sind, in Wände von Räumlichkeiten einzubauen.

Elektrische Leitungen, die ohne Elektroinstallationsrohre in Wände von Räumlichkeiten eingebaut werden, entsprechen folgenden Vorschriften:

- Sie verlaufen ausschließlich waagrecht oder senkrecht, wobei waagerechte Führungen in Decken rechtwinklig zu senkrechten Wänden verlaufen.
- Waagerechte Führungen verlaufen 25 bis 35 cm über dem Boden bzw. unter der Decke und

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

gleicherweise 25 bis 35 cm über der Unterseite von Fensterstürzen, sofern in diesem Fall ein Abstand von mindestens 25 cm zwischen Leitungen und Decke gewahrt bleibt.

- Senkrechte Führungen verlaufen so nah wie möglich an einer Raumecke bzw. in einem Abstand von 10 bis 20 cm zu Türeffassungen oder -zargen.
- Eine Verlegung außerhalb der weiter oben beschriebenen Installationszonen erfolgt senkrecht über sichtbaren elektrischen Maschinen oder Geräten.
- Elektrische Leitungen werden weder bei der Verlegung noch danach mechanisch beansprucht.
- Sie werden ohne Beschädigung an den Wänden befestigt.
- Die Dicke der abdeckenden Putzschicht beträgt nicht weniger als 0,4 cm.

Abbildung 5.41 - In Wände von Räumlichkeiten eingebaute elektrische Leitungen

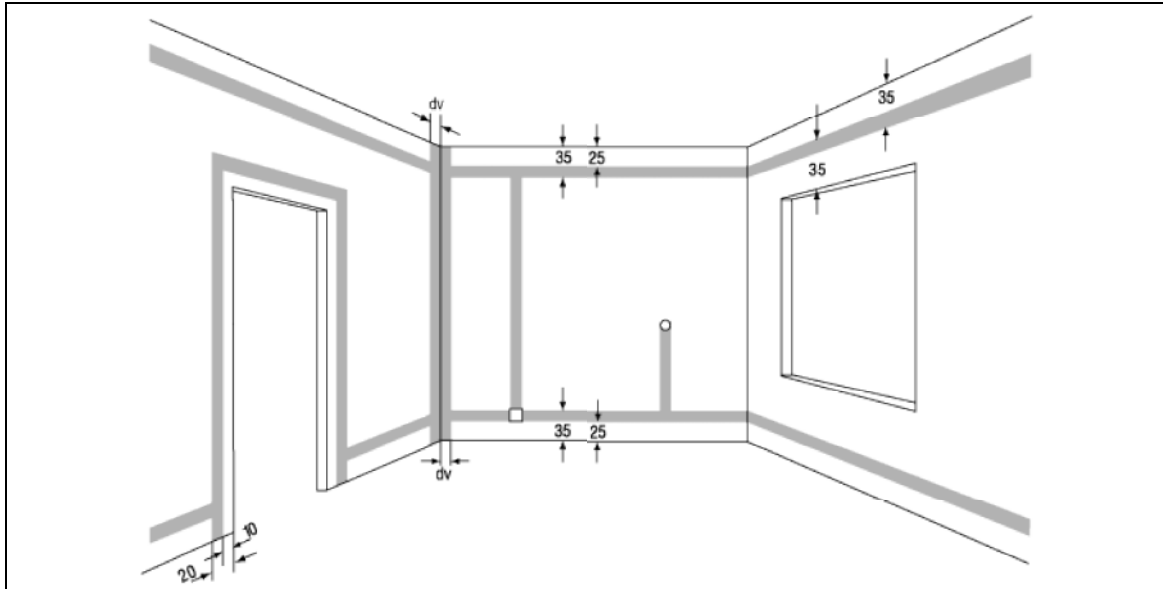
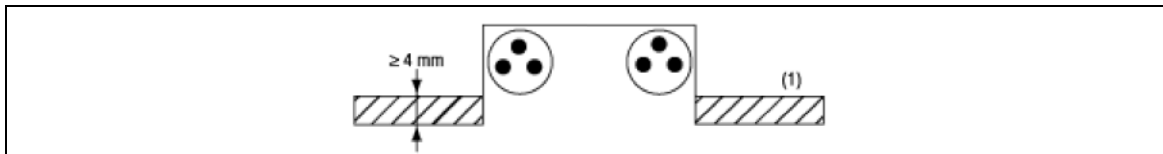


Abbildung 5.42 - Schematischer Querschnitt eines Schlitzes



(1) Abdeckende Putzschicht

#### i. Schienenverteiler

##### i.1 - Schutz gegen direktes Berühren

Die Schutzart von Schienenverteilern entspricht mindestens IPXX-B. Diese elektrischen Leitungen entsprechen 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.

##### i.2 - Verbotene Verwendung

Die Verwendung von Schienenverteilern in Waschräumen ist verboten.

#### j. Verlegung parallel laufender Drähte auf Isolatoren

##### j.1 - Verwendungsbedingungen

Die Verlegung paralleler Drähte einer elektrischen Leitung auf Isolatoren ist überall erlaubt, wo kein mechanischer Schutz erforderlich ist, unter der Bedingung, dass keine Vorschrift des vorliegenden Buches dem entgegensteht und dass:

- die Isolatoren aus nicht brennbaren und nicht hygroskopischen Materialien bestehen,
- unverrohrte elektrische Leitungen weder Wände von Räumlichkeiten noch dort bleibend vorhandene Gegenstände berühren.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Bei den weiter oben erwähnten elektrischen Leitungen handelt es sich:

- entweder um Sammelschienen in einem Schutzrohr, einer Umschließung oder in geschlossenen Kabelkanälen
- oder um elektrische Leitungen in Rohren
- oder um blanke oder isolierte Leiter.

#### *j.2 - Verlegung*

##### *Blanke Leiter*

Leiter in Form von Drähten oder Kabeln sind ausreichend gespannt, ohne ihre Streckgrenze zu erreichen.

Der Abstand zwischen Leitern unterschiedlicher Polarität beträgt bei einem Spannungsfeld von weniger als vier Metern 10 cm und erhöht sich für jeden weiteren Meter Spannungsfeld um 2 cm.

Der Abstand von Drähten oder Kabeln zu Wänden und Gegenständen beträgt 10 cm; erforderlichenfalls ist ein geringerer Abstand erlaubt, wenn die Gefahr einer Berührung ausgeschlossen wird, weil Träger dichter beieinander angebracht werden oder eine Isolierung eingefügt wird. Zwischen Leitern und nicht elektrischen Leitungen wird jedoch ein Abstand von 5 cm eingehalten.

##### *Leiter aus Stäben oder Rohren*

Der Abstand zwischen Leitern aus Stäben oder Rohren und den umgebenden elektrischen Leitungen oder Elektroinstallationsrohren beträgt mindestens 5 cm.

Wenn sie an isolierte Leiter angeschlossen sind, ist es zulässig, dass die Temperatur dieser Leiter bei bestimmungsgemäßem Betrieb über eine bestimmte Länge den Wert, dem die Isolierung standhalten kann, überschreitet; es wird allerdings empfohlen, die Isolierung über diese Länge zu entfernen.

##### *Isolierte Leiter*

Abstände zwischen aufeinanderfolgenden Isolatoren sind derart, dass:

- Leiter unterschiedlicher Polarität mindestens 1,5 cm voneinander entfernt sind,
- Leiter nach ihrer Verlegung bei äußeren Einflüssen AD1 und AD2 (definiert in *Abschnitt 2.10.3*) und AE1 bis AE3 (definiert in *Abschnitt 2.10.4*) mindestens 1 cm von Wänden und Gegenständen entfernt sind, oder, bei äußeren Einflüssen AD3 bis AD6 und AE4, 2 cm von Wänden und Gegenständen entfernt sind.

Waagerechte Spannweiten:

- betragen weniger als 1,20 m bei Kupferleitern mit einem Querschnitt bis 10 mm<sup>2</sup>,
- betragen weniger als 1,50 m bei Kupferleitern mit einem Querschnitt von mehr als 10 mm<sup>2</sup>,
- dürfen größer sein, wenn der größte Durchhang problemlos vergrößert werden kann.

#### **k. Heizleitungen und -flächen**

Heizleitungen und -flächen und ihre Verlegung bzw. ihre Installation müssen den Regeln des Fachs entsprechen.

#### **l. Besondere Vorschriften für Anlagen im Außenbereich**

Die Arten der Verlegung elektrischer Leitungen außerhalb von Gebäuden entsprechen den diesbezüglichen Regeln des Fachs, unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse, denen die Leitungen ausgesetzt sind.

#### **m. Besondere Vorschriften für Niederspannungsanlagen (ELV)**

##### *m.1 - Allgemeines*

Die in *Unterabschnitt 5.2.1.1* aufgeführten allgemeinen Regeln für Niederspannungsanlagen sind anwendbar.

##### *m.2 - Verlegearten*

Die für Niederspannung vorgeschriebenen Verlegearten für elektrische Leitungen (siehe *Unterabschnitte 5.2.2.1 bis 5.2.2.4*) sind anwendbar. Diese Vorschriften sind, was die Verlegeart betrifft, in *Unterabschnitt 5.2.10.4* aufgeführt, mit Ausnahme der Vorschriften in:

- *Buchstabe c Absatz 1,*
- *Buchstabe g Absatz 2,*
- *Punkt h.2.*

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Andererseits ist die Verwendung von Schienenverteilern erlaubt, unter der Bedingung, dass ihre Schutzart mindestens IPXX-B entspricht, zur Gewährleistung des Schutzes gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren.

### *m.3 - Zusätzliche Vorschriften*

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

## 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 5.2* gewählt und eingesetzt, wobei die an den Einsatzorten herrschenden Temperaturen berücksichtigt werden.

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

<i>Code</i>	<i>Umgebungstemperatur</i>	<i>Eigenschaften der Betriebsmittel und Einsatz</i>
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

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Für spezifische Betriebsmittel können die in *Tabelle 5.3* erwähnten Temperaturen berücksichtigt werden.

*Tabelle 5.3 - 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 5.4*.

*Tabelle 5.4 - 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 5.5*.

*Tabelle 5.5 - 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

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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)

Elektrische Maschinen und Geräte verfügen über einen Schutz, der den vorhersehbaren Beanspruchungen durch den äußeren Einfluss AG1, AG2 bzw. AG3 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 5.3.2.9 - Fähigkeiten von Personen (BA)

Bei der Wahl elektrischer Maschinen und Geräte werden die Bestimmungen der *Tabelle 5.6* berücksichtigt.

*Tabelle 5.6 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach den Fähigkeiten von Personen (BA)*

Code	Fähigkeiten von Personen	Eigenschaften der Betriebsmittel und Einsatz
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 5.7*.

*Tabelle 5.7 - Wahl von elektrischen Maschinen und Geräten je nach elektrischem Widerstand des menschlichen Körpers (BB)*

Code	Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers	Eigenschaften der Betriebsmittel und Einsatz
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; die Klasse der Betriebsmittel wird gemäß den Bestimmungen von *Tabelle 5.8* gewählt.

*Tabelle 5.8 - Wahl elektrischer Maschinen und Geräte je nach Kontakt von Personen mit Erdpotential (BC)*

Code	Art des Kontakts	Klasse des Betriebsmittels			
		0-0I	I	II	III
BC1	Keiner	A	A	A	A
BC2	Selten	A	A	A	A
BC3	Häufig	+	A	A	A
BC4	Dauernd	+	(1)	(1)	(2)

A: erlaubte Betriebsmittel

+: verbotene Betriebsmittel

(1) je nach Schutzmaßnahme, durch elektrische Schutztrennung der Stromkreise, begrenzt auf ein einziges Gerät pro Transformator

(2) je nach der Schutzmaßnahme, durch Sicherheitskleinspannung

### 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 5.2.8*,
- BE3 Explosionsgefahr: *Kapitel 7.3*,
- 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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 bei Nieder- und Kleinspannung

###### 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. Diese Einrichtungen schalten alle aktiven Leiter ab, einschließlich des Neutralleiters, mit folgenden Ausnahmen:

- im TN-C-System, bei dem eine Abschaltung des PEN-Leiters verboten ist,
- im TN-S-System, bei dem es erlaubt ist, den Neutralleiter nicht abzuschalten,
- im TT-System, bei dem die Abschaltung des Neutralleiters unter den in *Unterabschnitt 4.2.3.4 Punkt c.4* letzter Absatz beschriebenen Bedingungen erfolgt.

###### a.2 - Trennung vor und nach Hochspannungs-/Niederspannungstransformatoren

Anschlüsse an Hoch-/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,
- für Sekundärwicklungen von Transformatoren zur Versorgung von Entladungslampen und Transformatoren, deren Leistung 500 VA nicht überschreitet.

Bei parallel betriebenen Transformatoren, deren Neutralleiter miteinander verbunden und nicht geerdet sind, schalten die Trenneinrichtungen gleichzeitig Neutral- und Außenleiter ab.

###### a.3 - Wahl und Eigenschaften von Betriebsmitteln

Halbleiterbauelemente werden nicht zur Trennung benutzt.

1. Bei Nieder- und Kleinspannung wird eine der folgenden Einrichtungen benutzt:

- mehrpolige oder einpolige Trennschalter,
- Steckdosen,
- Einsätze für Sicherungen,
- Trennmesser,
- speziell entworfene Klemmen, bei denen Leiter nicht bewegt werden müssen,
- Lasttrennschalter, die Trennersystemen gleichgestellt sind, wenn sie den Bedingungen der vom König bestätigten Norm für Trennersysteme für Nieder- und Kleinspannung in der Luft entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist,
- Leitungsschutzschalter und Differenzstrom-Schutzeinrichtungen, wenn sie die Bedingungen hinsichtlich der Trennfunktion der diesbezüglichen vom König bestätigten Norm entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist,
- Trennteile und herausnehmbare Teile fabrikfertiger Schaltgerätekombinationen, wenn sie den Bedingungen der vom König bestätigten Norm für fabrikfertige Niederspannung-Schaltgerätekombinationen entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist,
- automatische Trennsysteme, die für eine Entkopplung zwischen dem Verteilnetz und einer Notstromanlage sorgen, die nicht Teil des Verteilnetzes ist und parallel zu diesem Netz betrieben werden kann.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

2. Bei Nieder- und Kleinspannung beträgt der Abstand zwischen blanken, unter Spannung stehenden Teilen 9 mm, wenn die in Nr. 1 erwähnten Einrichtungen nicht eingesetzt werden.  
In diesem Fall werden Mittel, die eine Einhaltung dieses Abstands ermöglichen, auf sichere Weise von elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) oder Elektrofachkräften (BA5) eingesetzt.
3. 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

Bei Klein- und Niederspannung werden Einrichtungen 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.

Bei Notstromanlagen, die nicht Teil eines Verteilnetzes sind und parallel zu diesem Netz betrieben werden können, ist letztere Bedingung erfüllt, sofern sie unbeschadet des *Abschnitts 6.4.1* und des *Unterabschnitts 6.4.6.2* folgende Anforderungen erfüllen:

- Es muss eine verriegelbare Sicherheitsabschaltung vorgesehen werden, die für den Verteilnetzbetreiber zugänglich ist. Der Mechanismus muss auf der Grundlage eines Entkopplungsschutzes arbeiten, der die Entkopplung im Falle außergewöhnlicher Spannungs- und/oder Frequenzschwankungen steuert.
- Bei Notstromanlagen mit einer AC-Leistung von höchstens 30 kVA kann als Alternativlösung ein automatisches Trennsystem vorgesehen werden, das folgende Bedingungen erfüllt:
  1. aus zwei in Reihe geschalteten Komponenten bestehen, die jeweils eine Entkopplung zwischen Stromkreis und Verteilnetz sicherstellen. Eine der Komponenten gewährleistet eine physische Trennung durch einen automatischen allpoligen Lasttrennschalter; bei der zweiten Komponente kann es sich in Abweichung von *Punkt a.3 Absatz 1* um ein elektronisches Trennsystem handeln,
  2. eine galvanische Trennung in weniger als 5 Sekunden gewährleisten, wenn die Netzversorgung ausgeschaltet wird oder ausfällt.

#### b. Trennung bei Hochspannung

##### b.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.

##### b.2 - Trennung vor und nach Hochspannungstransformatoren

Anschlüsse an Hochspannungstransformatoren sind sowohl vor- als auch nachgeschaltet mit Trenneinrichtungen versehen, die den diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Normen entsprechen.

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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### b.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.

#### b.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.

#### c. Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung

##### c.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.

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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.2 - Wahl der Betriebsmittel bei Nieder- und Kleinspannung*

Einrichtungen zur Ausschaltung für nicht elektrische Instandhaltung befinden sich vorzugsweise im Hauptversorgungsstromkreis. Sie schalten nicht unbedingt 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,
- Steckdosen.

#### *c.3 - Wahl der Betriebsmittel bei Hochspannung*

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.

#### **d. Not-Ausschaltung**

##### *d.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.

##### *d.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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

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 bei Hochspannung**

Je nach Fall kann jede Hochspannungsanlage bzw. jeder Teil einer Hochspannungsanlage 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:

- Steckdosen mit einer Stromstärke von höchstens 16 A bei einer Betriebsspannung von höchstens 500 V Wechselstrom und 250 V Gleichstrom,
- Schalter,
- Leitungsschutzschalter,
- Schütze,
- Hilfsstromschalter,
- elektronische Einrichtungen.

**c. Abschaltung von Leitern***c.1 - Nieder- und Kleinspannung*

Sofern keine Gefahren entstehen können, müssen nicht alle aktiven Leiter abgeschaltet werden.

Außer zu Messzwecken werden einpolige Steuerungseinrichtungen nicht an Neutralleitern angebracht.

Steuerungseinrichtungen, die zur Umschaltung zwischen Energieversorgungsquellen dienen, schließen alle aktiven Leiter ein und führen nicht zu einer unbeabsichtigten Parallelschaltung von Quellen.

In TN-Anlagen darf der Neutralleiter jedoch nicht abgeschaltet werden, wenn die Neutralleiter beider Quellen mit demselben Erder verbunden sind.

*c.2 - Hochspannung*

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 jedes elektrische Verbrauchsgerät bzw. jede elektrische Maschine 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.

## **BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

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 - Vorschriften für Steckdosen bei Nieder- und Kleinspannung**

Steckdosen mit einem Nennstrom von mindestens 16 A bei einer Nennspannung des Stromkreises über 500 V Wechselstrom und 50 V Gleichstrom oder mit einem Nennstrom von mindestens 32 A:

- müssen entweder ein Ausschaltvermögen oder eine Lebensdauer aufweisen, die entweder der vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm entsprechen oder Bestimmungen entsprechen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist,
- oder mit einer mechanischen oder elektrischen Verriegelungseinrichtung versehen sein, die verhindert, dass Stecker unter Spannung eingesteckt oder abgezogen werden können.

Diese Vorschrift gilt nicht für Synchronisierungssteckdosen und -stecker, für Spannungsmessgeräte oder Messgeräte.

Die Schutzart von Steckdosen entspricht mindestens IPXX-B.

### **Unterabschnitt 5.3.3.6 - Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen für Leitungsschutzschalter und Differenzstrom-Schutzeinrichtungen (Nieder- und Kleinspannung)**

#### **a. Allgemeines**

Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen sind dazu vorgesehen, Schutzeinrichtungen (Leitungsschutzschalter und Differenzstrom-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 Schutzeinrichtungen installiert und benutzt.

Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen müssen folgende besondere Anforderungen erfüllen:

- Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen dürfen nur an eine Differenzstrom-Schutzeinrichtung gekoppelt werden.
- Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen müssen bei Arbeiten an der elektrischen Anlage oder bei Handbetrieb der Schutzeinrichtung neutralisiert werden können (Modus Aktivierung/Deaktivierung und mechanische Verriegelung).
- Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen müssen mit einer Statusanzeige (Betrieb und Fehler) ausgestattet sein.
- Es sind ausschließlich Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen mit Bewertung vor Wiedereinschaltung erlaubt.
- Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen dürfen sich nicht einschalten, wenn die Schutzeinrichtung per Hand abgeschaltet worden ist.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- Es sind während der Zeit der Zurückstellung einer Einrichtung zum selbsttätigen Wiederschließen unter Fehlerbedingungen höchstens drei aufeinanderfolgende Versuche zum selbsttätigen Wiederschließen erlaubt.
- Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen dürfen keine Parameter aufweisen, die von Benutzern geändert werden können.

#### b. Besondere Vorschriften

Für Orte, in denen üblicherweise keine Personen anwesend sind (Technikräume für Telekommunikations- oder Verkehrsinformationsinstallationen, Serverräume, automatische Bahnübergänge, ...), und in Abweichung von den besonderen Anforderungen von *Unterabschnitt 5.3.3.6 Buchstabe a* Absatz 4, ist es erlaubt:

- Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen zu installieren, die an einen geeigneten Leitungsschutzschalter gekoppelt sind, und/oder
- Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen zu installieren, deren Parameter von Benutzern geändert werden können.

Für Anlagen an Orten mit erhöhter Feuergefahr ist der Gebrauch einer Einrichtung zum selbsttätigen Wiederschließen von Schutzeinrichtungen (Leitungsschutzschalter und Differenzstrom-Schutzeinrichtung) nach einem Fehler an der Anlage verboten. Dies gilt nicht für Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen, die an einen Leitungsschutzschalter gekoppelt sind:

- für Stromkreise innerhalb einer Zone 22 eines BE3-Ortes oder
- wenn bei der erforderlichen Verzögerung vor dem selbsttätigen Wiederschließen der 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.

#### Unterabschnitt 5.3.3.7 - Einrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen für Überstrom-Schutzeinrichtungen (Hochspannung)

##### 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

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

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 - Verbrauchsgeräte, die über Nieder- und Kleinspannung versorgt werden****Unterabschnitt 5.3.4.1 - Beleuchtungsgeräte****a. Geräte für Innenbeleuchtung**

Geräte für Innenbeleuchtung dürfen nicht mit einer Spannung von mehr als 250 V versorgt werden.

**b. Geräte für Außenbeleuchtung**

Teile, die zum Einführen von Leitern in Geräte für Außenbeleuchtung dienen, sind so beschaffen und angebracht, dass keine Leiterisolierungen beschädigt werden und dass keine Feuchtigkeit in Fassungen gelangen kann.

**c. Befestigung von Geräten**

Beleuchtungsgeräte sind so befestigt, dass ein wiederholtes Drehen in die gleiche Richtung (z.B. beim Reinigen) nicht dazu führen kann, dass die Geräte herunterfallen oder die Isolierung von Leitern beschädigt wird.

**d. Hängende Geräte**

Abgesehen von den in vorliegendem Unterabschnitt erwähnten Ausnahmen werden Geräte so aufgehängt, dass ihre Befestigung folgenden Anforderungen entspricht:

- Versorgungsleiter dienen nicht zur Aufhängung.
- Ein Isolierteil trennt Metallteile der Geräte von ihren Trägern, wenn die Geräte nicht der Klasse I angehören.

Leiter dürfen jedoch gleichzeitig zur Aufhängung dienen, wenn Verbindungen zu Lampen, Laternen oder Deckenrosetten keinen Zugkräften ausgesetzt sind und die Masse des hängenden Geräts 5 kg nicht überschreitet. Außerdem überschreitet die Zugkraft in der Seele der Leiter nicht 15 N/mm<sup>2</sup>. Es ist verboten, einen Knoten in elektrischen Versorgungsleitungen zur Zugentlastung zu verwenden.

Hängende Beleuchtungsgeräte müssen so angebracht sein, dass Leiter nicht durch Drehung oder andere Bewegungen dieser Geräte beschädigt werden können.

**e. Beleuchtungsgeräte mit Fassungen****e.1 - Wahl von Fassungen**

Fassungen werden unter Berücksichtigung der Strom- und Leistungsaufnahme der vorgesehenen Lampen gewählt.

Schraubfassungen mit zugänglichen aktiven Teilen oder bei denen bei angebrachten Lampen eine direkte Berührung der Sockel möglich ist, dürfen in offenen Geräten nur verwendet werden, wenn sie sich außerhalb des Handbereichs von Benutzern befinden. In allen anderen Fällen werden sie in Beleuchtungsgeräten eingesetzt, die nicht ohne Werkzeug geöffnet werden können.

**e.2 - Elektrische Leitungen**

Es ist verboten, zur Befestigung elektrischer Leitungen an Beleuchtungsgeräten Metallbefestigungen zu verwenden, die die Isolierung der Leitungen beschädigen könnten. An Stellen, an denen die Isolierung elektrischer Leitungen beschädigt werden könnte, werden spezielle Schutzteile aus Isolierstoff angebracht.

Kanäle, die in Beleuchtungsgeräten zum Einziehen elektrischer Leitungen dienen, sind so beschaffen, dass das Einziehen leicht und ohne Beschädigung der Isolierung elektrischer Leitungen durchgeführt werden kann.

**e.3 - Abzweigungen**

Abzweigungen innerhalb von Beleuchtungsgeräten werden soweit möglich an ein und derselben Stelle angelegt.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****e.4 - Sockel**

Alle unter Spannung stehenden Teile von Beleuchtungsgeräten sind auf Sockeln aus isolierenden, nicht brennbaren und nicht hygroskopischen Materialien angebracht.

**f. Handleuchten**

Da Handleuchten unter verschiedensten Umständen eingesetzt werden und somit unterschiedlichen äußeren Einflüssen ausgesetzt sind, ist die Versorgungsspannung für Handleuchten auf folgende Höchstwerte begrenzt:

- bei Niederspannung auf 250 V, bei Zusammenspiel folgender äußerer Einflüsse: BB1/BC1 oder BC2,
- bei Sicherheitskleinspannung auf 25 V Wechselstrom, 36 V Gleichstrom mit Welligkeit oder 60 V Gleichstrom ohne Welligkeit, bei Zusammenspiel folgender äußerer Einflüsse: BB1/BC3 oder BC4, BB2/BC1 oder BC2 oder BC3, BB3/BC1 oder BC2,
- bei Sicherheitskleinspannung auf 12 V Wechselstrom, 18 V Gleichstrom mit Welligkeit oder 30 V Gleichstrom ohne Welligkeit, bei Zusammenspiel folgender äußerer Einflüsse: BB2/BC4, BB3/BC3,
- bei Sicherheitskleinspannung auf 6 V Wechselstrom, 12 V Gleichstrom mit Welligkeit oder 18 V Gleichstrom ohne Welligkeit, bei Zusammenspiel folgender äußerer Einflüsse: BB3/BC4.

Handleuchten, die über Niederspannung versorgt werden, gehören Klasse I oder II an.

**g. Geräte für Außenbeleuchtung**

Geräte für Außenbeleuchtung, die äußeren Einflüssen AD2 bis AD4 ausgesetzt sind, dürfen nicht den Klassen 0 oder 0I angehören.

**h. Geräte für zeitweilige Beleuchtung**

In Abweichung von den Vorschriften von *Abschnitt 5.1.4 Absatz 1* ist es erlaubt, für eine zeitweilige Beleuchtung Beleuchtungsgeräte zu benutzen, die aus Lampen mit Fassungen bestehen, deren Schutzart gegen Eindringen von Wasser IPX0 entspricht.

Wenn diese Beleuchtungsgeräte im Handbereich installiert sind, müssen sie:

- über Sicherheitskleinspannung versorgt werden oder
- durch eine Differenzstrom-Schutzeinrichtung mit einem Ansprechstrom von höchstens 30 mA geschützt werden.

In Abweichung von den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.2.1.1 Punkt d.1 Absatz 1* und *Unterabschnitt 5.2.10.4 Buchstabe l Absatz 1* dürfen Niederspannung- und Kleinspannung-Illuminationskabel mit verstärkter Isolierung, wie z.B. ummantelte elektrische Leitungen des Typs A05VVH2-F, benutzt werden, sofern alle Löcher nach den Regeln des Fachs abgedichtet sind.

**Unterabschnitt 5.3.4.2 - Heizgeräte**

Heizgeräte mit festem Standplatz müssen so installiert werden, dass der von ihnen erzeugte Wärmestrom entsprechend ihrer Bauart abgeleitet werden kann.

Heizgeräte mit nicht umschlossenen Glühelementen werden nicht in Räumlichkeiten (oder in Bereichen) installiert, wo Explosionsgefahr (BE3) besteht. Dieselben Geräte sind an anderen Orten nur zugelassen, wenn alle zweckdienlichen Maßnahmen getroffen werden, um zu verhindern, dass entflammbare Gegenstände mit Glühelementen in Berührung kommen.

Heizgeräte, die aufgrund ihrer Bestimmung mit entflammbaren Stoffen oder Flüssigkeiten in Berührung kommen (BE2), wie z.B. Öfen und Trockner, sind entweder mit einem Temperaturbegrenzer ausgestattet, der die Erwärmung unterbricht oder reduziert, bevor eine gefährliche Temperatur erreicht wird, oder sind so gebaut, dass bei übermäßiger Erwärmung der entflammbaren Stoffe oder Flüssigkeiten, die sie enthalten, sie keine Gefahr für Personen darstellen können oder Schäden an umliegenden Gegenständen verursachen können.

In Druckluft-Zentralheizungsanlagen werden Heizelemente erst nach Einschaltung der entsprechenden Ventilatoren eingeschaltet und werden bei Ausschaltung der Ventilatoren ausgeschaltet, es sei denn, die Anlage ist so gebaut, dass Heizelemente ohne Lüftung keine gefährlichen Temperaturen erreichen. Darüber hinaus erfolgt eine Kontrolle durch zwei unabhängige Temperaturbegrenzer oder einen Luftstromwächter und einen Temperaturbegrenzer, die ebenfalls unabhängig voneinander sind. Diese Einrichtungen verhindern ein Überschreiten der zulässigen Temperatur in Luftkanälen.



## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 5.3.4.3 - Leitungsroller

#### a. Leitungsroller für bestimmte Verlängerungsschnüre

Trommeln von Leitungsrollern für Verlängerungsschnüre mit einer Nennstromstärke von höchstens 16 A haben einen Durchmesser, der mindestens dem zwölfeinhalbfachen des Kabeldurchmessers entspricht.

#### b. Andere Leitungsroller

Trommeln, auf denen andere als die unter *Buchstabe a* beschriebenen elektrischen Kabel aufgewickelt werden, haben einen Durchmesser, der mindestens dem dreißigfachen des Kabeldurchmessers entspricht; der Wickelbereich der Rollen steht im Verhältnis zum Kabeldurchmesser, um Verklemmungen zu vermeiden.

### Unterabschnitt 5.3.4.4 - Verlängerungsschnüre

Verlängerungsschnüre mit einer einzelnen Gerätesteckdose oder einer Mehrfachsteckdosenleiste, mit oder ohne Leitungsroller, werden gemäß den Vorschriften der diesbezüglichen Ministeriellen Erlasse zur Ausführung (je nach Datum des Inverkehrbringens) des Königlichen Erlasses vom 23. März 1977 oder des Königlichen Erlasses vom 21. April 2016 über das Inverkehrbringen elektrischer Betriebsmittel hergestellt und benutzt.

### Unterabschnitt 5.3.4.5 - Motorbetriebene handgehaltene Werkzeuge

Motorbetriebene handgehaltene Werkzeuge 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; die Bedingungen für die Benutzung motorbetriebener handgehaltener Werkzeuge werden in bestimmten Fällen äußerer Einflüsse eingeschränkt.

## Abschnitt 5.3.5 - Betriebsmittel für Anlagen bei Nieder- und Kleinspannung

### Unterabschnitt 5.3.5.1 - Verteiler- und Schaltgerätekombinationen

#### a. Allgemeines

Kopplungsanlagen und Schutzeinrichtungen (Sicherungen, Leitungsschutzschalter, ...) sind auf Trägerplatten in einer oder mehreren Verteiler- und Schaltgerätekombinationen gruppiert und angebracht.

Bei Anlagen an gewöhnlichen, der Öffentlichkeit zugänglichen Orten entsprechen Verteiler- und Schaltgerätekombinationen 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.

Verteiler- und Schaltgerätekombinationen bestehen aus nicht brennbarem und nicht hygroskopischen Materialien mit ausreichender mechanischer Festigkeit.

Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, die an der Rückseite nicht geschlossen sind, dürfen nicht direkt auf hygroskopischen oder leicht brennbaren Oberflächen angebracht werden.

#### b. Abschaltung

Verteiler- und Schaltgerätekombinationen müssen mit Einrichtungen ausgestattet sein, die die sichere Abschaltung dieser Verteiler- und Schaltgerätekombinationen gewährleisten. Abschaltvorrichtungen sind entweder in oder vor Verteiler- und Schaltgerätekombinationen vorgesehen. Die Vorschriften von *Unterabschnitt 5.3.3.1* (Sicherheitsabschaltung) sind anwendbar.

#### c. Standort

Verteiler- und Schaltgerätekombinationen sind so installiert, dass sie leicht bedient, überwacht und instand gehalten werden können und elektrische Betriebsmittel in diesen Verteiler- und Schaltgerätekombinationen leicht zugänglich sind.

### Unterabschnitt 5.3.5.2 - Steckdosen

Ortsfeste Einbausteckdosen sind je nach Art der verwendeten elektrischen Leitung in metallischen Dosen mit oder ohne Innenisolierung oder in Dosen aus Isolierstoff untergebracht.

Steckdosen, die an Wänden von Räumlichkeiten ohne Gefahr in Verbindung mit Feuchtigkeit (AD1) befestigt sind, müssen so angebracht sein, dass die Achse ihrer Kontaktbuchsen mindestens 0,15 m über dem fertigen Boden liegt, wenn die Steckdosen nicht in Fußböden oder -leisten eingebaut sind.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Bei allen anderen äußeren Einflüssen (AD2 bis AD8) liegt die Achse der weiblichen Kontakte der Steckdosen mindestens 0,25 m über dem fertigen Boden.

Bei der Installation von Steckdosen in Fußböden oder -leisten werden speziell für diesen Zweck vorgesehene Modelle verwendet, 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, und zwar je nach äußeren Einflüssen.

### Unterabschnitt 5.3.5.3 - Differenzstrom-Schutzeinrichtungen

#### a. Wahl von Schutzeinrichtungen

Differenzstrom-Schutzeinrichtungen werden gemäß den Bestimmungen des vorliegenden Buches gewählt und installiert. Sie weisen eine Kurzschlussfestigkeit auf, die der Kurzschlussleistung an der Stelle, an der sie installiert sind, entspricht.

#### b. Installation

Differenzstrom-Schutzeinrichtungen werden an Stellen installiert, an denen ihr sicherer und effizienter Betrieb nicht durch mechanische Schwingungen, äußere Magnetfelder oder andere Einflüsse gestört werden kann.

Sie werden an trockenen Orten installiert oder sind wirksam gegen Feuchtigkeit geschützt.

Wenn Differenzstrom-Schutzeinrichtungen in Verteiler- und Schaltgerätekombinationen angebracht sind, werden Vorkehrungen getroffen, damit der Prüftaster ohne besondere Hilfsmittel und ohne Gefahr einer zufälligen Berührung unter Spannung stehender Teile leicht zugänglich ist.

#### c. Abschaltung von Leitern

Differenzstrom-Schutzeinrichtungen gewährleisten die Abschaltung aller aktiven Leiter eines Stromkreises.

Der magnetische Kreis des Transformators einer Schutzeinrichtung umschließt alle aktiven Leiter des Stromkreises, einschließlich des Neutralleiters. Der entsprechende Schutzleiter muss hingegen außerhalb des magnetischen Kreises angebracht werden.

Es ist also verboten, zwei zweipolige Schutzeinrichtungen zu installieren, um den Schutz eines Gerätes oder Stromkreises mit vier Leitern zu gewährleisten oder einen solchen Stromkreis, dessen Neutralleiter geerdet ist, anhand einer dreipoligen Schutzeinrichtung zu schützen.

Es ist hingegen nicht verboten, Schutzeinrichtungen mit einem oder zwei nicht angeschlossenen Polen zu verwenden: eine drei- oder vierpolige Schutzeinrichtung kann einen Stromkreis mit zwei oder drei Leitern schützen.

Eine einzelne vierpolige Differenzstrom-Schutzeinrichtung, die einphasig versorgt wird, kann mehrere getrennte Stromkreise schützen, sofern jeder Stromkreis nach der Differenzstrom-Schutzeinrichtung und unabhängig von dieser mehrpolig getrennt werden kann.

#### d. Normale Ableitströme

Differenzstrom-Schutzeinrichtungen müssen so gewählt werden und die Last muss so auf die Stromkreise verteilt werden, dass eventuelle Erdschlussströme, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb von Geräten entstehen können, nicht zu einer unbeabsichtigten Abschaltung der Einrichtungen führen können.

#### e. Entstörkondensatoren

Bestimmte Entstörkondensatorschaltungen können Differenzstrom-Schutzeinrichtungen desensibilisieren, insbesondere, wenn sie zwischen Außenleiter und Erde angeschlossen sind.

Geräte müssen daher so konzipiert sein, dass Entstörbaulemente nicht an aktiven Leitern des Versorgungsnetzes angeschlossen bleiben, wenn die Geräte nicht in Betrieb sind.

#### f. Gefahr durch Gleichstromanteile

Wenn elektrische Betriebsmittel, in denen Gleichstromanteile verursachende Stromunsymmetrien auftreten können, einer Differenzstrom-Schutzeinrichtung nachgeschaltet sind, werden Vorkehrungen getroffen, um sicherzustellen, dass Gleichstromanteile den Betrieb der Schutzeinrichtungen im Fall eines Erdschlusses nicht dermaßen stören, dass die Sicherheit beeinträchtigt wird. Dies ist bei bestimmten elektrischen Betriebsmitteln mit Halbleiterbauelementen (Dioden, Thyristoren, ...) der Fall.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Um derartige Störungen zu vermeiden, kann eine der folgenden Vorkehrungen getroffen werden:

- Die gewählten elektrischen Betriebsmittel erzeugen keinen Gleichstrom, der den Betrieb einer Schutzeinrichtung beeinträchtigen kann; dies ist bei Einrichtungen mit Vielperiodensteuerung oder symmetrischer Zündeinsetzungsteuerung der Fall.
- Elektrische Betriebsmittel, die Gleichstrom erzeugen oder verbrauchen, werden gemäß den für Klasse II geltenden Vorschriften hergestellt.
- Elektrische Betriebsmittel, die Gleichstrom erzeugen, werden über einen Trenntransformator versorgt.
- Schutzeinrichtungen sind so konstruiert, dass ihr Betrieb durch Gleichstrom nicht beeinträchtigt wird.
- Elektrische Betriebsmittel, die Gleichstrom erzeugen, sind mit einer Einrichtung ausgestattet bzw. sind durch eine Einrichtung geschützt, die sie bei Auftreten eines Fehlers mit Gleichstromanteil außer Betrieb setzt.

#### g. Körper und Schutzleiter

Alle Körper der durch Differenzstrom-Schutzeinrichtungen geschützten Teile von Anlagen, unabhängig von ihrer Empfindlichkeit, sind mit einem Erder verbunden.

Körper, die durch dieselbe Schutzeinrichtung geschützt sind, sind mit demselben Erder verbunden.

Neutralleiter sind nach Schutzeinrichtungen nicht mit Erde verbunden.

#### h. Störungssichere Einrichtungen

Differenzstrom-Schutzeinrichtungen mit Hilfsquelle werden als "störungssicher" bezeichnet, wenn ein Ausfall der Hilfsquelle automatisch eine Öffnung der Schutzeinrichtung hervorruft.

#### i. Einsatz hoher oder sehr hoher Empfindlichkeit

Der Einsatz von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen mit hoher oder sehr hoher Empfindlichkeit wird empfohlen:

- um zusätzlichen Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren zu gewährleisten,
- zur Beseitigung von Risiken, die durch Unterbrechung des Schutzleiters, der die Körper eines elektrischen Betriebsmittels mit der Erde verbindet, verursacht werden; diese eventuellen Risiken betreffen insbesondere Betriebsmittel, die durch bewegliche elektrische Leitungen versorgt werden, bei denen Verschleiß oder Materialermüdung der flexiblen elektrischen Leitungen dazu führen können, dass ein Schutzleiter unterbrochen wird, ohne dass dieser Bruch erkennbar ist,
- wenn elektrische Betriebsmittel unter schwierigen Bedingungen eingesetzt werden.

Aufgrund des geringen Wertes des Ansprech-Differenzstroms von Schutzeinrichtungen werden angemessene Vorkehrungen getroffen, um unbeabsichtigte Ausschaltungen durch Ableitströme statt durch Fehlerströme zu vermeiden.

#### j. Verbotsbestimmungen

Die durch Differenzstrom-Schutzeinrichtungen gewährte Sicherheit darf nicht beeinträchtigt werden, insbesondere nicht durch Verbindung zwecks Überbrückung der Eingangs- und Ausgangspole solcher Einrichtungen.

#### k. Prüfung von Schutzeinrichtungen

Wenn Schutzeinrichtungen regelmäßig, z.B. monatlich, nach den Anweisungen des Herstellers geprüft werden müssen, muss durch die Prüfung sichergestellt werden, dass eine Abschaltung der Stromversorgung stattfindet.

### Unterabschnitt 5.3.5.4 - Schalter und andere Bediengeräte

#### a. Allgemeines

Schalter und andere Bediengeräte entsprechen der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder entsprechen Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Sie sind für die Gebrauchskategorie bestimmt, die in der ihrer Bestimmung entsprechenden Norm definiert ist.

Sie sind:

- entweder bauartbedingt mit einer Umhüllung versehen
- oder in einer Verteiler- und Schaltgerätekombination angebracht, die eine mit den Benutzungsbedingungen vereinbare Schutzart gewährleistet.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Wenn sie eine Trennfunktion haben, entsprechen sie den besonderen Vorschriften der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm oder Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

**b. Abschaltung**

Schalter mit Trennfunktion gewährleisten eine gleichzeitige Abschaltung aller Außenleiter.

Wenn in Elementarstromkreisen eine zweipolige Abschalteinrichtung mit Trennfunktion vorgeschaltet ist, ist eine Benutzung einpoliger Steuerungseinrichtungen, die dieser Abschalteinrichtung nachgeschaltet sind, erlaubt.

Wenn ein Verteilnetzbetreiber eine Steuerungseinrichtung einer zweipoligen Abschalteinrichtung vor- oder nachschaltet, die es ermöglicht, die Abschaltung zwischen Anlage und Netz auszulösen, darf diese Steuerungseinrichtung einpolig sein, sofern dies auf der Steuerungseinrichtung sichtbar gekennzeichnet ist.

**c. Einbau**

In Wänden eingebaute Schalter sind je nach Art der verwendeten elektrischen Leitung in metallischen Dosen mit oder ohne Innenisolierung oder in Dosen aus Isolierstoff untergebracht, die die Anforderungen von *Unterabschnitt 4.3.3.5 Buchstabe a* erfüllen.

**Unterabschnitt 5.3.5.5 - Sicherungen und Leitungsschutzschalter****a. Betriebsbedingungen für kleine Leitungsschutzschalter**

Kleine Leitungsschutzschalter, die von BA1-, BA2- oder BA3-Personen bedient werden, sind so konzipiert, dass ihre Betriebsbedingungen von diesen Personen nicht ohne sichtbare Spuren, wie z.B. Beschädigung einer Plombe, verändert werden können.

**b. Sicherungsunterteile**

Sicherungsunterteile vom Typ D werden so angeschlossen, dass sich der Mittelkontakt am Speisepunkt der Anlage befindet.

Sicherungsunterteile mit Kontaktstiften sind so angeordnet oder so konzipiert, dass ausgeschlossen ist, dass durch Sicherungen oder kleine Kontaktstift-Leitungsschutzschalter Berührungen zwischen leitfähigen Teilen zweier benachbarter Unterteile entstehen können.

**c. Funktionsweise von Sicherungen**

Sicherungen entsprechen den diesbezüglichen vom König bestätigten Normen oder entsprechen Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in diesen Normen festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

**d. Ausschaltvermögen**

Sicherungen und Leitungsschutzschalter weisen ein Ausschaltvermögen auf, das der unbeeinflussten Kurzschlussleistung an der Stelle, an der sie installiert sind, entspricht, wobei die Mindestkurzschlussleistung von den für Energie bzw. für das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit zuständigen Ministern, jeweils für ihren Bereich, durch Erlass festgelegt wird.

Anschlusschutzeinrichtungen für hauswirtschaftliche Anlagen weisen ein Mindestausschalt- und -einschaltvermögen von 6000 A auf.

**e. Offene Sicherungskörper**

Sicherungstypen, bei denen Schmelzleiter nicht in einem vollständig geschlossenen Sicherungskörper untergebracht sind, sind verboten.

**f. In Geräten eingebaute Sicherungen und Leitungsschutzschalter**

Gerätesicherungen und Leitungsschutzschalter sind nur zum Einzelschutz von Geräten erlaubt, sofern sie in das Gerät eingebaut sind.

**g. Wahl von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen**

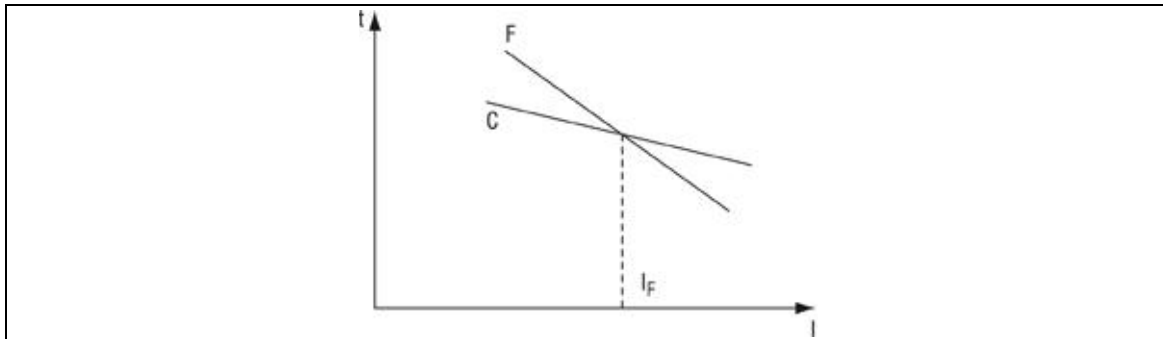
## – Sicherungen

Ein Mindestkurzschlussstrom ist im Allgemeinen ein Strom, der einem vollkommenen Kurzschluss am Ende einer geschützten elektrischen Leitung entspricht.

Ein Kurzschlussstrom  $I_{cc}$  darf nicht kleiner als  $I_F$  sein.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 5.43 - Wahl von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen - Sicherungen



$$I_{cc} \geq I_F$$

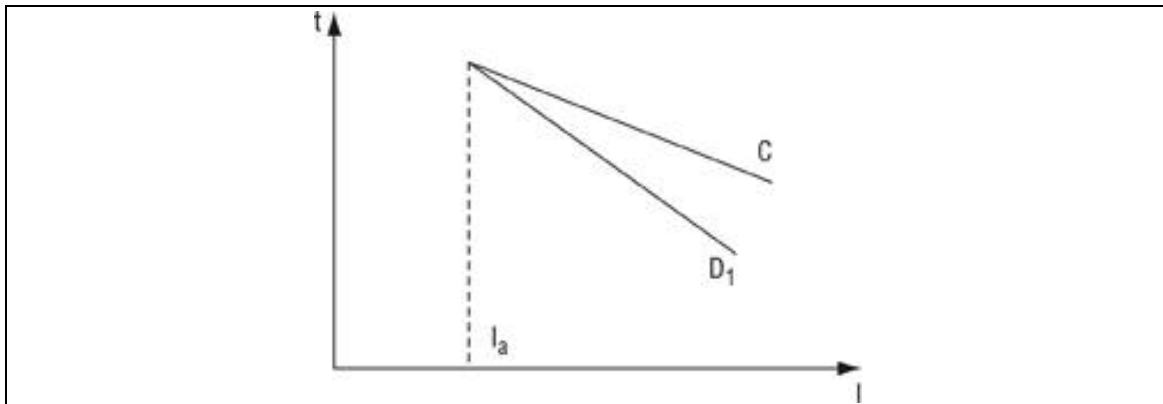
- C: Zeit-Strom-Kennlinie entsprechend der zulässigen thermischen Beanspruchung in einer geschützten elektrischen Leitung  
 F: Schmelzkurve der Sicherung (obere Grenze Betriebsbereich)

– Leitungsschutzschalter

In Bezug auf Leistungsschalter müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Der Mindestkurzschlussstrom muss mindestens  $I_a$  entsprechen.
- Der unbeeinflusste Kurzschlussstrom muss an Stellen, an denen sich Leitungsschutzschalter befinden, kleiner als  $I_b$  sein.

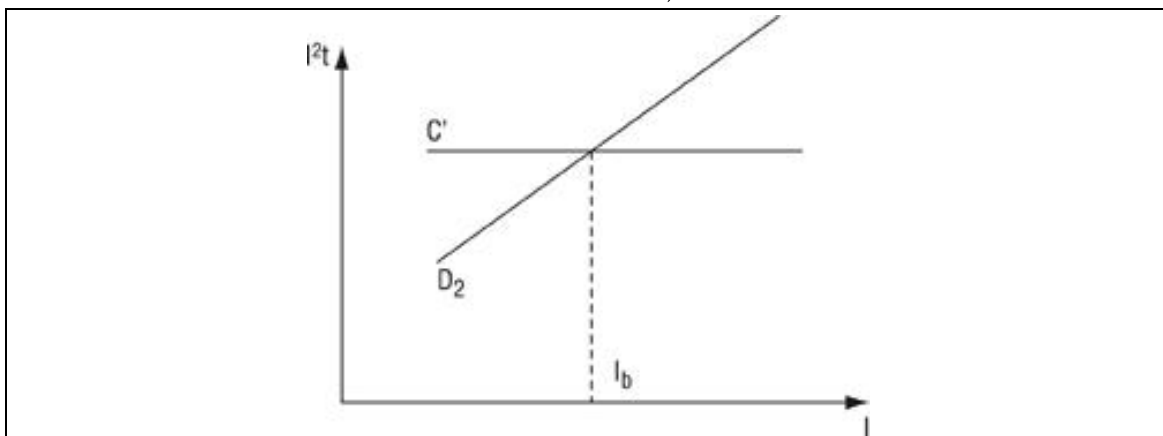
Abbildung 5.44 - Wahl von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen - Leitungsschutzschalter (Mindestkurzschlussstrom)



$$I_{cc} \geq I_a$$

- C: Zeit-Strom-Kennlinie entsprechend der zulässigen thermischen Beanspruchung in geschützten Leitern  
 D<sub>1</sub>: Arbeitskennlinie des Leitungsschutzschalters

Abbildung 5.45 - Wahl von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen - Leitungsschutzschalter (unbeeinflusster Kurzschlussstrom)



$$I_{cc} \leq I_b$$

- C': Zulässige  $I^2$ -t-Kurve der Leiter  
 D<sub>2</sub>:  $I^2$ -t-Kennlinie des Leitungsschutzschalters

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Wenn die Arbeitskennlinie (F oder D<sub>1</sub>) der Schutzeinrichtung weniger als 5 Sekunden unterhalb der C-Kurve der Leiter liegt, gilt für den Strom I<sub>a</sub> der Ansprechstromwert der Schutzeinrichtung während 5 Sekunden.

Für Kurzschlussströme, deren Dauer mehrere Perioden überschreitet, kann die I<sup>2</sup>-t-Kennlinie der Schutzeinrichtung durch Multiplikation des Quadrats des Effektivwerts der Arbeitskennlinie I der Schutzeinrichtung mit der Ansprechzeit t berechnet werden. Für Kurzschlussströme kürzerer Dauer müssen die vom Hersteller gelieferten I<sup>2</sup>-t-Kennlinien benutzt werden.

In IT-Anlagen müssen Schutzeinrichtungen über ein für die Außenleiterspannung geeignetes einpoliges Ausschaltvermögen verfügen.

Mindestkurzschlussströme werden nach einem gemäß den Regeln des Fachs festgelegten Berechnungsverfahren oder durch Anwendung folgender Formel bestimmt:

$$I = \frac{0,8 \cdot U}{\rho \cdot \frac{L}{S}}$$

U: Spannung, in V, bei bestimmungsgemäßem Betrieb an der Stelle, an der die Schutzeinrichtung installiert ist:

- zwischen Außenleiter und Neutraleiter, wenn im Stromkreis ein verteilter Neutraleiter vorhanden ist,
- zwischen Außenleitern, wenn im Stromkreis kein verteilter Neutraleiter vorhanden ist.

L: abgewickelte Länge, in Metern, der Leiter der elektrischen Leitung.

ρ: Resistivität des Metalls der Seele des Leiters.

Der Widerstand der Stromkreisleiter wird unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Temperatur während des Kurzschlusses beurteilt, was dem 1,5-fachen des Widerstands bei 20°C entspricht.

Der Einfluss der Reaktanz von Leitern mit großem Querschnitt kann berücksichtigt werden, indem der Widerstand bei einem Querschnitt von 150 mm<sup>2</sup> um 15 %, bei einem Querschnitt von 185 mm<sup>2</sup> um 20 % und bei einem Querschnitt von 240 mm<sup>2</sup> um 25 % erhöht wird.

S: Leiterquerschnitt in mm<sup>2</sup>.

### h. Schutz parallel geschalteter Leiter

Wenn eine Schutzeinrichtung mehrere parallel geschaltete Leiter gegen Kurzschlüsse schützt, müssen ihre Betriebsmerkmale bestimmt werden unter Berücksichtigung:

- des Mindestkurzschlussstroms, der entstehen kann,
- der höchsten thermischen Beanspruchungen, denen Leiter ausgesetzt sein können.

### i. Anschlussschutzeinrichtungen

Anschlussschutzeinrichtungen für hauswirtschaftliche und nicht hauswirtschaftliche Anlagen (Sicherungen oder Leitungsschutzschalter) bieten Überlastschutz für vor- und nachgeschaltete Teile eines Anschlusses bis zu den Überstrom-Schutzeinrichtungen auf beiden Seiten; sie bieten darüber hinaus Überstromschutz für nachgeschaltete Teile, und zwar bis zur nachfolgenden Überstrom-Schutzeinrichtung.

## Abschnitt 5.3.6 - Schaltgerätekombinationen bei Niederspannung

### Unterabschnitt 5.3.6.1 - Allgemeine Vorschriften

Niederspannung-Schaltgerätekombinationen und Gesamtsysteme 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.

### Unterabschnitt 5.3.6.2 - Steuerungs- und Verteilungseinrichtungen

#### a. Allgemeines

Wenn elektrische Leitungen einer benutzten Anlage aus nicht isolierenden Elektroinstallationsrohren bestehen, werden die Leitungen so angebracht, dass Kontakte zwischen Elektroinstallationsrohren und anderen leitfähigen Teilen vermieden werden.

Enden von nicht isolierenden Elektroinstallationsrohren sind mindestens 30 mm von aktiven Teilen, z.B. Klemmen, entfernt.

Außerdem werden Betriebsmittel für Anschlüsse so montiert, dass sich keine aktiven Teile in einer Entfernung von weniger als 30 mm zu Wänden oder äußeren metallischen Trägern befinden, es sei denn, ein isolierender Schirm wird eingesetzt.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### b. Anschluss hauswirtschaftlicher Anlagen

Bei Installation muss eine wirksame Trennung zwischen nicht isolierenden Elektroinstallationsrohren des Anschlusses an das Verteilnetz einerseits und nicht isolierenden Elektroinstallationsrohren der Anlage und leitfähigen Teilen des Gebäudes (z.B. Betonbewehrungen, Beschläge, metallische Einfassungen, ...) andererseits gewährleistet sein. Diese Trennung kann durch eine der folgenden Vorkehrungen erreicht werden:

- Einhaltung einer Luftstrecke von mindestens 6 mm zwischen diesen Teilen,
- Einsatz von Muffen, Kabelschutz oder Schirmen aus Isolierstoff.

### **Abschnitt 5.3.7 - Messkreise**

#### **Unterabschnitt 5.3.7.1 - 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).

Messwandler haben eine Nennleistung und gehören einer Klasse an, die für die angeschlossenen Geräte angemessen ist.

#### **Unterabschnitt 5.3.7.2 - Erdung von Hochspannungsmesskreisen**

Ein Punkt jeder Sekundärwicklung von Hochspannungsmesswandlern ist mit einer Hochspannungserdungsanlage verbunden. In Abweichung von den Bestimmungen von *Unterabschnitt 4.4.6.1* dürfen Überlast-Schutzeinrichtungen an der Primärseite von Hochspannungsmesswandlern und ihren elektrischen Versorgungsleitungen weggelassen werden.

#### **Unterabschnitt 5.3.7.3 - Hochspannungsmesskreise**

In Abweichung von den Bestimmungen von *Abschnitt 4.4.3* 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 5.3.7.4 - 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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

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 bei Nieder- und Kleinspannung****Abschnitt 5.4.1 - Allgemeines**

In vorliegendem Kapitel werden Bestimmungen in Bezug auf Erdung, Schutzleiter und Potentialausgleichsverbindungen zur Erfüllung von Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen behandelt.

**Abschnitt 5.4.2 - Erdungsanlagen****Unterabschnitt 5.4.2.1 - Erder**

Erder werden nach den Regeln des Fachs eingerichtet.

**Unterabschnitt 5.4.2.2 - Erdungsleiter**

Der Mindestquerschnitt von Erdungsleitern, einschließlich des Erdungsleiters des Neutralpunkts, wird wie der Mindestquerschnitt eines Schutzleiters berechnet.

Der Mindestquerschnitt beträgt mindestens:

- 16 mm<sup>2</sup>, wenn die Leiter aus Kupfer bestehen und durch Beschichtung gegen Korrosion geschützt sind,
- 25 mm<sup>2</sup>, wenn diese Leiter aus Kupfer bestehen, in anderen Fällen,
- 50 mm<sup>2</sup>, wenn diese Leiter aus Aluminium oder Stahl bestehen.

Isolierte oder blanke Aluminiumleiter dürfen nicht unterirdisch verlegt werden.

**Abschnitt 5.4.3 - Schutzleiter****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 die anderen Leiter isoliert sind,
- blanke oder isolierte metallische Außenmäntel oder Schutzschirme elektrischer Leitungen, die nach den Regeln des Fachs zu diesem Zweck geeignet sind. Es handelt sich insbesondere um Außenmäntel bewehrter elektrischer Leitungen mit mineralischer Isolierung und um Elektroinstallationsrohre, bei denen eine solche Nutzung durch entsprechende Regeln vorgesehen ist. Sie dürfen jedoch nur für die Stromkreise, zu denen sie gehören, als Schutzleiter dienen. Ihre elektrische Durchgängigkeit darf nicht durch mechanische, chemische oder elektrochemische Beschädigungen beeinträchtigt werden,
- metallische Umhüllungen von Schienenverteilern, wenn sie gleichzeitig folgende Bedingungen erfüllen:
  - Ihre elektrische Durchgängigkeit wird bei der Herstellung oder durch effiziente Verbindungen sichergestellt.
  - Ihre elektrische Durchgängigkeit darf nicht durch mechanische, chemische oder elektrochemische Beschädigung beeinträchtigt werden.
  - Es können weitere Schutzleiter angeschlossen werden,
- Umhüllungsteile fabrikfertiger Schaltgerätekombinationen, sofern dies in den entsprechenden Regeln erlaubt ist und unter Einhaltung der oben erwähnten Bedingungen,
- leitfähige Teile wie Metallgerüste, Maschinengehäuse, Gestelle von Hebezeugen und Wasserleitungen eines privaten und unabhängigen Netzes, wenn sie nicht zu Anlagen gehören, in denen Neutralleiter und Schutzleiter kombiniert sind (TN-C-Netz), und wenn sie gleichzeitig folgende Bedingungen erfüllen:
  - Ihre elektrische Durchgängigkeit wird entweder bauartbedingt oder durch geeignete Verbindungen sichergestellt.
  - Ihre elektrische Durchgängigkeit darf nicht durch mechanische, chemische oder elektrochemische Beschädigung beeinträchtigt werden.
  - Sie werden nicht ohne Ausgleichsmaßnahmen abmontiert.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### Unterabschnitt 5.4.3.2 - Mindestquerschnitt von Leitern

Der in mm<sup>2</sup> angegebene Mindestquerschnitt  $S_p$  eines Schutzleiters entspricht mindestens dem gemäß folgender Formel ermittelten Wert:

$$S_p = \frac{I}{k} \cdot \sqrt{t}$$

Dabei ist:

- $I$ : Effektivwert des Fehlerstroms, in Ampere, der bei einem Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz durch die Schutzeinrichtung fließen kann; die Begrenzungsleistung der Schutzeinrichtung wird berücksichtigt,
- $t$ : Ansprechzeit der Abschaltvorrichtung in Sekunden; beträgt höchstens 5 s,
- $k$ : Konstante, deren Wert von der Art des Metalls des Schutzleiters und seiner Isolierung abhängt, angegeben in *Tabelle 5.9*.

*Tabelle 5.9 - k-Werte für Schutzleiter*

<i>k-Werte für isolierte Schutzleiter, die nicht Teil von Kabeln sind, bzw. für blanke Schutzleiter, die Kabelbeschichtungen berühren</i>			
<i>Material des Leiters</i>	<i>Art der Isolierung der Schutzleiter bzw. der Kabelbeschichtungen</i>		
	<i>Polyvinylchlorid (PVC)</i>	<i>Vernetztes Polyethylen (VPE) Ethylen-Propylen (EPR)</i>	<i>Butylkautschuk (B)</i>
<i>Kupfer</i>	143	176	160
<i>Aluminium</i>	95	116	110
<i>Stahl</i>	52	64	60
<i>k-Werte für Schutzleiter, die Teil eines Mehrleiterkabels sind</i>			
<i>Material des Leiters</i>	<i>Art der Isolierung der Schutzleiter</i>		
	<i>Polyvinylchlorid (PVC)</i>	<i>Vernetztes Polyethylen (VPE) Ethylen-Propylen (EPR)</i>	<i>Butylkautschuk (B)</i>
<i>Kupfer</i>	115	143	134
<i>Aluminium</i>	76	94	89
<i>k-Werte für blanke Leiter, die kein Material berühren, das durch die höchste zulässige Temperatur beschädigt werden könnte</i>			
<i>Material des Leiters</i>	<i>Installationsbedingungen</i>		
	<i>Sichtbar und in vorbehaltenen Räumlichkeiten</i>	<i>In Gebäuden</i>	
		<i>Keine besondere Feuergefahr</i>	<i>Mit Feuergefahr</i>
<i>Kupfer</i>	228	159	138
<i>Aluminium</i>	125	105	91
<i>Stahl</i>	82	58	50

Die Anwendung der oben erwähnten Formel zur Ermittlung des Wertes von  $S_p$  ist nicht erforderlich, wenn Querschnitte von Schutzleitern den Vorschriften der *Tabelle 5.10* entsprechen.

*Tabelle 5.10 - Mindestquerschnitt von Schutzleitern, für die eine Ermittlung des  $S_p$ -Wertes nicht erforderlich ist*

<i>Querschnitt der Leiter der Anlage (S in mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Mindestquerschnitt der Schutzleiter (S<sub>p</sub> in mm<sup>2</sup>)</i>
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S$	0,5·S

Wenn die Anwendung dieser Regel zu nicht genormten Werten führt, werden Leiter mit einem am nächsten bei  $S_p$  liegenden genormten Querschnitt verwendet.

Auf diese Weise ermittelte Werte gelten nur, wenn die Schutzleiter aus demselben Metall wie die aktiven Leiter bestehen. Wenn dies nicht der Fall ist, wird der Querschnitt eines Schutzleiters so festgelegt, dass der Leitwert des Schutzleiters dem Leitwert entspricht, der sich aus Anwendung des anhand der Tabelle ermittelten Mindestquerschnitts des Schutzleiters ergibt.

Wenn ein Schutzleiter nicht Teil einer Versorgungsleitung ist, beträgt sein Querschnitt  $S_p$  mindestens:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, wenn der Leiter einen mechanischen Schutz hat,
- 4 mm<sup>2</sup>, wenn der Leiter keinen mechanischen Schutz hat.

Mindestquerschnitte von Hauptschutzleitern werden wie diejenigen von Schutzleitern berechnet.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

---

**Unterabschnitt 5.4.3.3 - Kennzeichnung von Leitern**

Wenn Schutzleiter, ob Teil eines Kabels oder nicht, isoliert sind, muss diese Isolierung die Farben Grün und Gelb tragen, so wie dies in der diesbezüglichen vom König bestätigten oder vom NBN registrierten Norm bestimmt ist, oder die Isolierung entspricht Bestimmungen, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Bei flexiblen Flachkabeln mit drei Leitern ohne zusätzlichen Mantel ist es nicht erforderlich, einen Leiter mit dieser Farbgebung zu kennzeichnen. In diesem Fall fungiert der mittlere Leiter als Schutzleiter, wenn der entsprechende Stromkreis mit einem Schutzleiter ausgestattet ist.

Bei vormontierten Rohren mit witterungsbeständiger Isolierung kann die Kennzeichnung auf andere Weise als durch Farbe erfolgen.

Bei elektrischen Leitungen, bei denen eine Isolierung in den Farben Grün und Gelb technisch nicht möglich ist, dürfen Schutzleiter anhand anderer Farben gekennzeichnet werden, sofern sich diese von der Einzelfarbe der Außenleiter unterscheiden und sofern es sich nicht um Blau handelt.

**Unterabschnitt 5.4.3.4 - Installation von Leitern**

Schutzleiter sind in angemessener Weise gegen mechanische und chemische Beschädigung sowie elektrodynamische Beanspruchung geschützt.

Anschlüsse werden auf sichere Weise und nach den Regeln des Fachs ausgeführt.

**Unterabschnitt 5.4.3.5 - Elektrische Durchgängigkeit**

Wenn nicht anders vorgeschrieben, werden keine Abschaltvorrichtungen wie Sicherungen, Schalter oder Trennschalter in Stromkreise von Schutzleitern eingefügt.

Zur Messung des Erdungswiderstandes von Erden ist es jedoch unerlässlich, eine Abschaltvorrichtung (Erdungsschalter) vorzusehen, die nur anhand eines Werkzeugs entfernt werden kann.

**Unterabschnitt 5.4.3.6 - Anschluss von Leitern an elektrische Betriebsmittel**

Elektrische Maschinen und Geräte der Klasse I sind mit Klemmen versehen, an die Schutzleiter angeschlossen werden können.

Durch Entfernen einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Geräts darf die Durchgängigkeit von Schutzstromkreisen nicht unterbrochen werden.

**Abschnitt 5.4.4 - Potentialausgleichsverbindungen****Unterabschnitt 5.4.4.1 - Hauptpotentialausgleichsverbindungen****a. Querschnitt von Leitern**

Der Querschnitt von Hauptschutzpotentialausgleichsleitern entspricht mindestens der Hälfte des Querschnitts des dicksten Schutzleiters einer Anlage, Erdungsleiter ausgenommen, wobei mindestens 6 mm<sup>2</sup> aus Kupfer bestehen.

Ihr Querschnitt kann jedoch beschränkt werden:

- auf 25 mm<sup>2</sup>, wenn der Leiter aus Kupfer besteht,
- auf den gleichwertigen elektrischen Querschnitt, wenn es sich um ein anderes Metall handelt.

**b. Ausführung**

Hauptschutzpotentialausgleichsleiter entsprechen den auf Schutzleiter anwendbaren Vorschriften. Sie werden gemäß diesen Vorschriften (*Unterabschnitte 5.4.3.4 und 5.4.3.6*) installiert und angeschlossen.

Hauptschutzpotentialausgleichsleiter sind mit einer Isolierung in den Farben Grün und Gelb versehen.

**Unterabschnitt 5.4.4.2 - Zusätzliche Potentialausgleichsverbindungen****a. Querschnitt von Leitern**

Der Querschnitt von Leitern zusätzlicher Potentialausgleichsverbindungen entspricht 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

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 mm<sup>2</sup>, wenn die Leiter mechanisch geschützt sind,
- 4 mm<sup>2</sup>, wenn die Leiter nicht mechanisch geschützt sind.

### b. Ausführung

Zusätzliche Schutzpotentialausgleichsleiter werden gemäß den Vorschriften für Schutzleiter (*Unterabschnitte 5.4.3.4 und 5.4.3.6*) installiert und angeschlossen.

Zusätzliche Schutzpotentialausgleichsleiter sind mit einer Isolierung in den Farben Grün und Gelb versehen.

### c. Effizienzprüfung

Im Zweifelsfall wird die Effizienz einer zusätzlichen Potentialausgleichsverbindung geprüft, indem sichergestellt wird, dass die Impedanz zwischen jedem betrachteten Körper und jedem anderen Körper oder jedem gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teil nicht über  $U/I_a$  liegt; dabei ist:

- $U$ : unbeeinflusste Berührungsspannung,
- $I_a$ : Ansprechstrom der Schutzeinrichtung innerhalb der in der Sicherheitskurve angegebenen Zeit, je nach Wert der unbeeinflussten Berührungsspannung.

Wenn eine Prüfung zwischen zwei Körpern, die von verschiedenen Stromkreisen versorgt werden, durchgeführt wird, wird sichergestellt, dass oben erwähnte Bedingung für die Schutzeinrichtungen aller betreffenden Stromkreise eingehalten wird.

## KAPITEL 5.5 - Erdung, Schutzleiter und Potentialausgleichsverbindungen bei Hochspannung

### Abschnitt 5.5.1 - Allgemeine Anforderungen

#### Unterabschnitt 5.5.1.1 - 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 5.5.1.2 - 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 5.5.1.3 - 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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

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<sup>2</sup>,
- 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 5.11* aufgeführt,
- β: Kehrwert des Temperaturkoeffizienten (α) der Resistivität des Materials je nach Temperatur des Materials in Grad Celsius, wie in *Tabelle 5.11* angegeben,
- Θ<sub>i</sub>: Ausgangstemperatur in °C unter normalen Umgebungsbedingungen,
- Θ<sub>f</sub>: höchste zulässige Temperatur in °C nach Durchfluss des in *Tabelle 5.12* angegebenen Fehlerstroms.

*Tabelle 5.11 - Werte der Konstanten β et k für bestimmte Materialien*

Material	β [°C]	k [A·√s/mm <sup>2</sup> ]
Kupfer	234,5	226
Aluminium	228	148
Stahl	202	78
Aluminiumlegierung	258	149

*Tabelle 5.12 - Höchste zulässige Temperatur je nach Material*

Material		Ausgangstemperatur Θ <sub>i</sub> [°C]	Endtemperatur Θ <sub>f</sub> [°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

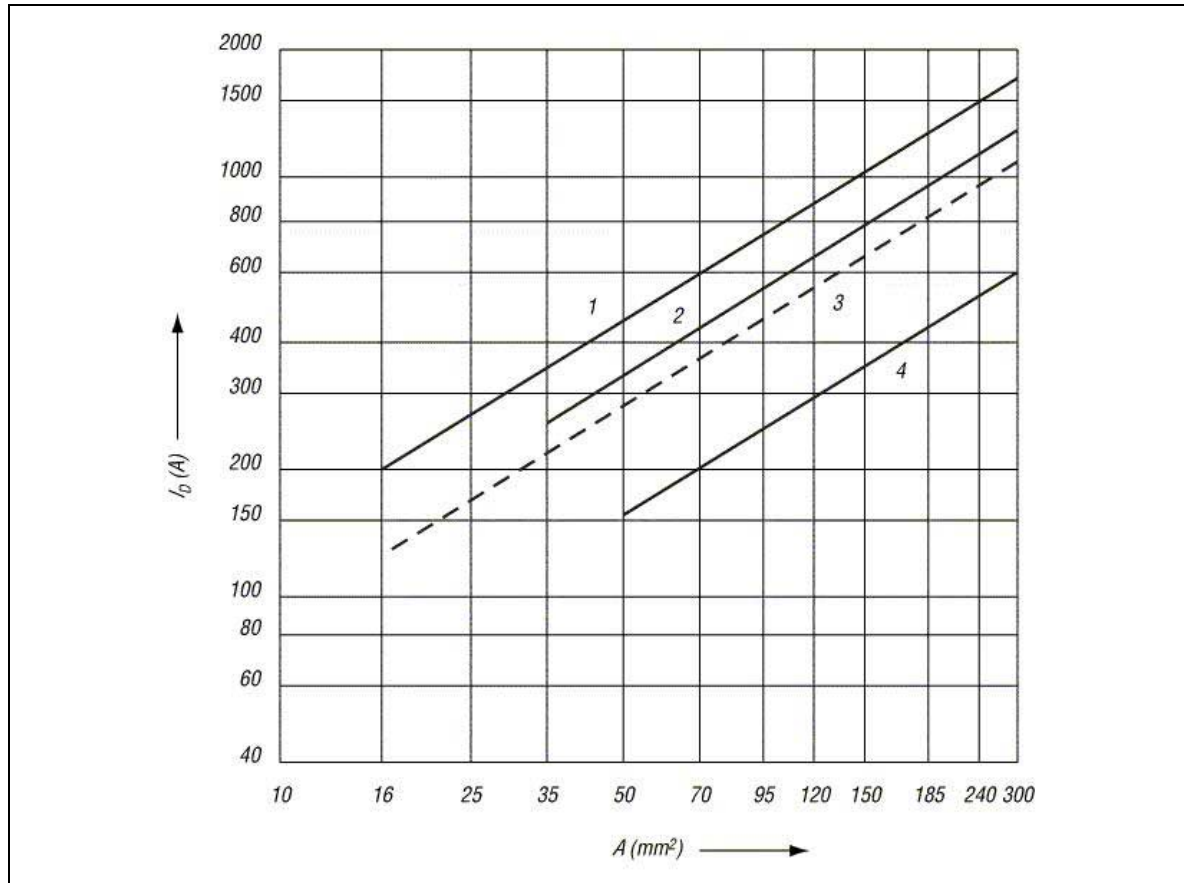
Für eine Dauer von mehr als 5 Sekunden wird der Mindestquerschnitt anhand der Grafik in *Abbildung 5.46* bzw. *5.47* bestimmt. Die Geraden 1, 2 und 4 beziehen sich auf eine Endtemperatur von 300 °C. Die Gerade 3 bezieht sich auf eine Endtemperatur von 150 °C. Wenn die einzuhaltende Endtemperatur nicht

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

300 °C entspricht, muss der in *Tabelle 5.13* bestimmte Korrekturfaktor auf den aus der Grafik in *Abbildung 5.46* bzw. *5.47* entnommenen Wert angewandt werden.

Die Werte der *Abbildungen 5.46* und *5.47* und der *Tabelle 5.13* gelten nicht für Leiter, die mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind; für diese Leiter müssen die Werte durch Berechnung bestimmt werden.

*Abbildung 5.46 - Strom  $I_0$  für Erdungsleiter mit kreisförmigem Querschnitt je nach Querschnitt ( $A$  in  $\text{mm}^2$ )*

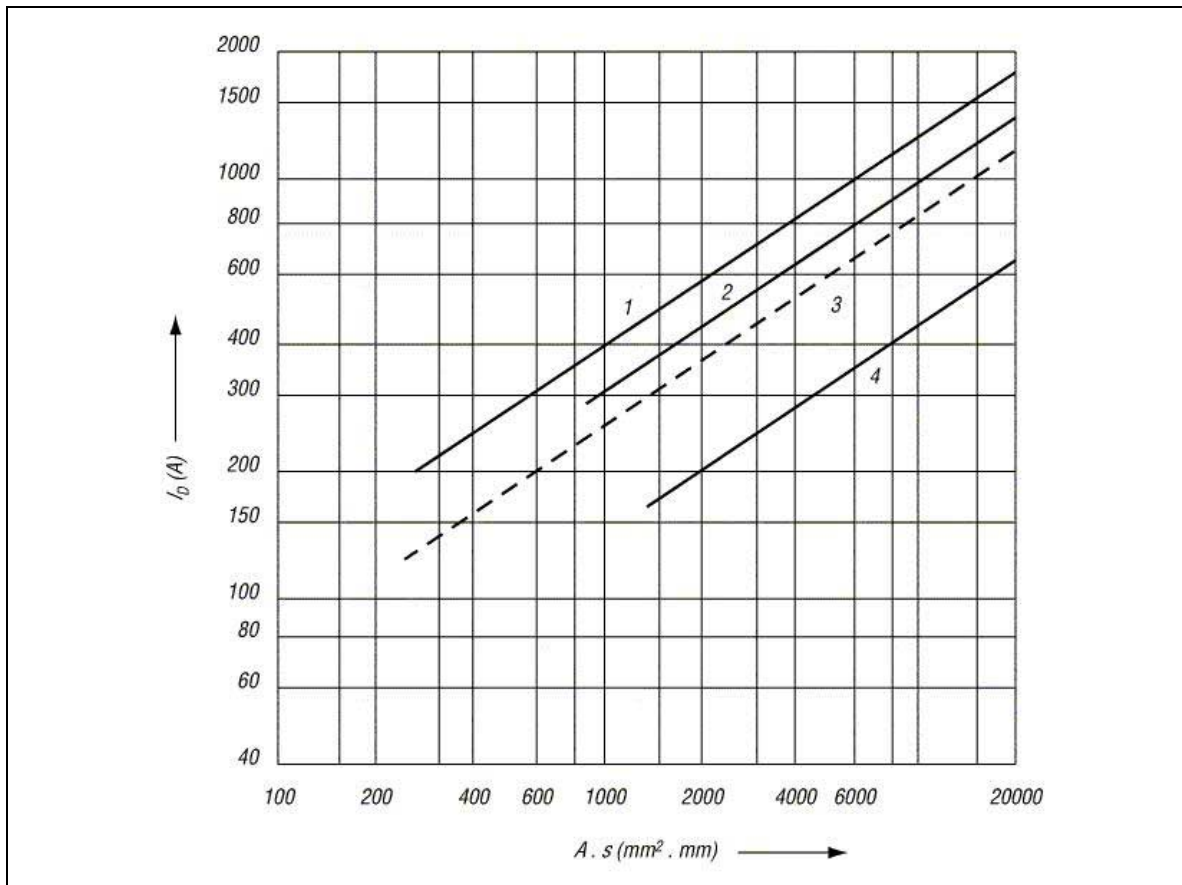


Die Geraden 1, 2 und 4 finden bei einer Endtemperatur von 300 °C Anwendung; die Gerade 3 bei einer Endtemperatur von 150 °C.

- Gerade 1: Kupfer, blank oder mit Zinkschicht
- Gerade 2: Aluminium
- Gerade 3: Kupfer, verzinkt oder mit Bleimantel
- Gerade 4: verzinkter Stahl

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Abbildung 5.47 - Strom  $I_b$  für Erdungsleiter mit rechteckigem Querschnitt je nach Produkt von Querschnitt und Umfang ( $A \times s$ )



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 5.13 - Korrekturfaktor je nach Endtemperatur

Endtemperatur $\theta_f$ [° C]	Korrekturfaktor
400	1,2
350	1,1
300	1,0
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6

**Abschnitt 5.5.2 - Erstellung von Erdern**

**Unterabschnitt 5.5.2.1 - Allgemeines**

Erdern können erstellt werden, indem eine oder mehrere horizontale, senkrechte oder schräge Erdungselektroden im Boden verlegt werden.

Horizontale Erdungselektroden werden in einer Mindestdiefe 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 5.5.2.2 - Eigenschaften

##### a. Wahl von Materialien und Mindestabmessungen

Mit Ausnahme der in b.6.1 aufgenommenen Sonderfälle bestehen Erdungselektroden aus den in Tabelle 5.14 erwähnten Materialien.

Ihre Mindestabmessungen, je nach Material und Art Elektrode, entsprechen den in genannter Tabelle erwähnten Werten.

Tabelle 5.14 - 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 <sup>2</sup> ]	Dicke [mm]	Individueller Wert [µm]	Mittelwert [µm]
<b>Stahl</b>						
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
<b>Kupfer</b>						
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

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

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 m<sup>2</sup>, 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 4.2.5.2 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 cm<sup>2</sup> 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 4.2.5.2 Punkt b.3* vorgesehen) zu messen, bevor die Betonplatte gegossen wird.

**Unterabschnitt 5.5.2.3 - 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.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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  $\text{mm}^2$  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 5.5.3 - Erstellung von Schutzleitern

#### Unterabschnitt 5.5.3.1 - 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 5.5.3.2 - 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  $\text{mm}^2$  für Kupferleiter, die auf Putz verlegt oder in Beton eingebaut sind,
- 35  $\text{mm}^2$  für Kupferleiter ohne Korrosionsschutz, die unterirdisch oder unter Putz verlegt sind,
- 50  $\text{mm}^2$  für Leiter aus Aluminium oder Stahl.

Die Erdung bestimmter Metallteile wie Geländer kann jedoch anhand eines Schutzleiters aus Kupfer mit einem Mindestquerschnitt von 4  $\text{mm}^2$  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  $\text{mm}^2$ .

#### Unterabschnitt 5.5.3.3 - 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 5.5.3.4 - 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 5.5.3.5 - Anschluss von Leitern an elektrische Betriebsmittel

Die Körper aller Maschinen und elektrischen Geräte müssen gemäß *Unterabschnitt 5.5.3.1* 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.

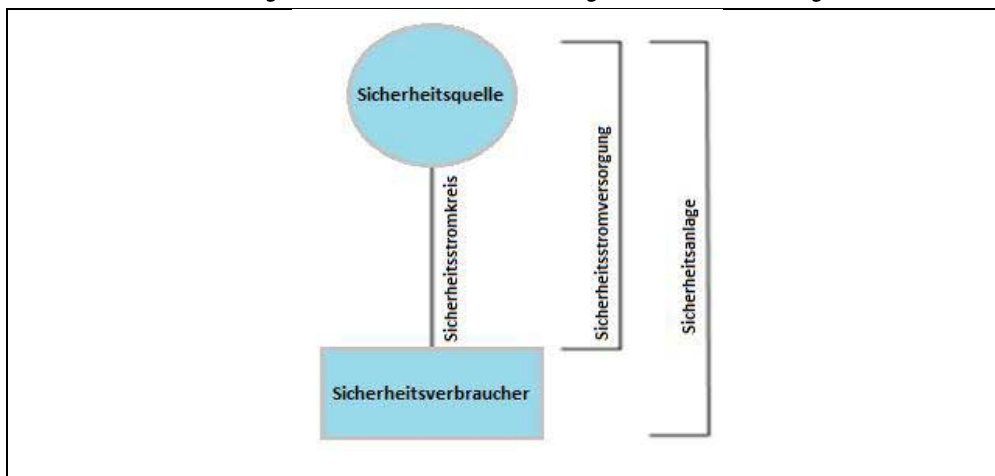
## KAPITEL 5.6 - Sicherheitsanlagen (Nieder- und Kleinspannung)

### Abschnitt 5.6.1 - Allgemeines

In vorliegendem Kapitel werden spezifische Vorschriften in Bezug auf Wahl und Einsatz von Sicherheitsanlagen behandelt.

Sicherheitsanlagen können allgemein gemäß *Abbildung 5.48* dargestellt werden.

Abbildung 5.48 - Schematische Darstellung einer Sicherheitsanlage



Spezifische Vorschriften eines anderen Bezugssystems dürfen von Vorschriften des vorliegenden Kapitels abweichen, wenn eine Sicherheitsanlage alle Anforderungen des betreffenden Bezugssystems erfüllt. Spezifische Vorschriften des vorliegenden Kapitels, die nicht durch dieses Bezugssystem abgedeckt sind, bleiben anwendbar. Die Verpflichtung, mindestens die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen, besteht weiterhin.

Unter anderem Bezugssystem versteht man:

- entweder eine in Belgien anwendbare gesetzliche Vorschrift
- oder eine vom König bestätigte oder vom NBN registrierte technische Norm.

Betreiber oder ihre Beauftragten müssen eine Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen durchführen. Diese umfasst mindestens Folgendes:

- Bestimmung der Sicherheitsanlagen,
- Bestimmung der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes Sicherheitsverbrauchers,
- Bestimmung der Eigenschaften der Sicherheitsquellen.

Maßnahmen, die im Rahmen der Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen getroffen werden, werden in der Liste der Sicherheitsanlagen aufgeführt. Liste und Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen werden der zugelassenen Stelle und dem mit der Überwachung beauftragten Beamten zur Verfügung gehalten.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

In *Kapitel 5.6* versteht man unter:

- Redundanz von Sicherheitsverbrauchern: Benutzung mehrerer Sicherheitsverbraucher, um die gleiche Funktion zu gewährleisten, wobei der Ausfall eines oder mehrerer redundanter Sicherheitsverbraucher den vorgegebenen Zweck nicht beeinträchtigt. Der Grad der Redundanz wird durch die Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen bestimmt.
- Redundanz elektrischer Leitungen: Benutzung mehrerer elektrischer Leitungen zur Versorgung von Verteiler- und Schaltgerätekombinationen oder Verbrauchern einer Sicherheitsanlage über eine Schleife, wobei der Ausfall einer oder mehrerer redundanter elektrischer Leitungen die Versorgung der Verteiler- und Schaltgerätekombinationen oder Verbraucher nicht beeinträchtigt. Der Grad der Redundanz wird durch die Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen bestimmt.

### **Abschnitt 5.6.2 - Ziele**

Die Aufrechterhaltung der Funktion von Sicherheitsanlagen muss gewährleistet sein:

- bei Ausfall der normalen Quelle,
- bei Feuer,
- bei elektrischen Fehlern.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, ist es erforderlich, spezifische Stromquellen, elektrische Betriebsmittel, Stromkreise und elektrische Leitungen zu wählen.

Äußere Einflüsse, die die Aufrechterhaltung der Funktion einer Sicherheitsanlage stören können, müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Sie werden von Betreibern oder ihren Beauftragten bei der Wahl und dem Einsatz elektrischer Betriebsmittel bestimmt.

### **Abschnitt 5.6.3 - Bestimmung von Sicherheitsanlagen**

Als Sicherheitsanlagen gelten:

- Sicherheitsanlagen, die in gesetzlichen Vorschriften auferlegt werden, wie in *Abschnitt 5.6.1* bestimmt,
- und Sicherheitsanlagen, die auf der Grundlage einer Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen durch Betreiber oder ihre Beauftragten bestimmt werden.

Störungssichere Verbraucher sind per Definition nicht Bestandteil von Sicherheitsanlagen.

Betreiber oder ihre Beauftragten erstellen eine Liste der Sicherheitsanlagen. Diese Liste enthält für jede Sicherheitsanlage einen Verweis (Risikoanalyse oder gesetzliche Vorschriften).

Die Sicherheitsanlagen 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.

### **Abschnitt 5.6.4 - Bestimmung der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion von Sicherheitsverbrauchern**

Die Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes Sicherheitsverbrauchers wird bestimmt:

- entweder durch ein Bezugssystem, wie in *Abschnitt 5.6.1* festgelegt,
- oder durch die Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen.

In der Liste der Sicherheitsanlagen wird die Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes Sicherheitsverbrauchers angegeben.

### **Abschnitt 5.6.5 - Maßnahmen bei Ausfall der normalen Quelle**

#### **Unterabschnitt 5.6.5.1 - Sicherheitsverbraucher mit integrierter Sicherheitsquelle**

In Sicherheitsverbraucher integrierte Sicherheitsquellen müssen sich automatisch einschalten, wenn die normale Quelle ausfällt. Diese Sicherheitsquellen müssen eine Betriebszeit gewährleisten, die mindestens der in *Abschnitt 5.6.4* bestimmten Dauer der Aufrechterhaltung entspricht.

Durch die Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen oder etwaige Bezugssysteme wird Folgendes bestimmt:

- Notwendigkeit, den Ausfall der normalen Quelle zu melden, und eventuell einzusetzende Mittel,
- Notwendigkeit, Ausfälle zu melden, und eventuell einzusetzende Mittel,
- Häufigkeit von Umschalttests.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Betreiber müssen das richtige Funktionieren der in Sicherheitsverbraucher integrierten Sicherheitsquellen durch Instandhaltung und Überwachung sicherstellen. Sie müssen regelmäßig Umschalttests durchführen und bei Ausfällen schnellstmöglich erforderliche Reparaturen durchführen, um eine Aufrechterhaltung der Funktion der Sicherheitsanlagen zu gewährleisten. Personen, die diese Instandhaltungen und Tests durchführen, dokumentieren unternommene Handlungen.

#### Unterabschnitt 5.6.5.2 - Sicherheitsverbraucher mit nicht integrierter Sicherheitsquelle

Für Sicherheitsquellen wird durch die Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen mindestens Folgendes bestimmt:

- ihre Anzahl,
- ihre Anordnung,
- ihre Schaltzeit,
- Stelle der Spannungsmessungen für die automatische Umschaltung (unter Berücksichtigung von Spannungs- und Frequenzänderungen),
- Notwendigkeit, den Ausfall der normalen Quelle zu melden, und eventuell einzusetzende Mittel,
- Notwendigkeit, Ausfälle zu melden, und eventuell einzusetzende Mittel,
- Häufigkeit von Umschalttests,
- Reihenfolge, in der alle Sicherheitsquellen eingeschaltet werden.

Folgende Sicherheitsquellen sind zulässig:

- Batterien,
- Zellen,
- Generatoren, die nicht von der normalen Quelle abhängen,
- unterbrechungsfreie Stromversorgung (auch uninterruptible power supply genannt).

Unter Sicherheitsquelle versteht man: eine Sicherheitsquelle oder eine Gruppe von Sicherheitsquellen.

Sicherheitsquellen müssen sich bei Ausfall der normalen Quelle automatisch und in der Reihenfolge einschalten, die in der Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen festgelegt worden ist.

Sicherheitsquellen müssen an einem festen Standplatz so installiert werden, dass sie durch Ausfall der normalen Quelle nicht beeinträchtigt werden können.

Sicherheitsquellen müssen die Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes angeschlossenen Sicherheitsverbrauchers gewährleisten.

Sicherheitsquellen müssen an einem geeigneten, ausschließlich dafür vorgesehenen Ort installiert sein. Der Ort ist nur für elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) zugänglich.

Sicherheitsquellen müssen so konzipiert und installiert sein, dass Risiken einer Beeinträchtigung der Sicherheitsstromversorgung durch Feuer, Überschwemmungen, Frost, Vandalismus und andere ungünstigen Bedingungen begrenzt werden.

Standorte von Sicherheitsquellen müssen ausreichend belüftet sein, damit sich entstehende Gase und Rauch nicht in Räumlichkeiten ausbreiten können, die für Personen zugänglich sind.

Separate, voneinander unabhängige Anschlüsse, die über ein Verteilnetz (Nieder- oder Hochspannung) versorgt werden, sind als Sicherheitsquelle nicht zulässig.

Die Leistung von Sicherheitsquellen ist so bemessen, dass Anlauf und Betrieb der an Sicherheitsquellen angeschlossenen Sicherheitsverbraucher unter ungünstigsten Bedingungen gewährleistet ist. Sicherheitsquellen dürfen auch, mit oder ohne Lastabwurf, für andere Verbraucher als Sicherheitsverbraucher benutzt werden, sofern ihre Verfügbarkeit für Sicherheitsverbraucher nicht beeinträchtigt wird.

Betreiber müssen das richtige Funktionieren von Sicherheitsquellen durch Instandhaltung und Überwachung sicherstellen. Dies beinhaltet z.B.: Verfügbarkeit von Hilfsmitteln der Sicherheitsquellen, Kraftstoffstand, Ladezustand von Batterien, ... Betreiber müssen regelmäßig Umschalttests durchführen. Mindestens einmal jährlich muss ein Umschalttest unter Last durchgeführt werden. Betreiber müssen bei Ausfällen schnellstmöglich erforderliche Reparaturen durchführen, um eine Aufrechterhaltung der Funktion der Sicherheitsanlagen zu gewährleisten. Personen, die diese Instandhaltungen und Tests durchführen, dokumentieren unternommene Handlungen.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Abschnitt 5.6.6 - Maßnahmen bei Feuer****Unterabschnitt 5.6.6.1 - Allgemeines****a. Sicherheitsverbraucher mit integrierter Sicherheitsquelle**

Sicherheitsverbraucher und ihre Stromkreise (Verteiler- und Schaltgerätekombinationen und elektrische Leitungen) müssen keinen Feuerwiderstand aufweisen. Dies schließt jedoch eine Benutzung von Sicherheitsverbrauchern mit Feuerwiderstand zur Erfüllung anderer Verpflichtungen nicht aus.

Kabel für die Kommunikations- und Informationstechnologie, Signalisierung oder Bedienung von Sicherheitsverbrauchern müssen den Anforderungen für elektrische Leitungen von *Unterabschnitt 5.6.6.4* entsprechen, außer wenn sie die Funktionstüchtigkeit der Sicherheitsverbraucher nicht beeinträchtigen.

**b. Sicherheitsverbraucher mit nicht integrierter Sicherheitsquelle**

Sicherheitsverbraucher müssen keinen Feuerwiderstand aufweisen. Dies schließt jedoch eine Benutzung von Sicherheitsverbrauchern mit Feuerwiderstand zur Erfüllung anderer Verpflichtungen nicht aus.

Die *Unterabschnitte 5.6.6.2 bis 5.6.6.4* sind für Sicherheitsquellen und Sicherheitsstromkreise anwendbar.

Unabhängige Schutzleiter und Kabel für die Kommunikations- und Informationstechnologie, Signalisierung oder Bedienung von Sicherheitsanlagen müssen den Anforderungen für elektrische Leitungen von *Unterabschnitt 5.6.6.4* entsprechen, außer wenn sie die Funktionstüchtigkeit der Sicherheitsanlagen nicht beeinträchtigen.

**Unterabschnitt 5.6.6.2 - Nicht integrierte Sicherheitsquellen**

Räumlichkeiten, in denen eine nicht integrierte Sicherheitsquelle installiert ist, müssen gegenüber benachbarten Räumlichkeiten einen Feuerwiderstand aufweisen, der mindestens der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes von der Sicherheitsquelle versorgten Sicherheitsverbrauchers entspricht. Gleichermaßen müssen Rauchabzugs- und Belüftungskanäle einen Feuerwiderstand aufweisen, der mindestens dem Feuerwiderstand der für die Sicherheitsquelle bestimmten Räumlichkeit entspricht, wenn diese Kanäle durch andere Räumlichkeiten als die für die Sicherheitsquelle bestimmte Räumlichkeit führen.

**Unterabschnitt 5.6.6.3 - Verteiler- und Schaltgerätekombinationen von Sicherheitsstromkreisen (in vorliegendem Buch als Sicherheitsverteiler bezeichnet)**

Sicherheitsverteiler:

- werden entweder in ausschließlich dafür vorgesehenen Räumlichkeiten installiert, die einen Feuerwiderstand aufweisen, der mindestens der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes von den Sicherheitsverteilern versorgten Sicherheitsverbrauchers entspricht,
- oder sie weisen (einschließlich ihres Zubehörs) einen Feuerwiderstand auf, der mindestens der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes von ihnen versorgten Sicherheitsverbrauchers entspricht.

Räumlichkeiten und Sicherheitsverteiler sind nur für elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) zugänglich.

Die Bestimmungen der zwei vorhergehenden Absätze gelten nicht für Stell- und/oder Anzeigetafeln, die aus Sicherheitsgründen zugänglich bleiben müssen (z.B. Stell- und Anzeigetafeln zur Branderkennung).

In Abweichung von der Verpflichtung einer Installation in ausschließlich für nicht integrierte Sicherheitsquellen (*Unterabschnitt 5.6.5.2 Absatz 7*) bzw. Sicherheitsverteiler (*Unterabschnitt 5.6.6.3 Absatz 1*) vorgesehenen Räumlichkeiten ist es erlaubt, eine Sicherheitsquelle und Sicherheitsverteiler in derselben Räumlichkeit zu installieren. Diese Räumlichkeit muss einen Feuerwiderstand aufweisen, der mindestens der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes von der Sicherheitsquelle und den Sicherheitsverteilern versorgten Sicherheitsverbrauchers entspricht.

Es ist erlaubt, andere Stromkreise als Sicherheitsstromkreise in Sicherheitsverteilern zu installieren, sofern:

- die Sicherheitsverteiler einen Feuerwiderstand aufweisen und
- Stromkreise, die keine Sicherheitsstromkreise sind, von Sicherheitsstromkreisen durch eine Wand getrennt sind, deren Feuerwiderstand mindestens demjenigen des Sicherheitsverteilers entspricht.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Unterabschnitt 5.6.6.4 - Elektrische Leitungen von Sicherheitsstromkreisen****a. Allgemeines**

Um die Aufrechterhaltung der Funktion von Sicherheitsverbrauchern und Sicherheitsverteilern zu gewährleisten, sind elektrische Leitungen ihrer Sicherheitsstromkreise:

- entweder nicht redundant, weisen aber einen Feuerwiderstand auf (siehe *Buchstabe b*),
- oder redundant (siehe *Buchstabe c*).

Wenn die elektrische Leitung eines Sicherheitsverbrauchers oder Sicherheitsverteilers einen Feuerwiderstand aufweist, müssen entlang der elektrischen Leitung benutzte Abzweigboxen einen Feuerwiderstand aufweisen, der der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion des von der elektrischen Leitung versorgten Sicherheitsverbrauchers bzw. Sicherheitsverteilers entspricht.

In Räumlichkeiten, die ausschließlich für Sicherheitsquellen und Sicherheitsverteiler vorgesehen sind und einen Feuerwiderstand aufweisen, der mindestens der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes von den Sicherheitsquellen oder Sicherheitsverteilern versorgten Sicherheitsverbrauchers entspricht, müssen elektrische Leitungen eines Sicherheitsstromkreises in diesen Räumlichkeiten keinen Feuerwiderstand aufweisen, sofern die Gesamtlänge der elektrischen Leitungen dieses Sicherheitsstromkreises in diesen Räumlichkeiten nicht mehr als 10 Meter beträgt.

In Abteilungen (in vorhergehendem Absatz erwähnte Räumlichkeiten ausgenommen), in denen ein Sicherheitsverbraucher installiert ist, müssen elektrische Leitungen des Endstromkreises dieses Sicherheitsverbrauchers in diesen Abteilungen keinen Feuerwiderstand aufweisen, sofern:

- die Gesamtlänge der elektrischen Leitungen dieses Endstromkreises in diesen Abteilungen nicht mehr als 10 Meter beträgt und
- der Sicherheitsverbraucher keinen Feuerwiderstand aufweist.

Die interne Verkabelung in Sicherheitsverteilern muss keinen Feuerwiderstand aufweisen.

**b. Nicht redundante elektrische Leitungen von Sicherheitsstromkreisen, die einen Feuerwiderstand aufweisen**

Wenn Sicherheitsverteiler oder Sicherheitsverbraucher über eine nicht redundante elektrische Leitung versorgt werden, trifft auf isolierte Leiter, Kabel und Zubehör Folgendes zu:

- Sie besitzen entweder die Eigenschaft FR2 gemäß *Unterabschnitt 4.3.3.4 Tabelle 4.8* oder eine gleichwertige Eigenschaft, die eine Aufrechterhaltung der Funktion wie in *Abschnitt 5.6.4* bestimmt gewährleistet,
- oder sie sind in Verlegesystemen verlegt, deren Feuerwiderstand eine Aufrechterhaltung der Funktion wie in *Abschnitt 5.6.4* bestimmt gewährleistet,
- oder sie sind in Böden und Wänden eingebaut, deren Feuerwiderstand eine Aufrechterhaltung der Funktion wie in *Abschnitt 5.6.4* bestimmt gewährleistet,
- oder sie sind unterirdisch verlegt.

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. Die Klassifizierung in Bezug auf Brandverhalten in *Unterabschnitt 4.3.3.4 Tabelle 4.7* ist ebenfalls anwendbar.

Die Verlegung und Installation der elektrischen Leitungen und ihrer Befestigungen muss die Aufrechterhaltung der Funktion des Sicherheitsstromkreises gewährleisten.

Wenn Installationen über lange senkrechte Strecken erfolgen, müssen elektrische Leitungen so befestigt werden, dass sie bei Feuer nicht vorzeitig zusammenfallen.

Mögliche negative Einflüsse durch Installation anderer (elektrischer und nicht elektrischer) Anlagen, die keine Sicherheitsanlagen sind, in der Nähe von Sicherheitsanlagen müssen berücksichtigt werden. Beispiel einer zu vermeidenden Situation: eine Kabelwanne ohne Eigenschaft FR2, die über einer Kabelwanne mit Eigenschaft FR2 verlegt wird und die bei Feuer auf Letztere fallen könnte.

Zur Berechnung von Leiterquerschnitten muss die Widerstandserhöhung der Leiter elektrischer Leitungen und die Dämpfung aller Übertragungssignale aufgrund der Temperaturerhöhung bei Feuer berücksichtigt werden. Die Abteilung, in der die größte Spannungsänderung in der elektrischen Leitung eines Sicherheitsstromkreises auftritt, muss berücksichtigt werden. Es ist erlaubt, den Einfluss eventuell in der

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abteilung installierter Brandschutzmittel (z.B. Sprinkler) zu berücksichtigen. Der höchste Anstieg der Umgebungstemperatur bei Feuer wird von Betreibern anhand der Einheitstemperaturzeitkurve zur Bestimmung des Feuerwiderstands von Bauelementen ermittelt. Letztere hängt von der in *Abschnitt 5.6.4* bestimmten Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion ab. Querschnitte von Leitern elektrischer Leitungen können gemäß den Regeln des Fachs berechnet werden.

#### c. Redundante elektrische Leitungen von Sicherheitsstromkreisen

Wenn ein Sicherheitsverteiler oder Sicherheitsverbraucher durch mehrere elektrische Leitungen (Anzahl durch Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen zu bestimmen) versorgt wird und wenn jede elektrische Leitung in separaten Abteilungen verläuft, die einen Feuerwiderstand aufweisen, der mindestens der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion des über redundante elektrische Leitungen versorgten Sicherheitsverteilers bzw. Sicherheitsverbrauchers entspricht, müssen elektrische Leitungen in diesen Abteilungen keinen Feuerwiderstand aufweisen.

#### d. Sonderfälle

Bei Redundanz von Sicherheitsverbrauchern (Anzahl durch Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen zu bestimmen) und wenn jede zu einem redundanten Sicherheitsverbraucher führende elektrische Leitung in separaten Abteilungen verläuft, die einen Feuerwiderstand aufweisen, der mindestens der Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion der über elektrische Leitungen versorgten Sicherheitsverbraucher entspricht, müssen elektrische Leitungen in diesen Abteilungen keinen Feuerwiderstand aufweisen.

### **Abschnitt 5.6.7 - Maßnahmen bei elektrischen Fehlern**

#### **Unterabschnitt 5.6.7.1 - Allgemeines**

##### **a. Sicherheitsverbraucher mit integrierter Sicherheitsquelle**

Der Schutz gegen Überlast, Kurzschlüsse und indirektes Berühren der Stromkreise von Sicherheitsverbrauchern muss den Schutzmaßnahmen der *Kapitel 4.2* (Schutz gegen elektrischen Schlag) und *4.4* (elektrischer Überstromschutz) entsprechen.

Das richtige Funktionieren von Stromkreisen mit Sicherheitsverbrauchern darf nicht durch elektrische Fehler in anderen Stromkreisen beeinträchtigt werden. Dies erfordert Selektivität zwischen Schutzeinrichtungen.

##### **b. Sicherheitsverbraucher mit nicht integrierter Sicherheitsquelle**

Die *Unterabschnitte 5.6.7.2 bis 5.6.7.5* sind auf Maßnahmen, die bei elektrischen Fehlern in Sicherheitsstromkreisen zu ergreifen sind, anwendbar.

#### **Unterabschnitt 5.6.7.2 - Allgemeine Schutzmaßnahmen für Sicherheitsstromkreise**

Das richtige Funktionieren von Sicherheitsstromkreisen darf nicht durch elektrische Fehler in anderen Stromkreisen beeinträchtigt werden. Dies erfordert Selektivität zwischen Schutzeinrichtungen.

Bei Energieversorgungsquellen (normale Quellen/Sicherheitsquellen), die nicht für den Parallelbetrieb konzipiert sind:

- müssen Vorkehrungen getroffen werden, um einen Parallelbetrieb von Quellen zu vermeiden,
- muss für jede Quelle Schutz gegen Kurzschlüsse und indirektes Berühren gewährleistet sein.

Bei Energieversorgungsquellen (normale Quellen/Sicherheitsquellen), die für den Parallelbetrieb konzipiert sind:

- kann ein Parallelbetrieb unabhängiger Quellen besondere Einrichtungen erfordern, z.B. einen Schutz gegen Spannungswiederkehr,
- muss Schutz gegen Kurzschlüsse und indirektes Berühren auch bei parallel betriebenen Quellen gewährleistet sein,
- müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den in Verbindungen zwischen Neutralpunkten von Quellen fließenden Strom zu begrenzen.

Sicherheitsverbraucher können über einen oder mehrere Sicherheitsverteiler verteilt werden.

Hauptsicherheitsverteiler, an die Sicherheitsverbraucher oder sekundäre Sicherheitsverteiler angeschlossen werden, werden direkt angeschlossen:

- an eine normale Quelle, über einen Niederspannung-Hauptverteiler anhand ausschließlich für diesen Zweck vorbehaltener Schutzeinrichtungen, und
- an eine Sicherheitsquelle, über einen getrennten Stromkreis.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

In Abweichung von vorliegendem Unterabschnitt ist es zulässig, dass Sicherheitsverbraucher über getrennte Stromkreise direkt von einem Niederspannung-Hauptverteiler und/oder einer Sicherheitsquelle versorgt werden.

Unter Niederspannung-Hauptverteiler versteht man: den Hauptverteiler eines Gebäudes, einer Zone oder einer Teilanlage (z.B. Anlage im Außenbereich).

Redundante Sicherheitsverbraucher und redundante elektrische Leitungen sind einzeln durch Schutzeinrichtungen geschützt.

### Unterabschnitt 5.6.7.3 - Überlastschutz in Sicherheitsstromkreisen

Für alle Sicherheitsstromkreise muss ein Überlastschutz vorgesehen werden.

In Abweichung von Absatz 1 kann auf einen Überlastschutz verzichtet werden:

1. wenn ein Endsicherheitsstromkreis einen Elektromotor einer Sicherheitsanlage versorgt, die nicht ständig oder über lange Zeiträume betrieben wird, und wenn es aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, dass dieser Motor auch bei mechanischen oder sonstigen Störungen funktionieren kann, unter der Bedingung:
  - dass entweder das Auftreten von Überlast überwacht wird
  - oder die elektrische Leitung und Steuer- und Schutzeinrichtungen des Motors den durch diese Störungen verursachten Überlastströmen standhalten können. Sofern vom Motorhersteller nicht anders angegeben, kann letztere Bedingung als erfüllt angesehen werden, wenn der Bemessungsstrom der Steuer- und Schutzinrichtungen und die Strombelastbarkeit der elektrischen Leitung für einen vorgesehenen Betriebsstrom bestimmt werden, der dem Zweifachen des Nennstroms des Motors entspricht. Beispiel: Motoren für Rauch- und Wärmeabzugssysteme (RWA) bei Feuer,
2. für elektrische Maschinen oder Geräte, bei denen eine unvermittelte Unterbrechung des Stromkreises ernste Gefahren oder Folgen mit sich bringt (*Unterabschnitt 5.2.4.2*). Beispiele: Erregerkreise von Motoren, Ankerkreise von Wechselstrommaschinen, Sekundärkreise von Transformatoren, ...

### Unterabschnitt 5.6.7.4 - Schutz gegen Kurzschlüsse in Sicherheitsstromkreisen

Für alle Sicherheitsstromkreise muss ein Schutz gegen Kurzschlüsse vorgesehen werden.

Wenn ein Sicherheitsstromkreis mehrere Sicherheitsverbraucher versorgt, muss an jedem Sicherheitsverbraucher ein Kurzschlussisolator vorgesehen werden, um einen Ausfall der Versorgung aller vom selben Stromkreis versorgten Sicherheitsverbraucher zu verhindern.

In Abweichung von Absatz 1 kann bei elektrischen Maschinen oder Geräten, bei denen eine unvermittelte Unterbrechung des Stromkreises ernste Gefahren oder Folgen mit sich bringt (*Unterabschnitt 5.2.4.2*), auf einen Schutz gegen Kurzschlüsse verzichtet werden. Beispiele: Erregerkreise von Motoren, Ankerkreise von Wechselstrommaschinen, Sekundärkreise von Transformatoren, ...

### Unterabschnitt 5.6.7.5 - Schutz gegen Erdschlüsse in Sicherheitsstromkreisen

#### a. Allgemeines

Für alle Sicherheitsstromkreise muss ein Schutz gegen Erdschlüsse vorgesehen werden.

Ungeachtet der Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren darf die Aufrechterhaltung der Funktion von Sicherheitsverbrauchern durch einen ersten Erdschluss in einem Endsicherheitsstromkreis während des Betriebs über die normale Quelle und über die Sicherheitsquelle nicht beeinträchtigt werden. Die Schutzmaßnahmen unter *Buchstabe b* müssen angewendet werden.

Der Wechsel von einem Erdungssystem zu einem anderen Erdungssystem kann zu bestimmten Risiken führen, die besondere Aufmerksamkeit erfordern.

#### b. Schutzmaßnahmen

##### b.1 - Schutzmaßnahmen ohne automatische Abschaltung beim ersten Erdschluss

Schutzmaßnahmen ohne automatische Abschaltung beim ersten Erdschluss beinhalten:

1. Benutzung von Betriebsmitteln der Klasse II oder von Betriebsmitteln mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Betriebsmitteln der Klasse II gleichwertig ist (*Unterabschnitt 4.2.3.3*),
2. elektrische Schutztrennung von Stromkreisen (*Unterabschnitt 4.2.3.3*),
3. Schutz, der das gleichzeitige Berühren von Teilen verhindert, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können (*Unterabschnitt 4.2.3.3*),
4. Benutzung von SELV oder PELV (*Unterabschnitte 4.2.3.3, 4.2.7.3, 4.2.7.4 und 4.2.7.5*),



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

5. Benutzung eines IT-Erdungssystems in einer gesamten Sicherheitsanlage oder einem Teil davon (im Rahmen der Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen zu bestimmen), überwacht anhand einer Isolationsüberwachungseinrichtung mit optischem oder akustischem Signal beim ersten Fehler (*Unterabschnitt 4.2.3.4*),
6. für Sicherheitsverbraucher, die nur in Notsituationen in Betrieb sind (z.B. Rauch- und Wärmeabzugssysteme (RWA) bei Feuer), ständige Überwachung der Isolierung des Endsicherheitsstromkreises gegenüber Erde anhand einer Isolationsüberwachungseinrichtung mit optischem oder akustischem Signal bei Fehlern, und zwar während Zeiträumen, in denen Sicherheitsverbraucher nicht in Betrieb sind.

Sobald Isolationsüberwachungseinrichtungen einen Erdschluss melden (*Nr. 5 und 6*), werden erforderliche Maßnahmen zur Suche und Beseitigung dieses Fehlers ergriffen.

Für die Benutzung eines IT-Erdungssystems (*Nr. 5*) ist es von Bedeutung, mindestens folgende Bedingungen einzuhalten:

- Bedingungen für die elektrische Schutztrennung von Stromkreisen (*Unterabschnitt 4.2.3.3*) in Bezug auf die Ausdehnung von Betriebsstromkreisen,
- Verbot der Benutzung eines Dreiphasensystems mit verteiltem Neutralleiter.

#### b.2 - Schutzmaßnahmen mit automatischer Abschaltung beim ersten Erdschluss

Hierbei muss auf Redundanz von Sicherheitsverbrauchern (siehe *Abschnitt 5.6.1*) zurückgegriffen werden.

Bei Redundanz von Sicherheitsverbrauchern, die über mehrere separate Stromkreise versorgt werden, dürfen Fehler in einem Stromkreis den Schutz gegen elektrischen Schlag und das richtige Funktionieren anderer Stromkreise nicht beeinträchtigen.

#### b.3 - Andere Schutzmaßnahmen

In den *Punkten b.1 und b.2* aufgeführte Maßnahmen sind zu bevorzugen. In Abweichung von den *Punkten b.1 und b.2* ist Folgendes erlaubt:

1. Teile von Sicherheitsstromkreisen müssen nicht gegen Erdschlüsse geschützt werden, unter der Bedingung:
  - dass diese Teile an einem Ort installiert sind, der nur für elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) zugänglich ist, und
  - dass diese Teile mit einer entsprechenden Kennzeichnung versehen sind, um auf Gefahren hinzuweisen, z.B.: "nicht gegen Erdschlüsse geschützte Teile", und
  - dass diese Teile gemäß den *Unterabschnitten 4.2.2.1 und 4.2.2.3* wie aktive Teile durch Hindernisse, Entfernung oder Umhüllungen geschützt sind.

Maßnahmen müssen ergriffen werden, um gefährliche Potentialdifferenzen außerhalb dieses Ortes zu vermeiden.

2. Betreiber oder ihre Beauftragten können auf der Grundlage der Risikoanalyse der Sicherheitsanlagen weitere technische oder organisatorische Maßnahmen (mit oder ohne automatische Abschaltung beim ersten Erdschluss) bestimmen, die die Aufrechterhaltung der Funktion von Sicherheitsverbrauchern bei einem ersten Erdschluss gewährleisten.

### **Abschnitt 5.6.8 - Besondere Vorschriften**

#### a. Kennzeichnung

Kennzeichnungen ermöglichen die Erkennung von Sicherheitsanlagen. Folgende Teile müssen identifiziert werden:

- nicht integrierte Sicherheitsquellen,
- Sicherheitsverteiler,
- Steuer- und Schutzeinrichtungen für Sicherheitsstromkreise,
- Schutzeinrichtungen, die ausschließlich für Sicherheitsverteiler oder Sicherheitsverbraucher in Haupt-Verteiler- und Schaltgerätekombinationen für Niederspannung vorbehalten sind,
- Steuer- und Schutzeinrichtungen für Sicherheitsverbraucher mit integrierter Sicherheitsquelle,
- Trägersysteme für elektrische Leitungen von Sicherheitsstromkreisen,
- Sicherheitsverbraucher.

Folgende Einrichtungen sind mit einer entsprechenden Kennzeichnung versehen, z.B.: "SICHERHEITSANLAGE NICHT ABSCHALTEN", um auf Gefahren einer Abschaltung hinzuweisen:

- Steuer- und Schutzeinrichtungen für Sicherheitsstromkreise,

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- Schutzeinrichtungen, die ausschließlich für Sicherheitsverteiler oder Sicherheitsverbraucher in Haupt-Verteiler- und Schaltgerätekombinationen für Niederspannung vorbehalten sind,
- Steuer- und Schutzeinrichtungen für Sicherheitsverbraucher mit integrierter Sicherheitsquelle.

Trägersysteme in Kombination mit elektrischen Leitungen, die 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.

### b. Andere Vorschriften

Betriebsmittel von Sicherheitsanlagen müssen so installiert sein, dass sie leicht bedient, überwacht und instand gehalten werden können und ihre Verbindungen leicht zugänglich sind.

Elektrische Leitungen von Sicherheitsstromkreisen dürfen nur Leiter von Sicherheitsstromkreisen enthalten.

## KAPITEL 5.7 - Kritische Anlagen (Nieder- und Kleinspannung)

### Abschnitt 5.7.1 - Allgemeines

In vorliegendem Kapitel werden spezifische Vorschriften in Bezug auf Wahl und Einsatz von kritischen Anlagen behandelt.

Betreiber oder ihre Beauftragten bestimmen kritische Anlagen auf der Grundlage einer Risikoanalyse. Sie erstellen eine Liste der kritischen Anlagen. Maßnahmen, die im Rahmen der Risikoanalyse der kritischen Anlagen getroffen werden, werden in der Liste der kritischen Anlagen aufgeführt. Liste und Risikoanalyse der kritischen Anlagen werden der zugelassenen Stelle und dem mit der Überwachung beauftragten Beamten zur Verfügung gehalten. Die kritischen Anlagen 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.

Folgende Anlagen können als kritische Anlagen angesehen werden: Produktionslinien, Serverräume, Kontrollräume, Gebäude zur industriellen Tierhaltung, ...

Um die Aufrechterhaltung der Funktion kritischer Anlagen zu gewährleisten, können Betreiber oder ihre Beauftragten auf der Grundlage der Risikoanalyse der kritischen Anlagen andere als die in vorliegendem Kapitel vorgesehenen Maßnahmen treffen, die sie für ausreichend erachten. Zum Beispiel: Meldung einer möglichen Abschaltung von Anlagen, organisatorische Maßnahmen, Einsatz von Schutzeinrichtungen zum selbsttätigen Wiederschließen (*Unterabschnitt 5.3.3.6*), ...

Hauptanliegen ist die Aufrechterhaltung der Funktion dieser Anlagen bei elektrischen Fehlern. Betreiber oder ihre Beauftragten entscheiden auf der Grundlage der Risikoanalyse der kritischen Anlagen über die Notwendigkeit besonderer Maßnahmen bei Ausfall der normalen Quelle und/oder bei Feuer.

Falls erforderlich müssen äußere Einflüsse, die die Aufrechterhaltung der Funktion einer kritischen Anlage stören können, ebenfalls berücksichtigt werden. Sie werden von Betreibern oder ihren Beauftragten bei der Wahl und dem Einsatz elektrischer Betriebsmittel bestimmt.

In *Kapitel 5.7* versteht man unter:

- Redundanz kritischer Verbraucher: Benutzung mehrerer kritischer Verbraucher, um die gleiche Funktion zu gewährleisten, wobei der Ausfall eines oder mehrerer redundanter kritischer Verbraucher den vorgegebenen Zweck nicht beeinträchtigt. Der Grad der Redundanz wird durch die Risikoanalyse der kritischen Anlagen bestimmt,
- Redundanz elektrischer Leitungen: Benutzung mehrerer elektrischer Leitungen zur Versorgung von Verteiler- und Schaltgerätekombinationen oder Verbrauchern einer kritischen Anlage über eine Schleife, wobei der Ausfall einer oder mehrerer redundanter elektrischer Leitungen die Versorgung der Verteiler- und Schaltgerätekombinationen oder Verbraucher nicht beeinträchtigt. Der Grad der Redundanz wird durch die Risikoanalyse der kritischen Anlagen bestimmt.

### Abschnitt 5.7.2 - Schutzmaßnahmen

#### Unterabschnitt 5.7.2.1 - Allgemeines

Kritische Verbraucher können über eine oder mehrere Verteiler- und Schaltgerätekombinationen (in vorliegendem Buch als kritische Verteiler bezeichnet) verteilt werden.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Kritische Stromkreise dürfen in Sicherheitsverteilern installiert werden, sofern die in *Kapitel 5.6* aufgenommenen Vorschriften für Sicherheitsverteiler eingehalten werden. Betreffende Verteiler müssen als Sicherheitsverteiler betrachtet werden.

Kritische Hauptverteiler, an die kritische Verbraucher oder kritische sekundäre Verteiler angeschlossen werden, werden direkt angeschlossen:

- an eine normale Quelle über einen Niederspannung-Hauptverteiler anhand ausschließlich für diesen Zweck vorbehaltenen Schutzeinrichtungen und
- an eine eventuelle nicht integrierte Ersatzstromquelle über einen getrennten Stromkreis.

In Abweichung von vorliegendem Unterabschnitt ist es zulässig, dass kritische Verbraucher über getrennte Stromkreise direkt von einer eventuellen nicht integrierten Ersatzstromquelle und/oder einem Niederspannung-Hauptverteiler versorgt werden.

Unter Niederspannung-Hauptverteiler versteht man: den Hauptverteiler eines Gebäudes, einer Zone oder einer Teilanlage (z.B. Anlage im Außenbereich).

#### Unterabschnitt 5.7.2.2 - Ausfall der normalen Quelle

Betreiber oder ihre Beauftragten bestimmen, falls erforderlich, auf der Grundlage der Risikoanalyse der kritischen Anlagen Maßnahmen in Bezug auf Wahl und Einsatz einer Ersatzstromquelle, um die Aufrechterhaltung der Funktion kritischer Verbraucher zu gewährleisten. Sie berücksichtigen eventuell bestimmte Vorgaben der Sicherheitsanlagen in Bezug auf die für Sicherheitsquellen zu treffenden Maßnahmen (*Abschnitt 5.6.5*): Typ, Eigenschaften, Standort, Zugänglichkeit, Einschaltung, Leistung, Test, ...

Wenn nicht integrierte Ersatzstromquellen benutzt werden, sind folgende Vorschriften weiterhin anwendbar:

1. Bei Energieversorgungsquellen (normale Quellen/Ersatzstromquellen), die nicht für den Parallelbetrieb konzipiert sind:
  - müssen Vorkehrungen getroffen werden, um einen Parallelbetrieb von Quellen zu vermeiden,
  - muss für jede Quelle Schutz gegen Kurzschlüsse und indirektes Berühren gewährleistet sein.
2. Bei Energieversorgungsquellen (normale Quellen/Ersatzstromquellen), die für den Parallelbetrieb konzipiert sind:
  - kann ein Parallelbetrieb unabhängiger Quellen besondere Einrichtungen erfordern, z.B. einen Schutz gegen Spannungswiederkehr,
  - muss Schutz gegen Kurzschlüsse und indirektes Berühren auch bei parallel betriebenen Quellen gewährleistet sein,
  - müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den in Verbindungen zwischen Neutralpunkten von Quellen fließenden Strom zu begrenzen.

Betreiber oder ihre Beauftragten bestimmen die Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes kritischen Verbrauchers auf der Grundlage der Risikoanalyse der kritischen Anlagen. In der Liste der kritischen Anlagen wird die Dauer der Aufrechterhaltung der Funktion jedes kritischen Verbrauchers angegeben.

Betreiber müssen das richtige Funktionieren von Ersatzstromquellen durch Instandhaltung und Überwachung sicherstellen. Dies beinhaltet z.B. für nicht integrierte Ersatzstromquellen: Verfügbarkeit von Hilfsmitteln der Ersatzstromquellen, Kraftstoffstand, Ladezustand von Batterien, mindestens jährlicher Umschalttest unter Last, ... Betreiber müssen regelmäßig Umschalttests durchführen. Betreiber müssen bei Ausfällen schnellstmöglich erforderliche Reparaturen durchführen, um eine Aufrechterhaltung der Funktion der kritischen Anlagen zu gewährleisten. Personen, die diese Instandhaltungen und Tests durchführen, dokumentieren unternommene Handlungen.

#### Unterabschnitt 5.7.2.3 - Feuer

Betreiber oder ihre Beauftragten bestimmen, falls erforderlich, auf der Grundlage der Risikoanalyse der kritischen Anlagen Maßnahmen bei Feuer, um die Aufrechterhaltung der Funktion kritischer Verbraucher zu gewährleisten.

Sie berücksichtigen eventuell bestimmte Vorgaben der Sicherheitsanlagen in Bezug auf die bei Feuer zu treffenden Maßnahmen (*Abschnitt 5.6.6*): Feuerwiderstand der Quelle, der Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, der elektrischen Leitungen, ...

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 5.7.2.4 - Elektrische Fehler

#### a. Allgemeines

Das richtige Funktionieren kritischer Stromkreise darf nicht durch elektrische Fehler in anderen Stromkreisen beeinträchtigt werden. Dies erfordert Selektivität zwischen Schutzeinrichtungen.

Redundante kritische Verbraucher und redundante elektrische Leitungen sind einzeln durch Schutzeinrichtungen geschützt.

#### b. Überlastschutz

Für alle kritischen Stromkreise muss ein Überlastschutz vorgesehen werden.

In Abweichung von Absatz 1 kann auf einen Überlastschutz verzichtet werden:

1. wenn ein kritischer Endstromkreis einen Elektromotor einer kritischen Anlage versorgt, die nicht ständig oder über lange Zeiträume betrieben wird, und wenn es aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, dass dieser Motor auch bei mechanischen oder sonstigen Störungen funktionieren kann, unter der Bedingung:
  - dass entweder das Auftreten von Überlast überwacht wird
  - oder die elektrische Leitung und Steuer- und Schutzeinrichtungen des Motors den durch diese Störungen verursachten Überlastströmen standhalten können. Sofern vom Motorhersteller nicht anders angegeben, kann letztere Bedingung als erfüllt angesehen werden, wenn der Bemessungsstrom der Steuer- und Schutzeinrichtungen und die Strombelastbarkeit der elektrischen Leitung für einen vorgesehenen Betriebsstrom bestimmt werden, der dem Zweifachen des Nennstroms des Motors entspricht. Beispiel: Motor zur Belüftung eines Gebäudes zur industriellen Tierhaltung.
2. für elektrische Maschinen oder Geräte, bei denen eine unvermittelte Unterbrechung des Stromkreises ernste Gefahren oder Folgen mit sich bringt (*Unterabschnitt 5.2.4.2*). Beispiele: Erregerkreise von Motoren, Ankerkreise von Wechselstrommaschinen, Sekundärkreise von Transformatoren, ...

#### c. Schutz gegen Kurzschlüsse

Für alle kritischen Stromkreise muss ein Schutz gegen Kurzschlüsse vorgesehen werden.

In Abweichung von Absatz 1 kann bei Maschinen oder Geräten, bei denen eine unvermittelte Unterbrechung des Stromkreises ernste Gefahren oder Folgen mit sich bringt (*Unterabschnitt 5.2.4.2*), auf einen Schutz gegen Kurzschlüsse verzichtet werden. Beispiele: Erregerkreise von Motoren, Ankerkreise von Wechselstrommaschinen, Sekundärkreise von Transformatoren, ...

#### d. Schutz gegen Erdschlüsse in kritischen Stromkreisen

##### d.1 - Allgemeines

Für alle kritischen Stromkreise muss ein Schutz gegen Erdschlüsse vorgesehen werden.

Ungeachtet der Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren darf die Aufrechterhaltung der Funktion kritischer Verbraucher durch einen ersten Erdschluss im kritischen Endstromkreis während des Betriebs über die normale Quelle und über die nicht integrierte Ersatzstromquelle (falls anwendbar) nicht beeinträchtigt werden. Die Schutzmaßnahmen unter *Punkt d.2* müssen angewendet werden.

Der Wechsel von einem Erdungssystem zu einem anderen Erdungssystem kann zu bestimmten Risiken führen, die besondere Aufmerksamkeit erfordern.

##### d.2 - Schutzmaßnahmen

##### d.2.1 - Schutzmaßnahmen ohne automatische Abschaltung beim ersten Erdschluss

Schutzmaßnahmen ohne automatische Abschaltung beim ersten Erdschluss beinhalten:

1. Benutzung von Betriebsmitteln der Klasse II oder von Betriebsmitteln mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Betriebsmitteln der Klasse II gleichwertig ist (*Unterabschnitt 4.2.3.3*),
2. elektrische Schutztrennung von Stromkreisen (*Unterabschnitt 4.2.3.3*),
3. Schutz, der das gleichzeitige Berühren von Teilen verhindert, die eine gefährliche Potentialdifferenz aufweisen können (*Unterabschnitt 4.2.3.3*),
4. Benutzung von SELV oder PELV (*Unterabschnitte 4.2.3.3, 4.2.7.3, 4.2.7.4 und 4.2.7.5*),
5. Benutzung eines IT-Erdungssystems in einer gesamten kritischen Anlage oder einem Teil davon (im Rahmen der Risikoanalyse der kritischen Anlagen zu bestimmen), überwacht anhand einer Isolationsüberwachungseinrichtung mit optischem oder akustischem Signal beim ersten Fehler (*Unterabschnitt 4.2.3.4*),

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

6. für kritische Verbraucher, die nicht ständig oder über lange Zeiträume in Betrieb sind, ständige Überwachung der Isolierung des kritischen Endstromkreises gegenüber Erde anhand einer Isolationsüberwachungseinrichtung mit optischem oder akustischem Signal bei Fehlern, und zwar während Zeiträumen, in denen kritische Verbraucher nicht in Betrieb sind.

Sobald Isolationsüberwachungseinrichtungen einen Erdschluss melden (*Nr. 5 und 6*), werden erforderliche Maßnahmen zur Suche und Beseitigung dieses Fehlers ergriffen.

Für die Benutzung eines IT-Erdungssystems (*Nr. 5*) ist es von Bedeutung, mindestens folgende Bedingungen einzuhalten:

- Bedingungen für die elektrische Schutztrennung von Stromkreisen (*Unterabschnitt 4.2.3.3*) in Bezug auf die Ausdehnung von Betriebsstromkreisen,
- Verbot der Benutzung eines Dreiphasensystems mit verteiltem Neutralleiter.

#### d.2.2 - Schutzmaßnahmen mit automatischer Abschaltung beim ersten Erdschluss

Hierbei muss auf Redundanz kritischer Verbraucher (siehe *Abschnitt 5.7.1*) zurückgegriffen werden.

Bei Redundanz kritischer Verbraucher, die über mehrere separate Stromkreise versorgt werden, dürfen Fehler in einem Stromkreis den Schutz gegen elektrischen Schlag und das richtige Funktionieren anderer Stromkreise nicht beeinträchtigen.

#### d.2.3 - Andere Schutzmaßnahmen

In den Punkten *d.2.1* und *d.2.2* aufgeführte Maßnahmen sind zu bevorzugen. In Abweichung von den *Punkten d.2.1* und *d.2.2* ist Folgendes erlaubt:

1. Teile kritischer Stromkreise müssen nicht gegen Erdschlüsse geschützt werden, unter der Bedingung:
  - dass diese Teile an einem Ort installiert sind, der nur für elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) zugänglich ist, und
  - dass diese Teile mit einer entsprechenden Kennzeichnung versehen sind, um auf Gefahren hinzuweisen, z.B.: "nicht gegen Erdschlüsse geschützte Teile", und
  - dass diese Teile gemäß den *Unterabschnitten 4.2.2.1* und *4.2.2.3* wie aktive Teile durch Hindernisse, Entfernung oder Umhüllungen geschützt sind.

Maßnahmen müssen ergriffen werden, um gefährliche Potentialdifferenzen außerhalb dieses Ortes zu vermeiden.

2. Betreiber oder ihre Beauftragten können auf der Grundlage der Risikoanalyse der kritischen Anlagen weitere technische oder organisatorische Maßnahmen (mit oder ohne automatische Abschaltung beim ersten Erdschluss) bestimmen, die die Aufrechterhaltung der Funktion kritischer Verbraucher bei einem ersten Erdschluss gewährleisten.

#### Unterabschnitt 5.7.2.5 - Besondere Vorschriften

##### a. Kennzeichnung

Kennzeichnungen ermöglichen die Erkennung kritischer Anlagen. Folgende Teile müssen identifiziert werden:

- nicht integrierte Ersatzstromquellen,
- kritische Verteiler,
- Steuer- und Schutzeinrichtungen für kritische Stromkreise,
- kritische Verbraucher.

Trägersysteme in Kombination mit elektrischen Leitungen, die 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.

Alle Steuer- und Schutzeinrichtungen für kritische Stromkreise sind mit einer entsprechenden Kennzeichnung versehen, um auf Gefahren einer Abschaltung hinzuweisen, z.B.: "KRITISCHE ANLAGE NICHT ABSCHALTEN".

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

---

**b. Andere Vorschriften**

Betriebsmittel kritischer Anlagen, elektrische Leitungen inbegriffen, müssen so installiert sein, dass sie leicht bedient, überwacht und instand gehalten werden können und ihre Verbindungen leicht zugänglich sind.

Elektrische Leitungen kritischer Stromkreise dürfen nur Leiter kritischer Stromkreise enthalten.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**


---

## Teil 6 - Prüfung von Anlagen

<b>KAPITEL 6.1 - EINLEITUNG .....</b>	<b>176</b>
<b>KAPITEL 6.2 - ANWENDUNGSBEREICH .....</b>	<b>176</b>
<b>KAPITEL 6.3 - ZUGELASSENE STELLEN .....</b>	<b>176</b>
Abschnitt 6.3.1 - Gegenstand der Zulassung .....	176
Abschnitt 6.3.2 - Begriffsbestimmungen .....	176
Abschnitt 6.3.3 - Zulassungsbedingungen .....	176
Unterabschnitt 6.3.3.1 - Allgemeine Bedingungen .....	176
Unterabschnitt 6.3.3.2 - Sonderfall .....	177
Abschnitt 6.3.4 - Zulassungsverfahren .....	177
Abschnitt 6.3.5 - Erneuerung einer Zulassung .....	178
Abschnitt 6.3.6 - Ermächtigungserklärung von Prüfern .....	178
Abschnitt 6.3.7 - Arbeitskriterien .....	178
Abschnitt 6.3.8 - Beratungs- und Überwachungsausschuss .....	179
Abschnitt 6.3.9 - Überwachung und Sanktionen .....	179
Abschnitt 6.3.10 - Elektrische Anlagen öffentlicher Dienste .....	180
<b>KAPITEL 6.4 - KONFORMITÄTSPRÜFUNG VOR INGEBRAUCHNAHME .....</b>	<b>180</b>
Abschnitt 6.4.1 - Allgemeine Regeln .....	180
Unterabschnitt 6.4.1.1 - Allgemeines .....	180
Unterabschnitt 6.4.1.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	180
Unterabschnitt 6.4.1.3 - Hochspannung .....	180
Abschnitt 6.4.2 - Verwaltungstechnische Kontrollen .....	180
Abschnitt 6.4.3 - Sichtkontrollen .....	181
Abschnitt 6.4.4 - Kontrollen durch Prüfungen .....	181
Abschnitt 6.4.5 - Kontrollen durch Messungen .....	181
Unterabschnitt 6.4.5.1 - Allgemeines .....	181
Unterabschnitt 6.4.5.2 - Isolationsmessung bei Nieder- und Kleinspannung .....	181
Unterabschnitt 6.4.5.3 - Kontrolle von Erdungsanlagen .....	181
Abschnitt 6.4.6 - Berichte .....	182
Unterabschnitt 6.4.6.1 - Allgemeines .....	182
Unterabschnitt 6.4.6.2 - Spezifische Bestimmungen für Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen .....	182
Unterabschnitt 6.4.6.3 - Spezifische Bestimmungen für Hochspannungsanlagen .....	182
Unterabschnitt 6.4.6.4 - Spezifische Bestimmungen für Berichte über Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen .....	182
Unterabschnitt 6.4.6.5 - Inhalt des Berichts über die Konformitätsprüfung .....	182
Abschnitt 6.4.7 - Sonderfälle von Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme .....	182
Unterabschnitt 6.4.7.1 - Elektrische Maschinen und Geräte (Nieder- und Kleinspannung) .....	182
Unterabschnitt 6.4.7.2 - Transportable, mobile oder zeitlich begrenzte Anlagen (Nieder- und Kleinspannung) .....	183
Unterabschnitt 6.4.7.3 - Änderung oder Erweiterung (Nieder- und Kleinspannung) .....	183
<b>KAPITEL 6.5 - KONTROLLBESUCHE .....</b>	<b>183</b>
Abschnitt 6.5.1 - Allgemeines .....	183
Abschnitt 6.5.2 - Häufigkeit von Kontrollbesuchen .....	184
Unterabschnitt 6.5.2.1 - Nieder- und Kleinspannung .....	184
Unterabschnitt 6.5.2.2 - Hochspannung .....	184
Abschnitt 6.5.3 - Verwaltungstechnische Kontrollen .....	184
Abschnitt 6.5.4 - Sichtkontrollen .....	184
Abschnitt 6.5.5 - Kontrollen durch Prüfungen .....	184

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

<b>Abschnitt 6.5.6 - Kontrollen durch Messungen .....</b>	<b>184</b>
Unterabschnitt 6.5.6.1 - Allgemeines .....	184
Unterabschnitt 6.5.6.2 - Nieder- und Kleinspannung .....	184
Unterabschnitt 6.5.6.3 - Kontrolle von Erdungsanlagen bei Hochspannung.....	184
<b>Abschnitt 6.5.7 - Berichte .....</b>	<b>185</b>
Unterabschnitt 6.5.7.1 - Allgemeines .....	185
Unterabschnitt 6.5.7.2 - Spezifische Bestimmungen für Hochspannungsanlagen .....	185
Unterabschnitt 6.5.7.3 - Inhalt des Berichts über den Kontrollbesuch .....	185



## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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 Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen mit Wechsel- oder Gleichstrom und elektrische Hochspannungsanlagen für die Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, die von Netzbetreibern betrieben werden, und deren Hilfsanlagen.

Was Prüfungen von Freileitungen betrifft, sind spezifische Vorschriften in *Kapitel 7.1* aufgenommen.

### 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**

a. 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.

b. 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- c. 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 *Unterabschnitt 7.1.7.4* erwähnten thermografischen Prüfung), erwähnt in Buch 3,
  - thermografische Prüfung von Hochspannungsfreileitungen, erwähnt in Buch 3 *Unterabschnitt 7.1.7.4*.
- b. Anträgen müssen folgende Unterlagen beigelegt 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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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 beigefügt.

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 beigefügt:
  - 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 beigefügt,
  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,

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

- 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 - Allgemeine Regeln**

#### **Unterabschnitt 6.4.1.1 - Allgemeines**

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.

Bei Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen öffentlicher Netzbetreiber können Konformitätsprüfungen vor Ort durch einen Beauftragten des mit der Prüfung beauftragten öffentlichen Netzbetreibers durchgeführt werden. Bei Konformitätsprüfungen entsprechen die Aufgaben (Prüfung und Bericht) des Beauftragten des öffentlichen Netzbetreibers den Aufgaben einer zugelassenen Stelle oder einer ermächtigten Behörde.

#### **Unterabschnitt 6.4.1.2 - Nieder- und Kleinspannung**

Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen, so wie sie in den *Teilen 1* und *2* des vorliegenden Buches bestimmt sind, auch solche, die durch private Anlagen wie ortsfeste, transportable oder mobile Generatoren versorgt werden, jedoch mit Ausnahme von:

- Freileitungen und unterirdischen elektrischen Leitungen für die Verteilung elektrischer Energie und die öffentliche Beleuchtung, die von öffentlichen Netzbetreibern betrieben werden,
- Kleinspannungsanlagen mit Gleichstrom, die ausschließlich durch Zellen, Akkumulatoren, nicht unter *Kapitel 7.5* fallende Akkumulatorenbatterien, photovoltaische Zellen oder andere ähnlichen Quellen versorgt werden,

werden vor Ingebrauchnahme der Anlagen einer Prüfung der Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches unterzogen.

#### **Unterabschnitt 6.4.1.3 - Hochspannung**

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.

### **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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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 - Isolationsmessung bei Nieder- und Kleinspannung**

Der Wert des Isolierungswiderstandes in Ohm zwischen aktiven Teilen, paarweise betrachtet, und zwischen aktiven Teilen und Erde, gemessen bei der in *Tabelle 6.1* angegebenen Prüfspannung, entspricht für jeden Stromkreis bei ausgeschalteten Verbrauchsgeräten mindestens dem tausendfachen Wert in Volt der oben erwähnten Prüfspannung.

Messungen erfolgen bei Gleichstrom und Prüfgeräte müssen in der Lage sein, die in nachstehender Tabelle angegebene Prüfspannung bei einem Strom von 1 bis 5 mA zu liefern.

Messungen werden von einer gemäß *Kapitel 6.3* zugelassenen Stelle durchgeführt und betreffen den Isolierungswiderstand zwischen jedem der aktiven Teile und der Erde. Es ist erlaubt, keine Messungen durchzuführen:

- an Messanlagen und regeltechnischen Anlagen,
- an Kleinspannungsanlagen.

*Tabelle 6.1 - Mindestwerte Isolierungswiderstand*

Nennspannung Stromkreis (V)	Prüfspannung Gleichstrom (V)	Isolierungswiderstand k $\Omega$
Kleinspannung, wenn der Stromkreis über einen Sicherheitstransformator versorgt wird	250	250
Spannung $\leq 500$ V, außer in oben erwähntem Fall	500	500
500 V < Spannung $\leq 1000$ V	1000	1000

**Unterabschnitt 6.4.5.3 - Kontrolle von Erdungsanlagen****1. Messung des Erdungswiderstandes von Erdern bei Nieder- und Kleinspannung**

Bei Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme wird der Erdungswiderstand der Erder der betreffenden elektrischen Anlage gemessen.

**2. Kontrolle von Erdungsanlagen bei Hochspannung**

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  $Z_E$ .

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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.

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 6.4.6.5* 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.

#### **Unterabschnitt 6.4.6.2 - Spezifische Bestimmungen für Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen**

Vor Bereitstellung der Leistung einer neuen elektrischen Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlage mit Wechsel- oder Gleichstrom vergewissert sich die Person, die die Leistung bereitstellt, dass der Bericht vorliegt, in dem die Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches bestätigt wird.

#### **Unterabschnitt 6.4.6.3 - Spezifische Bestimmungen für Hochspannungsanlagen**

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.

Die zugelassene Stelle oder die befugte Behörde, die die Kontrolle durchführt, trägt ihre Feststellungen in ein Sonderregister ein, das zu diesem Zweck geführt wird und auf Ersuchen des mit der Kontrolle oder Überwachung beauftragten Beamten vorgelegt wird.

#### **Unterabschnitt 6.4.6.4 - Spezifische Bestimmungen für Berichte über Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen**

Spezifische Bestimmungen für Berichte über Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen werden in *Kapitel 7.3* festgelegt.

#### **Unterabschnitt 6.4.6.5 - 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.

### **Abschnitt 6.4.7 - Sonderfälle von Konformitätsprüfungen vor Ingebrauchnahme**

#### **Unterabschnitt 6.4.7.1 - Elektrische Maschinen und Geräte (Nieder- und Kleinspannung)**

Elektrische Maschinen und Geräte werden vor Ingebrauchnahme einer Konformitätsprüfung unterzogen, die sich nur auf die korrekte Wahl, Montage und Installation vor Ort bezieht.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 6.4.7.2 - Transportable, mobile oder zeitlich begrenzte Anlagen (Nieder- und Kleinspannung)

Es gibt zwei Kategorien von transportablen, mobilen oder zeitlich begrenzten Anlagen:

1. transportable, mobile oder zeitlich begrenzte Anlagen mit veränderlicher Zusammensetzung, d.h. aus einzelnen Bauteilen (Generatoren, Verteiler, Kabel, ...) zusammengesetzt. Sie werden vor jeder Ingebrauchnahme einer Prüfung der Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches unterzogen. Diese Prüfung umfasst auch eventuelle Netzanschlussteile. Bei elektrischen Maschinen und Geräten (Generatoren, ...), die Teil von transportablen, mobilen oder zeitlich begrenzten Anlagen sind, bezieht sich die Konformitätsprüfung vor jeder Ingebrauchnahme nur auf die korrekte Wahl, Montage und Installation vor Ort. Aus zwingenden betrieblichen Gründen ist es erlaubt, keine Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme durchzuführen, sofern:
  - Eigentümer, Verwalter oder Betreiber der elektrischen Anlagen alle Maßnahmen getroffen haben, um Gefahren für Personen und Güter zu vermeiden und
  - Ingebrauchnahme und Benutzung unter der vollen Verantwortung der Eigentümer, Verwalter oder Betreiber erfolgen und
  - die Betriebszeit der elektrischen Anlagen achtundvierzig Stunden (höchstens zwei Tage) nicht überschreitet,
2. transportable, mobile oder zeitlich begrenzte Anlagen mit fester Zusammensetzung, d.h. einzelne autonome Einheiten (kleine handhabbare Generatoren mit Steckdosen, in Fahrzeugen eingebaute Generatoren, Bauhütten, ...). Sie werden nur vor Ingebrauchnahme bei der ersten Benutzung der Anlagen einer Prüfung der Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches unterzogen.

Bei Generatoren oder wenn der Netzanschlusspunkt transportabler, mobiler oder zeitlich begrenzter Anlagen nicht mit einem Erdungsanschluss versehen ist, werden gegebenenfalls vor Ort zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren vorzusehende Erder einer Konformitätsprüfung unterzogen.

### Unterabschnitt 6.4.7.3 - Änderung oder Erweiterung (Nieder- und Kleinspannung)

Wesentliche Änderungen oder Erweiterungen von Anlagen werden vor Ingebrauchnahme der Änderungen oder Erweiterungen einer Prüfung der Konformität mit den Vorschriften des vorliegenden Buches unterzogen. Diese Prüfung der Konformität ist auf hinzugefügte oder geänderte Teile der Anlagen beschränkt.

Bei unwesentlichen Änderungen oder Erweiterungen, die keine Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme erfordern, ergänzt der Anlagenverantwortliche die Schaltpläne wie in *Abschnitt 3.1.2* erwähnt, wodurch die zugelassene Stelle deren Konformität beim nächsten Kontrollbesuch überprüfen kann.

Änderungen oder Erweiterungen, die Auswirkungen auf einen unveränderten Teil haben, müssen im Bericht über die Konformitätsprüfung erwähnt werden. Dieser unveränderte Teil muss einer Konformitätsprüfung unterzogen werden, was geänderte Eigenschaften betrifft.

Aus zwingenden betrieblichen Gründen wird akzeptiert, dass die Konformitätsprüfung nach Ingebrauchnahme durchgeführt wird, sofern Eigentümer, Verwalter oder Betreiber der elektrischen Anlagen alle Maßnahmen getroffen haben, um Gefahren für Personen und Güter zu vermeiden. Diese Ingebrauchnahme erfolgt unter der vollen Verantwortung der Eigentümer, Verwalter oder Betreiber. Sie müssen dafür sorgen, dass die Konformitätsprüfung binnen einer Frist von dreißig Tagen nach Ingebrauchnahme hinzugefügter oder geänderter Teile durchgeführt wird.

## KAPITEL 6.5 - Kontrollbesuche

### Abschnitt 6.5.1 - Allgemeines

Anlagen, so wie sie in *Kapitel 6.4* bestimmt sind, 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.

Der Kontrollbesuch umfasst:

- verwaltungstechnische Kontrollen,
- Sichtkontrollen,
- Kontrollen durch Prüfungen,
- Kontrollen durch Messungen.



## **BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Bei Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen öffentlicher Netzbetreiber können Kontrollbesuche vor Ort durch einen Beauftragten des mit der Prüfung beauftragten öffentlichen Netzbetreibers durchgeführt werden. Bei Kontrollbesuchen entsprechen die Aufgaben (Prüfung und Bericht) des Beauftragten des öffentlichen Netzbetreibers den Aufgaben einer zugelassenen Stelle.

Bei Niederspannungs- oder Kleinspannungsanlagen: Was Freileitungen und unterirdische elektrische Leitungen für die Verteilung elektrischer Energie und die öffentliche Beleuchtung betrifft, die von öffentlichen Netzbetreibern betrieben werden, kann der für Energie zuständige Minister nähere Regeln für die Durchführung von Kontrollbesuchen der Gesamtheit dieser Leitungen oder eines Teils davon durch eine zugelassene Stelle festlegen, und zwar unter den Bedingungen, die er nach Rücksprache mit den betreffenden öffentlichen Netzbetreibern bestimmt.

### **Abschnitt 6.5.2 - Häufigkeit von Kontrollbesuchen**

#### **Unterabschnitt 6.5.2.1 - Nieder- und Kleinspannung**

Nach der Konformitätsprüfung werden elektrische Anlagen mindestens in folgenden spezifischen Zeitabständen überprüft:

- jährlich für transportable, mobile oder zeitlich begrenzte elektrische Anlagen wie in *Unterabschnitt 2.2.1.1* bestimmt,
- jährlich für elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen wie in *Kapitel 7.3* bestimmt,
- alle fünf Jahre für andere elektrische Anlagen.

#### **Unterabschnitt 6.5.2.2 - Hochspannung**

Nach der Konformitätsprüfung werden elektrische Anlagen, auch solche, die durch private Anlagen versorgt werden, 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 Kontrollen durch Messungen festlegen.

##### **Unterabschnitt 6.5.6.2 - Nieder- und Kleinspannung**

Kontrollbesuche umfassen mindestens die in *Abschnitt 6.4.5* bestimmten Messungen in Bezug auf Nieder- und Kleinspannung. Bei Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ist es erlaubt, die Messung des Isolierungswiderstands alle fünf Jahre durchzuführen.

##### **Unterabschnitt 6.5.6.3 - Kontrolle von Erdungsanlagen bei Hochspannung**

Bei einer Kontrolle von Erdungsanlagen wird Folgendes geprüft:

- Unversehrtheit lokaler Erdungsanlagen,
- Durchgängigkeit von Erdungen.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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  $1 \Omega$  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  $Z_E$   $1 \Omega$  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 6.5.7.3* 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.

#### **Unterabschnitt 6.5.7.2 - Spezifische Bestimmungen für Hochspannungsanlagen**

Die zugelassene Stelle oder die befugte Behörde, die die Kontrolle durchführt, trägt ihre Feststellungen in ein Sonderregister ein, das zu diesem Zweck geführt wird und auf Ersuchen des mit der Kontrolle oder Überwachung beauftragten Beamten vorgelegt wird.

#### **Unterabschnitt 6.5.7.3 - 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.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**


---

## Teil 7 - Vorschriften für Anlagen und Orte besonderer Art

<b>KAPITEL 7.1 - FREILEITUNGEN .....</b>	<b>188</b>
<b>Abschnitt 7.1.1 - Anwendungsbereich .....</b>	<b>188</b>
<b>Abschnitt 7.1.2 - Begriffe und Begriffsbestimmungen .....</b>	<b>188</b>
Unterabschnitt 7.1.2.1 - Kategorien von Freileitungen .....	188
Unterabschnitt 7.1.2.2 - Spezifische Begriffe .....	188
Unterabschnitt 7.1.2.3 - Einteilung der Leiter .....	188
<b>Abschnitt 7.1.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren .....</b>	<b>188</b>
Unterabschnitt 7.1.3.1 - Grundsatz .....	188
Unterabschnitt 7.1.3.2 - Vollständiger Schutz durch Isolierung, der keinen zusätzlichen Schutz erfordert .....	189
Unterabschnitt 7.1.3.3 - Schutz durch Isolierung durch Entfernung oder zusätzliche mechanische Schutzmaßnahmen .....	189
Unterabschnitt 7.1.3.4 - Unberührbarkeit - Erklettern von Stützpunkten .....	189
Unterabschnitt 7.1.3.5 - Grundsatz des Schutzes durch Entfernung .....	190
Unterabschnitt 7.1.3.6 - Mindesttrennabstände für die verschiedenen Arten Freileitungen .....	190
<b>Abschnitt 7.1.4 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren .....</b>	<b>193</b>
Unterabschnitt 7.1.4.1 - Allgemeines .....	193
Unterabschnitt 7.1.4.2 - Vorschriften in Bezug auf Abspannungen und Zuführungskabel .....	194
<b>Abschnitt 7.1.5 - Elektrischer Überstromschutz .....</b>	<b>194</b>
Unterabschnitt 7.1.5.1 - Verteil- und Übertragungsnetze .....	194
Unterabschnitt 7.1.5.2 - Anschluss von Abnehmern an das Netz .....	194
<b>Abschnitt 7.1.6 - Wahl und Einsatz von Betriebsmitteln .....</b>	<b>194</b>
Unterabschnitt 7.1.6.1 - Bestandteile von Freileitungen .....	194
Unterabschnitt 7.1.6.2 - Mechanische Festigkeit von Leitern, Muffen und Befestigungsteilen .....	194
Unterabschnitt 7.1.6.3 - Mechanische Festigkeit von Stützpunkten, Muffen und Befestigungsteilen .....	195
Unterabschnitt 7.1.6.4 - Mechanische Festigkeit und dielektrische Eigenschaften von Isolatoren und Isolatorsträngen .....	202
Unterabschnitt 7.1.6.5 - Vorhandensein anderer Leitungen .....	206
Unterabschnitt 7.1.6.6 - Vorhandensein anderer Gegenstände .....	210
Unterabschnitt 7.1.6.7 - Vorhandensein von Telekommunikationsleitungen .....	211
Unterabschnitt 7.1.6.8 - Vorhandensein von Straßen oder Bahngleisen .....	214
Unterabschnitt 7.1.6.9 - Mauerdurchführungen bei Niederspannung .....	214
Unterabschnitt 7.1.6.10 - Erdungen bei Hochspannung .....	214
<b>Abschnitt 7.1.7 - Prüfung von Anlagen .....</b>	<b>214</b>
Unterabschnitt 7.1.7.1 - Allgemeines .....	214
Unterabschnitt 7.1.7.2 - Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme .....	215
Unterabschnitt 7.1.7.3 - Kontrollbesuche .....	215
Unterabschnitt 7.1.7.4 - Kontrollbesuche mit infraroter thermografischer Prüfung bestimmter Hochspannungsfreileitungen .....	215
<b>Abschnitt 7.1.8 - Sicherheitszeichen bei Hochspannung .....</b>	<b>216</b>
Unterabschnitt 7.1.8.1 - Verbotsschilder .....	216
Unterabschnitt 7.1.8.2 - Nummerierung der Stützpunkte .....	216
<b>KAPITEL 7.2 - NIEDERSpannungs- UND KLEINspannungsANLAGEN AUF BAUSTELLEN UND IM AUßENBEREICH .....</b>	<b>216</b>
<b>Abschnitt 7.2.1 - Anwendungsbereich .....</b>	<b>216</b>
<b>Abschnitt 7.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag .....</b>	<b>216</b>

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Unterabschnitt 7.2.2.1 - Schutz gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren durch automatische Abschaltung der Stromversorgung .....	216
Unterabschnitt 7.2.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren durch Benutzung von Sicherheitskleinspannung .....	217
<b>Abschnitt 7.2.3 - Wahl und Einsatz elektrischer Betriebsmittel .....</b>	<b>217</b>
Unterabschnitt 7.2.3.1 - Bedingungen der äußeren Einflüsse .....	217
Unterabschnitt 7.2.3.2 - Elektrische Leitungen .....	217
Unterabschnitt 7.2.3.3 - Elektrische Betriebsmittel .....	217
<b>KAPITEL 7.3 - EXPLOSIONSSCHUTZ IN EXPLOSIONSFÄHIGER ATMOSPHERE .....</b>	<b>217</b>
<b>KAPITEL 7.4 - LEITFÄHIGE UMSCHLIEßUNGEN .....</b>	<b>217</b>
<b>KAPITEL 7.5 - INDUSTRIELLE AKKUMULATORENBATTERIEN .....</b>	<b>218</b>

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****KAPITEL 7.1 - Freileitungen****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 Niederspannungs- und Hochspannungsfreileitungen.

**Abschnitt 7.1.2 - Begriffe und Begriffsbestimmungen****Unterabschnitt 7.1.2.1 - Kategorien von Freileitungen**

Unter Berücksichtigung der in den *Abschnitten* 2.3.2 und 2.3.3 bestimmten Spannungsbereiche werden vier Kategorien von Freileitungen unterschieden, von denen zwei für Nieder- und Kleinspannung und zwei für Hochspannung gelten, nämlich:

- Niederspannungs- und Kleinspannungsfreileitungen - Niederspannung der 1. Kategorie genannt - mit einer Nennspannung zwischen Außenleitern von höchstens 500 V Wechselstrom und 750 V Gleichstrom,
- Niederspannungsfreileitungen der 2. Kategorie mit einer Nennspannung zwischen Außenleitern von mehr als 500 V Wechselstrom und 750 V Gleichstrom,
- Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie mit einer Nennspannung zwischen Außenleitern von höchstens 50 V Wechselstrom,
- Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie mit einer Nennspannung zwischen Außenleitern von mehr als 50 kV Wechselstrom.

**Unterabschnitt 7.1.2.2 - Spezifische Begriffe**

**Isolatorstrang:** Zusammenstellung aus mehreren Isolatoren, die in Reihe geschaltet sind.

**Schutzarmatur:** Einrichtung, die an einem Ende eines Isolatorstrangs angeordnet wird und aus einem oder mehreren Metallteilen besteht, die einen etwaigen Lichtbogen, der den Isolatorstrang überspringt, übernehmen können; folglich wird mit diesen Teilen die Ausbreitung des Lichtbogens entlang des Isolatorstrangs vermieden und werden durch die freigesetzte Wärme verursachte Schäden begrenzt.

**Erdseil:** Leiter, der im oberen Abschnitt von Stützpunkten aufgehängt ist und zum Schutz von Freileitungen gegen direkten Blitzeinschlag dient.

**Erdungsleiter:** Schutzleiter, der den Haupterdungsanschlusspunkt mit einem Erder verbindet. Ausnahmsweise werden in vorliegendem Kapitel im weiteren Sinne auch Schutzleiter, die die Verbindung verschiedener Stützpunkte im Hinblick auf ihre Erdung gewährleisten, als Erdungsleiter betrachtet.

**Unterabschnitt 7.1.2.3 - Einteilung der Leiter**

In vorliegendem Kapitel werden Leiter, die gemäß den Vorschriften der *Unterabschnitte* 7.1.3.2 bzw. 7.1.3.3 durch Isolierung gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren geschützt werden, als "geschützte Kabel" bezeichnet.

Alle anderen Leiter, auch solche, die mit Isolierstoff bekleidet sind, werden "blanke oder ähnliche Leiter" genannt.

**Abschnitt 7.1.3 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren****Unterabschnitt 7.1.3.1 - Grundsatz**

Elektrische Leitungen werden elektrisch und mechanisch gegen direktes Berühren geschützt.

Elektrischer Schutz gegen direktes Berühren erfolgt durch folgende Maßnahmen:

- entweder durch vollständigen Schutz durch Isolierung
- oder durch Schutz durch Entfernung, der in bestimmten Fällen ergänzt wird, indem anhand von Verbotsschildern vor Gefahr gewarnt wird und das Erklettern von Stützpunkten erschwert wird.

Mechanischer Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren erfolgt entweder durch die Beschaffenheit der elektrischen Leitung selbst oder durch einen zusätzlichen Schutz.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Unterabschnitt 7.1.3.2 - Vollständiger Schutz durch Isolierung, der keinen zusätzlichen Schutz erfordert****a. Niederspannung**

Wenn Niederspannungsfreileitungen aus bewehrten Kabeln bestehen, die mit einer geerdeten Schutzschaltung versehen sind, ist kein zusätzlicher mechanischer Schutz erforderlich.

**b. Hochspannung**

Wenn Hochspannungsfreileitungen aus Kabeln mit einer Bewehrung bestehen, die den Regeln des Fachs entspricht, wird vollständiger Schutz gegen direktes Berühren gewährleistet, sofern die Schutzeinrichtungen und die Abschnitte der Schutzschaltung zudem so aufeinander abgestimmt sind, dass elektrische Leitungen ausreichend gegen Schäden geschützt sind, die durch Erd- oder Kurzschlüsse verursacht werden können.

**Unterabschnitt 7.1.3.3 - Schutz durch Isolierung durch Entfernung oder zusätzliche mechanische Schutzmaßnahmen****a. Niederspannung**

Elektrischer Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren wird durch Isolierung gewährleistet, wenn die Leiter von Freileitungen mindestens Typ CIFVB, VIFB, BXB oder BAXB entsprechen.

Mechanischer Schutz von Leitern oder Kabeln wird durch ein Kabelschutzsystem aus dauerhaftem und widerstandsfähigem Material überall dort gewährleistet, wo sie beschädigt werden können, insbesondere bis zu einer Höhe von 2,5 m über dem Boden.

**b. Hochspannung**

Wenn Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie aus Kabeln mit einer geerdeten elektrischen Schutzschaltung bestehen, die den Regeln des Fachs entspricht, wird Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren gewährleistet, sofern die Schutzeinrichtungen und die Abschnitte der Schutzschaltung zudem so aufeinander abgestimmt sind, dass elektrische Leitungen ausreichend gegen Auswirkungen geschützt sind, die durch Erd- oder Kurzschlüsse verursacht werden können.

Die Benutzung solcher Kabel unterliegt dem Vorhandensein eines Schutzes gegen direktes Berühren durch Entfernung, wobei die Mindestabstände den Abständen entsprechen, die für die in *Unterabschnitt 7.1.3.6* erwähnten blanken Niederspannungsfreileitungen der 1. Kategorie vorgeschrieben sind.

Wenn dieser Schutz durch Entfernung aus betrieblichen Gründen nicht eingehalten werden kann, werden solche Kabel durch ein Kabelschutzsystem aus dauerhaftem und widerstandsfähigem Material gegen mechanische Beanspruchungen überall dort geschützt, wo sie beschädigt werden können, insbesondere bis zu einer Höhe von 2,5 m über dem Boden.

**Unterabschnitt 7.1.3.4 - Unberührbarkeit - Erklettern von Stützpunkten**

Stützpunkte von Niederspannungsfreileitungen der 2. Kategorie und Hochspannungsfreileitungen, die leicht zu erklettern sind, werden in einer Höhe von mindestens 3 m über dem Boden und in einem Abstand von mindestens 2 m von Leitern mit einer Einrichtung ausgestattet, die das Erklettern ohne besondere Hilfsmittel deutlich erschwert.

Dieser Kletterschutz ist nicht vorgeschrieben:

1. für Stützpunkte von Freileitungen, die sich in Nebenanlagen und Höfen von Industriebetrieben befinden,
2. für Stützpunkte, deren Erklettern besondere Hilfsmittel erfordert, was der Fall ist für:
  - einstielige Masten aus Beton, die entweder glatt sind oder Zwischenräume mit einem Durchmesser von höchstens 25 mm oder Aussparungen (Zwischenräume mit einem Durchmesser von mehr als 30 mm) aufweisen, die auf den ersten drei Metern vom Boden mindestens 1 m voneinander entfernt sind,
  - glatte einstielige Masten aus Metall.

In Fällen, in denen Kletterschutz erforderlich ist, muss dieser wirksam oder zumindest abschreckend sein.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Unterabschnitt 7.1.3.5 - Grundsatz des Schutzes durch Entfernung****a. Allgemeines**

Leiter von Freileitungen befinden sich in einem bestimmten Abstand zum Boden von öffentlichen Straßen, überspannten Höfen, Gärten und Grundstücken und Gebäuden. Dieser Abstand wird "Mindesttrennabstand" genannt.

Diese Mindesttrennabstände werden für jede der folgenden Annahmen berechnet und kontrolliert:

- für Messungen auf vertikaler Ebene: Windstärke null (folglich wird davon ausgegangen, dass sich der Leiter auf vertikaler Ebene befindet) und maximale Betriebstemperatur des Leiters von 40 °C,
- für Messungen auf horizontaler Ebene: Temperatur des Leiters von 15 °C und maximaler normaler ungünstiger horizontaler Wind wie in *Unterabschnitt 7.1.6.3 Punkt d.2 und d.3* bestimmt.

**b. Hochspannung**

Was die unter *Buchstabe a* erster Gedankenstrich erwähnte Annahme in Bezug auf Messungen auf vertikaler Ebene betrifft, muss die maximale Betriebstemperatur des Leiters für Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie berücksichtigt werden.

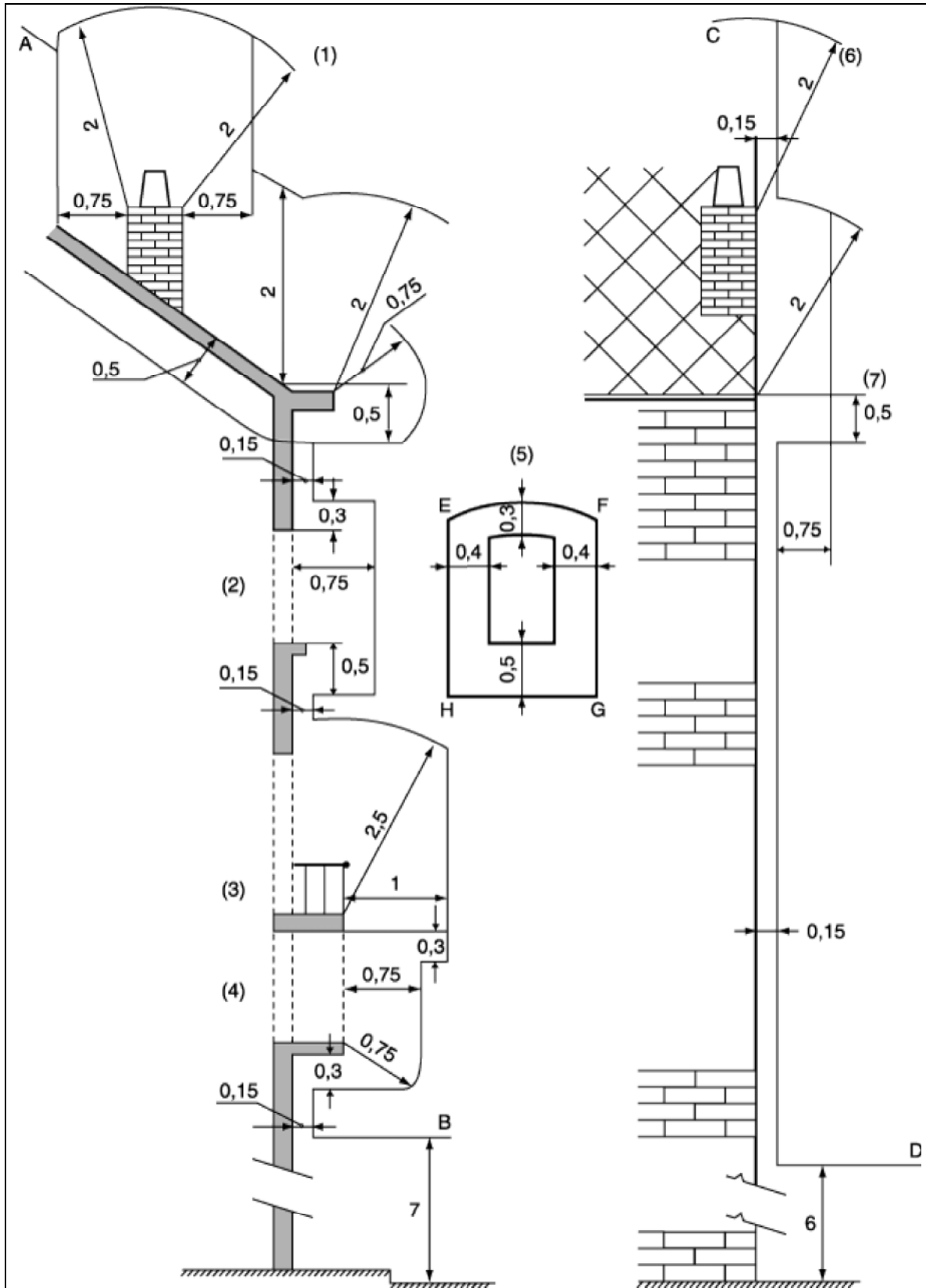
**Unterabschnitt 7.1.3.6 - Mindesttrennabstände für die verschiedenen Arten Freileitungen****a. Allgemeines**

Nachstehend aufgeführte Abstände ("Basismindestabstände" genannt) bilden die Grundlage für die Trennabstände, die für die Anwendung auf den konkreten Fall von Freileitungen aller Arten je nach Fall wie in *Unterabschnitt 7.1.3.6 Buchstabe b* und *c* bestimmt angepasst werden müssen:

- 1.1 entlang öffentlicher Straßen: 6 m über dem Boden,
- 1.2 überkreuzte öffentliche Straßen: 7 m über dem Boden,
- 1.3 für Freileitungen, die entlang öffentlicher Straßen verlaufen und deren Stützpunkte in einer Böschung (Einschnitt oder Damm) eingebracht sind:  
6 m über dem Punkt, an dem Stützpunkte in den Boden eingetrieben werden, wobei ein Abstand von 5 m zur Böschungskrone eingehalten werden muss, wenn die Straße auf einem Damm angelegt ist, oder von 3 m zu einem beliebigen Punkt der Böschung, wenn die Straße in einem Einschnitt angelegt ist,
2. überspannte Höfe, Gärten und Grundstücke: 6 m über dem Boden,
3. in der Nähe von Gebäuden außerhalb der auf *Abbildung 7.1* dargestellten Begrenzungslinien AB und CD, insbesondere:
  - 3.1 für vertikale Abstände:
    - 2 m über Dächern, Schornsteinen, Gesimsen und Plattformen,
    - 2,50 m über Balkonen und Terrassen mit leichtem Zugang und 2 m über Balkonen und Terrassen, die durch Freileitungen überspannt werden, die vor dem 1. Januar 1983 installiert wurden,
    - 1 m über Firsten von Dachfenstern,
    - 0,50 m unter Gesimsen,
    - 0,30 m unter Balkonen und Loggien,
  - 3.2 für horizontale Abstände:
    - 1 m von Balkonhandläufen,
    - 0,75 m von Gesimsen, Schornsteinen und Loggien und von der Wandebene an Fenstern, wobei diese Ebene durch den auf *Abbildung 7.1* dargestellten Umriss EFGH abgegrenzt ist,
    - 0,15 m von der Wandebene.

BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 7.1 - Abstände im Verhältnis zu Gebäuden



- (1) Außenmauer
- (2) Fenster
- (3) Balkon
- (4) Loggia
- (5) Öffnung, Frontsicht
- (6) Giebel
- (7) Gesims



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abstandszonen von blanken Leitern zur Wand von 0,15 m einerseits und 0,75 m andererseits werden durch eine horizontale Ebene voneinander getrennt, die sich 0,50 m unter der Oberkante des Gesimses befindet und über dessen gesamte Breite verläuft und durch eine schräge Ebene verlängert wird, die parallel zum Dach verläuft und sich in einem senkrechten Abstand von 0,50 m unter dem Dach befindet.

#### b. Niederspannung

##### b.1 - Abstände für isolierte Niederspannungsfreileitungen der 1. Kategorie

Für Freileitungen, die den Vorschriften von *Unterabschnitt 7.1.3.2 Buchstabe a* bzw. *Unterabschnitt 7.1.3.3 Buchstabe a* entsprechen, beträgt der Basismindestabstand wie erwähnt in:

- *Punkt a.1.1* (entlang öffentlicher Straßen) 5 m,
- *Punkt a.1.2* (überkreuzte öffentliche Straßen) 6 m,
- *Punkt a.2* (überspannte Höfe, Gärten und Grundstücke) 5 m.

Unter der Voraussetzung, dass alle anderen Vorschriften in Bezug auf die auferlegte Begrenzungslinie (*Buchstabe a Abbildung 7.1* weiter oben) eingehalten werden, dürfen sich diese Freileitungen außerdem innerhalb der Begrenzungslinie im Freiraum unter dem Gesims befinden, sofern sie sich an Anschlüssen in einem Abstand von 5 cm zu Holzgesimsen und von mindestens 0,30 m über Stürzen von Türen, Fenstern und öffentlich zugänglichen Öffnungen befinden. Diese Freileitungen dürfen sich auch innerhalb der Begrenzungslinie von 0,15 m zur Wandebene befinden.

##### b.2 - Erhöhung der Abstände für Freileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern

Unter Freileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern versteht man Freileitungen, die den Vorschriften von *Unterabschnitt 7.1.3.2 Buchstabe a* bzw. *Unterabschnitt 7.1.3.3 Buchstabe a* nicht entsprechen.

Für solche Niederspannungsfreileitungen der 2. Kategorie werden Mindesttrennabstände berechnet, indem Basismindestabstände in folgenden Fällen um 1 m erhöht werden:

- vertikaler Abstand zum Boden öffentlicher Straßen,
- vertikaler und horizontaler Abstand zu Gebäuden.

##### b.3 - Sonderfälle, in denen die normalen Mindesttrennabstände nicht erforderlich sind

- Anschlüsse von Netzbenutzern und Versorgung öffentlicher Beleuchtungsgeräte

Die weiter oben unter *Buchstabe a* und in *Punkt b.2* aufgeführten Bedingungen in Bezug auf Unberührbarkeit sind auf Anschlüsse von Netzbenutzern und Leiter anwendbar, mit denen öffentliche Niederspannung-Beleuchtungsgeräte mit Strom versorgt werden:

- Niederspannung der 1. Kategorie:  
Leiter werden als unberührbar betrachtet, wenn sie sich 4 m über Fußwegen außerhalb der Begrenzungslinie befahrbarer Wege, über nicht für landwirtschaftliche Fahrzeuge und Maschinen zugänglichen Teilen und über Höfen und Gärten vor Gebäuden befinden.
- Niederspannung der 2. Kategorie:  
Die weiter oben für Niederspannung der 1. Kategorie angegebenen Abstände werden um 1 m erhöht.
- Für Niederspannungsleiter der 1. Kategorie, die den Vorschriften von *Unterabschnitt 7.1.3.2 Buchstabe a* bzw. *Unterabschnitt 7.1.3.3 Buchstabe a* entsprechen, beträgt der Mindestabstand über Fußwegen außerhalb der Begrenzungslinie befahrbarer Wege, über nicht für landwirtschaftliche Fahrzeuge und Maschinen zugänglichen Teilen und über Höfen und Gärten vor Gebäuden 3 m.
- Versorgung industrieller Anlagen und ihrer Nebenanlagen und Höfe mit elektrischer Energie über Niederspannungsfreileitungen der 2. Kategorie  
Die Erhöhung des vertikalen Abstands um 1 m ist nicht anwendbar auf industrielle Anlagen und ihre Nebenanlagen und Höfe.

#### c. Hochspannung

##### c.1 - Erhöhung der Abstände für Freileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern

Unter Freileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern versteht man Freileitungen, die den Vorschriften von *Unterabschnitt 7.1.3.2 Buchstabe a* und *Unterabschnitt 7.1.3.3 Buchstabe a* nicht entsprechen.

Bei dieser Art Freileitungen werden Mindesttrennabstände - sofern vorgeschrieben - berechnet, indem die in *Tabelle 7.1* erwähnten Abstände in Meter und die Basismindestabstände addiert werden, wobei  $U_N$  der in kV ausgedrückten Nennspannung zwischen Leitern entspricht.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Tabelle 7.1 - Erhöhung (in Meter) des Abstands für Hochspannungsfreileitungen

		1. Kategorie	2. Kategorie
Vertikaler Abstand zum Boden von	öffentlichen Straßen	1	$1 + 0,01 \cdot (U_N - 50)$
	Höfen, Gärten und Grundstücken	0	$0,01 \cdot (U_N - 50)$
Vertikaler und horizontaler Abstand zu Gebäuden		1	$1 + 0,01 \cdot U_N$

Bei Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie dürfen Mindestabstände (Basismindestabstand + Erhöhung) zu Gebäuden in keinem Fall weniger als 3 m betragen. Diese Untergrenze wird auf 4 m erhöht, wenn Terrassen mit leichtem Zugang überspannt werden.

**c.2 - Sonderfälle, in denen die normalen Mindesttrennabstände nicht erforderlich sind**

- Anschlüsse von Netzbenutzern und Versorgung öffentlicher Beleuchtungsgeräte  
Die Versorgung öffentlicher Beleuchtungsgeräte über Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie ist verboten.

Die weiter oben unter *Buchstabe a* und in *Punkt c.1* aufgeführten Bedingungen in Bezug auf Unberührbarkeit sind auf Anschlüsse von Netzbenutzern und Leiter anwendbar, mit denen öffentliche Hochspannung-Beleuchtungsgeräte der 1. Kategorie mit Strom versorgt werden.

Bei Hochspannung der 1. Kategorie werden Leiter als unberührbar betrachtet, wenn sie sich 5 m über Fußwegen außerhalb der Begrenzungslinie befahrbarer Wege, über nicht für landwirtschaftliche Fahrzeuge und Maschinen zugänglichen Teilen und über Höfen und Gärten vor Gebäuden befinden.

- Leiterbruch in einem angrenzenden Spannfeld einer Hochspannungsfreileitung  
Wenn Freileitungen mit Hängeisolatorsträngen (entweder mit doppeltem Strang des Typs Halbverankerung oder mit einzelner Strang) Straßen oder Gebäude überspannen, sind folgende Mindesthöhen einzuhalten, wobei die Neigung der Stränge, die auf den Bruch eines Leiters in einem angrenzenden Spannfeld zurückzuführen ist, berücksichtigt werden muss:

- über Straßen:  
 $4 + 0,01 \cdot (U_N - 50)$  (m) mit einem Minimum von 5 m,
- über Gebäuden:  
 $2 + 0,0075 \cdot U_N$  (m) mit einem Minimum von 3 m.

Dabei ist  $U_N$  die Nennspannung zwischen Leitern, ausgedrückt in kV.

Diese Untergrenze wird über Terrassen mit leichtem Zugang auf 4 m erhöht.

Bei Einsatz einer der in *Unterabschnitt 7.1.6.4* beschriebenen Schutzeinrichtungen und sofern diese Einrichtungen mit Schutzarmaturen versehen sind, ist jedoch die Annahme, dass ein Leiter in einem angrenzenden Spannfeld bricht, nicht zu berücksichtigen:

- wenn Leiter bei einer Nennspannung zwischen Leitern von höchstens 100 kV einen Querschnitt von mindestens 90 mm<sup>2</sup> haben, wenn sie aus Aluminium bestehen, und von mindestens 70 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Kupfer, Aluminiumlegierung mit oder ohne Stahlseele und Aluminium mit Stahlseele bestehen,
- wenn Leiter bei einer Nennspannung zwischen Leitern über 100 kV einen Querschnitt von mindestens 150 mm<sup>2</sup> haben, wenn sie aus Aluminium bestehen, und von mindestens 100 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Kupfer, Aluminiumlegierung mit oder ohne Stahlseele und Aluminium mit Stahlseele bestehen.

**Abschnitt 7.1.4 - Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren****Unterabschnitt 7.1.4.1 - Allgemeines**

Für Freileitungen erfolgt Schutz gegen elektrischen Schlag durch indirektes Berühren gemäß *Unterabschnitt 4.2.4.1*, *Abschnitt 4.2.5* und *Abschnitt 4.2.6*.

Freileitungen von Stromerzeugern und -versorgern gelten jedoch als geschützt gegen indirektes Berühren, wenn sie den zum Zeitpunkt ihrer Errichtung geltenden Regeln des Fachs entsprechen.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 7.1.4.2 - Vorschriften in Bezug auf Abspannungen und Zuführungskabel

Teile von Abspannungen und Zuführungskabeln einer Freileitung, die sich innerhalb des in *Tabelle 7.2* bestimmten Abstands "a" befinden, sind isoliert.

*Tabelle 7.2 - Abstand "a" (m)*

Niederspannung	Hochspannung
2	$2,5 + U_N \cdot 0,01$

Dabei ist  $U_N$  die Nennspannung zwischen zwei Leitern der Hochspannungsfreileitung (ausgedrückt in kV).

### Abschnitt 7.1.5 - Elektrischer Überstromschutz

#### Unterabschnitt 7.1.5.1 - Verteil- und Übertragungsnetze

Überstromschutz erfolgt gemäß *Kapitel 4.4* und *Unterabschnitt 5.2.4.2*. Jedoch darf der Wert der Strombelastbarkeit  $I_z$  in Netzen von Stromerzeugern und -versorgern nach den Regeln des Fachs festgelegt werden und darüber hinaus von den Betriebsbedingungen abhängen, wie zum Beispiel zyklischen Belastungen:

- Bei Überlastschutz und Schutz gegen ohmige Kurzschlussströme:
  - Für blanke Freileitungen ist kein Schutz vorgeschrieben.
  - Für Freileitungen, die aus geschützten Kabeln bestehen, können Betriebserwägungen dazu führen, dass die Lebensdauer der Kabelisolierung innerhalb der nach den Regeln des Fachs festgelegten Grenze verringert wird.
- Bei Kurzschlussströmen muss der Schutz innerhalb der kürzestmöglichen Zeit wirken, die mit der Selektivität des Schutzes des gesamten Netzes vereinbar ist.

#### Unterabschnitt 7.1.5.2 - Anschluss von Abnehmern an das Netz

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

### Abschnitt 7.1.6 - Wahl und Einsatz von Betriebsmitteln

#### Unterabschnitt 7.1.6.1 - Bestandteile von Freileitungen

Freileitungen bestehen aus Stützpunkten, die eventuell über Isolatoren und Isolatorstränge Leiter tragen.

In bestimmten Fällen kann die Stabilität von Stützpunkten durch Abspannungen verstärkt werden.

Isolatoren dürfen durch Systeme mit mehreren Isolatorsträngen ersetzt werden, die mit oder ohne Schutzarmaturen versehen sind.

Leiter können an ihrem Aufhängungspunkt mit Verstärkungselementen oder Schwingungsdämpfern versehen sein.

Auf beiden Seiten des Befestigungspunktes von Leitern kann ein doppelt aufgelegter Leiter installiert werden, der "Stromschlaufe" genannt wird.

#### Unterabschnitt 7.1.6.2 - Mechanische Festigkeit von Leitern, Muffen und Befestigungsteilen

##### a. Art von aktiven Leitern, Erdseilen und Erdungsleitern

###### a.1 - Allgemeines

Die Art Leiter ist den schädlichen Umgebungseinflüssen angepasst.

###### a.2 - Hochspannung

Leiter von Hochspannungsfreileitungen bestehen aus einer Zusammenstellung aus mindestens sieben verseilten Drähten.

##### b. Zugfestigkeit von aktiven Leitern, Erdseilen und Erdungsleitern

Wenn aktive Leiter, Erdseile oder Erdungsleiter infolge ihrer Verlegeart einer vernachlässigbaren Zugkraft ausgesetzt sind, muss ihre Festigkeit nicht überprüft werden. In den anderen Fällen (unter normalen Umständen, mit Ausnahme von außergewöhnlichen Belastungen) wird die maximal zulässige Beanspruchung mit einem Sicherheitskoeffizienten von mindestens 3 im Verhältnis zur Zugbruchlast berechnet, die ihrerseits nicht unter den in *Tabelle 7.3* aufgeführten Werten liegen darf.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Tabelle 7.3 - Mindestwerte Zugbruchlast in Newton (N)

Niederspannung		Hochspannung	
1. Kategorie	2. Kategorie	1. Kategorie	2. Kategorie
2800	5000	5000	12000

Bei vormontierten Leitungen mit Tragorgan wird jedoch nur die Zugfestigkeit dieses Tragorgans berücksichtigt und mit einem Sicherheitskoeffizienten von 2,5 berechnet.

Wenn Erdungsleiter oder Erdseile aus Stahl bestehen, beträgt ihr Querschnitt mindestens 35 mm<sup>2</sup>.

**c. Elektrischer Widerstand und Zugfestigkeit von Muffen**

Muffen zwischen Leitern weisen ständig eine ausreichende Zugfestigkeit auf, damit die weiter oben unter *Buchstabe b* erwähnten Vorschriften erfüllt werden.

Der elektrische Widerstand pro Längeneinheit des Teils des Leiters, der die Muffe enthält, entspricht höchstens dem elektrischen Widerstand des Leiters selbst.

**d. Befestigungsteile***d.1 - Allgemeines*

Bei Schutzeinrichtungen wie in *Unterabschnitt 7.1.6.4 Buchstabe b* beschrieben wird mit den Teilen, mit denen Leiter an Isolatoren befestigt werden, jegliches Gleiten vermieden, ohne die mechanische Festigkeit der Leiter zu beeinträchtigen.

*d.2 - Hochspannung*

Bei Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie, die pro Außenleiter parallel verlegte Leiter umfassen oder deren Stützpunkte mehr als zwei Drehstromkreise tragen und die mit Einrichtungen mit Hängeisolatoren - mit Ausnahme von Abspannisolatoren - ausgestattet sind, dürfen Tragklemmen mit kontrolliertem Gleiten (zum Beispiel elastische Abspannklemmen) benutzt werden, wenn sie das Gleiten des Leiters ohne Bruch ermöglichen, um auf dem Stützpunkt die mechanische Differentialbeanspruchung zu begrenzen, die zufällig zwischen zwei angrenzenden Spannungsfeldern auftreten kann. Die Benutzung von Gleitklemmen für die Befestigung von Leitern erfordert die Verwendung von Lichtbogenringen und von einer Verstärkungseinrichtung (Schutzspirale - armor rod), die an der Stelle, an der sich die Befestigung befindet, auf dem Leiter angeordnet wird. Der Wert der Differenzzugkraft, die das Gleiten verursacht, wird je nach Leiterquerschnitt mit einer Toleranz von 15 Prozent in *Tabelle 7.4* festgelegt. Mit den Teilen, die für die Befestigung der Stromschlaufen an den Leitern verwendet werden, wird jegliches Gleiten verhindert, solange die Zugkraft im Leiter im Normalbetrieb die maximale Zugkraft um nicht mehr als 50 Prozent überschreitet.

Tabelle 7.4 - Wert der Differenzzugkraft je nach Leiterquerschnitt

Kraft beim Gleiten	Leiterquerschnitt
12000 Newton	≤ 380 mm <sup>2</sup>
14000 Newton	> 380 mm <sup>2</sup> und ≤ 580 mm <sup>2</sup>
15000 Newton	> 580 mm <sup>2</sup> und ≤ 825 mm <sup>2</sup>
18000 Newton	> 825 mm <sup>2</sup>

**Unterabschnitt 7.1.6.3 - Mechanische Festigkeit von Stützpunkten, Muffen und Befestigungsteilen****a. Art von Stützpunkten***a.1 - Allgemeines*

Stützpunkte weisen eine angemessene mechanische Festigkeit auf.

Stützpunkte werden vor schädlichen Auswirkungen von ungünstiger Witterung, Bodenfeuchtigkeit, Pflanzen und Tieren geschützt. Die Aufrechterhaltung der mechanischen Festigkeit von Stützpunkten ist gewährleistet.

*a.2 - Hochspannung*

Bei Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie sind Holz und ähnliche Materialien nur für eine vorübergehende Zeit erlaubt.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### b. Gründungen

#### b.1 - Niederspannung

Stützpunkte von Niederspannungsfreileitungen dürfen direkt in den Boden eingebracht werden.

Außer an Orten wie Kraftwerken, Umspannwerken und Endpunkten von Freileitungen ist es verboten, Stützpunkte für Niederspannungsleiter der 2. Kategorie an Gebäuden zu befestigen.

#### b.2 - Hochspannung

Stützpunkte von Hochspannungsfreileitungen sind in Gründungen befestigt.

Außer an Orten wie Kraftwerken, Umspannwerken und Endpunkten von Freileitungen ist es verboten, Stützpunkte für Hochspannungsleiter an Gebäuden zu befestigen.

### c. Abspannungen

#### c.1 - Allgemeines

Verseilte mechanische Teile, die bei der Zusammensetzung von Stützpunkten benutzt werden, werden nicht als Abspannungen betrachtet.

Abspannungen sind geerdet, es sei denn, ein Isolator ist in einer Höhe zwischengeschaltet, durch die der Isolator unberührbar gemacht wird.

#### c.2 - Niederspannung

Das Abspannen von Stützpunkten von Niederspannungsfreileitungen ist erlaubt.

#### c.3 - Hochspannung

Das Abspannen von Stützpunkten von Hochspannungsfreileitungen ist in folgenden Fällen erlaubt:

- bei Verwendung - bei elektrischen Leitungen - von "geschützten Kabeln" im Sinne von *Unterabschnitt 7.1.2.3*, die mit einer geerdeten Schutzschaltung versehen sind,
- für vorübergehende Zeit während Aufbau-, Reparatur- oder provisorischer Konsolidierungsarbeiten.

### d. Mechanische Stabilität

#### d.1 - Grundsatz

Bestandteile von Freileitungen, das heißt Stützpunkte, Anker, Beschläge und etwaige Gründungen, werden unter Berücksichtigung der Beanspruchung berechnet, die sich ergibt aus:

- Zugkraft von aktiven Leitern, Erdseilen und Erdungsleitern,
- Eigengewicht von aktiven Leitern, Erdseilen, Erdungsleitern, Isolatoren und Beschlägen und vom Stützpunkt,
- ungünstigster Kombination extremer Belastungen, die sich aus den weiter unten bestimmten Wind- und Temperaturumständen ergeben.

Der Wind weht in die ungünstigste horizontale Richtung unter folgenden Bedingungen:

- Temperatur von +15°C bei normaler oder außergewöhnlicher Maximalstärke,
- Temperatur von -15°C bei reduzierter Stärke.

#### d.2 - Windlast bei Hochspannung

Windlast  $F$ , ausgedrückt in N, auf die Bestandteile von Freileitungen wird berechnet:

- für die normale Maximalstärke des Winds und seine reduzierte Stärke in elektrischen Hochspannungsanlagen der 1. Kategorie,
- für die normale Maximalstärke des Winds, seine reduzierte Stärke und seine außergewöhnliche Maximalstärke in elektrischen Hochspannungsanlagen der 2. Kategorie.

Windlast wird angegeben durch die Formel:

$$F = c \cdot q \cdot A$$

Dabei ist:

- $c$ : aerodynamischer Gesamtkoeffizient in Windrichtung, dessen Wert von der Form und manchmal von den Abmessungen des vom Wind getroffenen Gegenstands abhängt,
- $A$ : in m<sup>2</sup> ausgedrückte Oberfläche der vollen Flächen des Teils, die dem Wind ausgesetzt sind und senkrecht zur Windrichtung stehen,
- $q$ : in Pascal ausgedrückter dynamischer Druck, der im Verhältnis zum dynamischen Basisdruck  $q_b$  steht.

In *Tabelle 7.5* sind je nach Höhe, in der sich das Bauelement befindet, die Grundwerte des dynamischen Drucks  $q_b$  angegeben, die der Geschwindigkeit  $v$  des normalen maximalen horizontalen Winds entsprechen - gemessen mit Anemometern - und für den Entwurf eines Bauelements, dessen größte Abmessung 1 m nicht überschreitet, zu berücksichtigen sind.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**Tabelle 7.5 - Dynamischer Druck  $q_b$  je nach Höhe

Höhe über dem Boden in m	Windgeschwindigkeit ( $v$ ) in m/s	Dynamischer Druck ( $q_b$ ) in Pascal
bis 25	35	750
von 25 bis 50	36,16	800
von 50 bis 75	37,27	850
von 75 bis 100	38,36	900
von 100 bis 125	39,41	950
von 125 bis 150	40,43	1000
von 150 bis 175	41,43	1050
von 175 bis 200	42,21	1100

Bei aktiven Leitern, Erdseilen und Erdungsleitern entspricht die zu berücksichtigende Höhe der Höhe des Punktes für die Befestigung an Isolatoren oder Stützpunkten.

*d.3 - Normale oder außergewöhnliche maximale horizontale Windlast*

Für die Berechnung der Windlast auf Stützpunkten, Riegeln von Doppelleitungsmasten und Isolatoren wird ein dynamischer Druck  $q$  gewählt, der gleich ist:

- 0,8  $q_b$  für normalen maximalen horizontalen Wind,
- 1,6  $q_b$  für außergewöhnlichen maximalen horizontalen Wind.

Für die Berechnung der Windlast auf aktiven Leitern, Erdseilen und Erdungsleitern wird ein dynamischer Druck  $q$  gewählt, der gleich ist:

- für Spannfelder von höchstens 100 m:
  - 0,7  $q_b$  für normalen horizontalen Wind,
  - 1,4  $q_b$  für außergewöhnlichen horizontalen Wind,
- für Spannfelder über 100 m:
  - 0,5  $q_b$  für normalen horizontalen Wind,
  - 1  $q_b$  für außergewöhnlichen horizontalen Wind.

*d.4 - Reduzierte horizontale Windlast*

Für die Berechnung der Bestandteile von Freileitungen entspricht der zu berücksichtigende effektive dynamische Druck 0,25  $q_b$ .

*d.5 - Aerodynamischer Koeffizient*

Werte des aerodynamischen Koeffizienten  $c$ :

- *Aktive Leiter, Erdseile und Erdungsleiter:*  
Für aktive Leiter, Erdseile und Erdungsleiter beträgt der Wert des aerodynamischen Koeffizienten 1,45.
- *Geschlossene Leiterseile mit Z-Profildrähten:*  
Unter geschlossenen Leiterseilen mit Z-Profildrähten versteht man Leiter, bei denen mindestens die äußerste Drahtlage aus Z-förmigen Profildrähten besteht, die sich ineinander verzahnen. Daher haben sie eine fast zylindrische Außenfläche mit Spitalnuten, die eine charakteristische Tiefe aufweisen. Z-Profildrähte bestehen aus Aluminium oder einer Legierung, die hauptsächlich aus Aluminium besteht. Geschlossene Leiterseile mit Z-Profildrähten werden je nach ihrem Durchmesser durch die spezifische Tiefe ihrer Spiralnut gekennzeichnet. Diese Eigenschaften und die Art des Metalls, aus dem das Kabel besteht, sind in *Tabelle 7.6* aufgeführt, in der die Werte des aerodynamischen Koeffizienten  $c$  je nach Kabeldurchmesser und Kabelnutentiefe für Windgeschwindigkeiten angegeben sind, die dem normalen maximalen dynamischen Druck  $q_{\max,n}$  und dem außergewöhnlichen maximalen dynamischen Druck  $q_{\max,exc}$  entsprechen.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

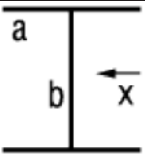
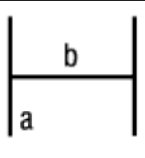
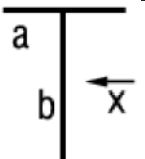
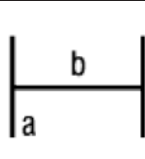
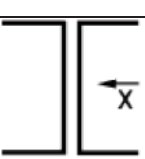
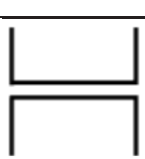
Tabelle 7.6 - Werte des aerodynamischen Koeffizienten für geschlossene Leiterseile mit Z-Profildrähten

Kabeldurchmesser in mm (d)	d < 16	16 ≤ d < 22	22 ≤ d < 28	28 ≤ d < 31	31 ≤ d < 32	32 ≤ d < 36	36 ≤ d
Nutentiefe in mm	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5
Aerodynamischer Koeffizient für dynamischen Druck q <sub>max.n</sub>	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Aerodynamischer Koeffizient für dynamischen Druck q <sub>max.exc</sub>	1,45	1,2	1,2	0,9	0,85	0,8	0,7

Der für Energie zuständige Minister kann durch Erlass andere Werte festlegen, die für Leiter mit besonderer Struktur anzuwenden sind.

- *Einstielige Masten, die aus einem oder zwei Profiltteilen bestehen:*

Tabelle 7.7 - Aerodynamischer Koeffizient c je nach Profiltyp

Profiltyp	Schema	Aerodynamischer Koeffizient (c)	Schema	Aerodynamischer Koeffizient (c)
Grey-Profil (a = b)		1,57		1,87
Normales Profil (a < b)		2,00		1,68
Zusammengesetzte Normalprofile		1,25		1,51

Die Windrichtung wird durch x angegeben.

- *Aus Normalprofilen bestehende mehrstielige Masten aus Metallgitter mit quadratischer oder rechteckiger Basis und identischen gegenüberliegenden Seiten:*

Bei Wind, der senkrecht zur Seite des mehrstieligen Mastes weht, wird der Wert von c für den gesamten mehrstieligen Mast angegeben durch die Formel:

$$c = 3,2 - 2,8 \frac{A}{A'}$$

Dabei sind A die Oberfläche der vollen Flächen und A' die Oberfläche, die dem äußeren Umriss der betrachteten Seite entspricht, ausgedrückt in m<sup>2</sup>.

Bei diesem Koeffizienten c wird die Wirkung des Winds auf die vier Seiten des mehrstieligen Mastes berücksichtigt.

Diese Formel gilt zwischen den Grenzen:

$$0,1 < \frac{A}{A'} < 0,6$$

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

- *Einstielige Masten aus Metallrohren mit einem Durchmesser von mindestens 0,20 m:*  
Der Wert von c entspricht 0,5.
- *Aus Metallrohren bestehende Gittermasten mit quadratischer oder rechteckiger Basis und identischen gegenüberliegenden Seiten:*  
Der Wert von c entspricht sieben Zehnteln des Werts, der durch die weiter oben im dritten Gedankenstrich erwähnte Formel angegeben wird:

$$c = 3,2 - 2,8 \frac{A}{A'}$$

- *Einstielige Betonmasten mit einer Höhe von weniger als 25 m über dem Boden:*

Tabelle 7.8 - Aerodynamischer Koeffizient für einstielige Betonmasten

Einstielige Betonmasten	Werte von c	
	Wind senkrecht zu	
Querschnitt	größerer Seite	kleinerer Seite
rechteckig und massiv	1,85	1,40
rechteckig mit großer ausgesparter Seite	1,60	1,30
I-Profil ohne Aussparungen	1,60	1,40
I-Profil mit Kernaussparungen	1,50	1,30
kreisförmig mit einem durchschnittlichen Durchmesser von mindestens 0,20 m	0,50	
viereckig und massiv	1,75	

- *Einstielige Holzmasten mit einem durchschnittlichen Durchmesser von mindestens 0,20 m:*  
Der Wert von c entspricht 0,5.

**d.6 - Zulässige Beanspruchungen in Walzstahlteilen**

Für die Berechnung von Freileitungen, die der maximalen oder reduzierten Windlast ausgesetzt sind, sind die in N/mm<sup>2</sup> ausgedrückten zulässigen Beanspruchungen in Walzstahlteilen von einstieligen Masten aus einfachen Profilen und von Gittermasten in *Tabelle 7.9* angegeben.

Tabelle 7.9 - Zulässige Beanspruchungen für einstielige Masten aus einfachen Profilen und Gittermasten (in N/mm<sup>2</sup>)

Stahlsorte	Zulässige Beanspruchungen	
	für alle Stützpunkte mit Ausnahme von Abspannmasten	für Abspannmasten
<b>Stahl AE 235</b>		
Zug, Druck und Biegung	170	240
Scherung	102	144
<b>Stahl AE 355</b>		
Zug, Druck und Biegung	260	340
Scherung	156	204

Für die Berechnung der Bestandteile von Freileitungen, die der außergewöhnlichen maximalen Windlast ausgesetzt sind, sind die zulässigen Beanspruchungen die Beanspruchungen, die der Elastizitätsgrenze des betreffenden Materials entsprechen.

**d.7 - Nettoquerschnitte und reduzierte Querschnitte**

**d.7.1 - Allgemeines**

Mit Ausnahme von Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie, die von Metallgittermasten getragen werden (siehe Nr. 2 weiter unten), sind folgende Vorschriften anwendbar.

- Bei der Berechnung von zug- oder biegebeanspruchten Teilen werden Nettoquerschnitte berücksichtigt, das heißt Querschnitte abzüglich von Niet- oder Bolzenlöchern; bei der Berechnung von druckbeanspruchten Teilen werden "reduzierte" Querschnitte wie weiter unten bestimmt berücksichtigt.
- Teile, die nicht exzentrischen Druckbelastungen ausgesetzt sind, werden so berechnet, dass die durchschnittliche Druckspannung auf den reduzierten Querschnitt des Teils die Werte der



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

zulässigen Spannungen für Walzstahlteile wie weiter oben in *Punkt d.6* erwähnt nicht überschreitet.

Für Walzstahlvollstäbe ist der Querschnittsreduktionsfaktor je nach Schlankheit in *Tabelle 7.10* angegeben.

*Tabelle 7.10 - Querschnittsreduktionsfaktor für Walzstahlvollstäbe*

Stahlsorte	Schlankheitsgrad	Querschnittsreduktionsfaktor
AE 235	$\lambda < 20$	1
	$20 < \lambda < 105$	$\frac{15,784 - 0,0892 \cdot \lambda}{14}$
	$105 < \lambda$	$\frac{212.200}{14(1,516 + 0,0142\lambda)\lambda^2}$
AE 355	$\lambda < 20$	1
	$20 < \lambda < 85$	$\frac{24,180 - 0,159 \cdot \lambda}{21}$
	$85 < \lambda$	$\frac{212.200}{21(1,516 + 0,0142\lambda)\lambda^2}$

Der Schlankheitsgrad  $\lambda$  eines Teils entspricht dem Verhältnis zwischen der Länge, die Knicken ausgesetzt ist, und dem Trägheitsradius, der der betrachteten Knickebene entspricht. Der reduzierte Querschnitt wird für die ungünstigste Schlankheit berechnet.

Bei Gittermasten darf der Schlankheitsgrad für Eckstiele 150 und für andere Teile 200 nicht überschreiten.

- Bei druckbeanspruchten Teilen, die aus nicht miteinander verbundenen Teilen bestehen (Gitterteile), wird der Reduktionsfaktor des gesamten Teils entsprechend der ungünstigsten Schlankheit bestimmt; dieser Reduktionsfaktor wird nach *Tabelle 7.10* bestimmt, als ob es sich um ein massives Teil handeln würde.

Der reduzierte Querschnitt des Teils wird bestimmt, indem der Gesamtquerschnitt der Bestandteile mit dem Gesamtreduktionsfaktor und dem individuellen Reduktionsfaktor eines seiner Bestandteile multipliziert wird.

Wenn der Schlankheitsgrad eines Bestandteils jedoch 40 nicht überschreitet, ist nur der Gesamtreduktionsfaktor zu berücksichtigen.

- Bei Teilen mit einem einzigen Winkel entspricht der Trägheitsradius, der für die Berechnung des reduzierten Querschnitts zu berücksichtigen ist, dem minimalen Trägheitsradius.

Bei Eckstielen mit Gitterverbindungsfachwerkknoten, die sich abwechselnd auf beiden Seiten des Winkels befinden, darf jedoch der zu einer Seite parallele Trägheitsradius berücksichtigt werden.

Bei Gittermasten ist die Knicklänge, die bei der Berechnung der Schlankheit für die Bestimmung des reduzierten Querschnitts zu berücksichtigen ist, die Länge zwischen den Punkten, die auf der für das betreffende Bauteil betrachteten Knickebene gegen Verformung gesichert sind, es sei denn, die Enden der Teile nach dieser Knickebene eingebaut sind; in diesem Fall sind acht Zehntel dieser Länge zu berücksichtigen.

Der Kreuzungspunkt zwischen einem zugbeanspruchten und einem druckbeanspruchten Stab darf als Punkt betrachtet werden, der auf der Knickebene gegen Verformung gesichert ist, sofern die Last, für die der zugbeanspruchte Stab berechnet wird, in absolutem Wert mindestens der Drucklast entspricht und die Verbindung am Kreuzungspunkt der Stäbe ausreichend ist.

- Wenn ein Teil sowohl druckbeansprucht als auch biegebeansprucht wird, müssen Spannungen mit gleichem Vorzeichen, die sich aus beiden Beanspruchungen ergeben, addiert werden, wobei die Druckspannung auf den reduzierten Querschnitt, der der wahrscheinlichsten Knickebene entspricht, berechnet wird und die Biegespannung erhöht wird, damit der Widerstand des druckbeanspruchten Eckstiels gegen seitliches Knicken berücksichtigt wird.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Der Erhöhungsfaktor der Biegespannung entspricht:

$$\frac{1}{1-0,0005 L/i\gamma}$$

Dabei ist:

$L$  = theoretische Länge des Teils oder Achsenabstand der wirksam gegen seitliche Verformung gesicherten Punkte,

$i\gamma$  = Trägheitsradius des druckbeanspruchten Bestandteils des Teils, bezogen auf die zur Biegeebene parallelen Achse.

- Die zulässige Scherspannung von Bolzen und Nieten entspricht höchstens vier Fünfteln der zulässigen Spannung dieser Bolzen oder Nieten bei einfacher Zugkraft.

Da die diametrale Kontaktfläche dem Produkt aus dem Niet- oder Bolzendurchmesser und der Dicke des zu verbindenden Teils entspricht, entspricht der durchschnittliche Druck auf diese Fläche bei Bolzen und Nieten, die auf doppelte Scherung beansprucht werden, höchstens den weiter unten angegebenen Werten:

- gedrehte Nieten und Bolzen: 2,4-fache der weiter oben bestimmten Scherspannung,
- gewöhnliche Rohbolzen: 2-fache der weiter oben bestimmten Scherspannung.

Bei Bolzen, die auf einfache Scherung beansprucht werden, werden weiter oben vorgeschriebene Grenzwerte für den durchschnittlichen Druck auf die diametrale Kontaktfläche um ein Fünftel reduziert.

- Schweißverbindungen weisen für die höchste Beanspruchung, der sie ausgesetzt werden, einen Sicherheitskoeffizienten in Bezug auf ihre Zugfestigkeit von mindestens 3 auf, wenn die Beanspruchung im Metall der verbundenen Stäbe mit einer der zulässigen Spannungen berechnet wird.

#### d.7.2 - Hochspannung

Für Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie, die von Metallgittermasten getragen werden, bestimmt der für Energie zuständige Minister durch Erlass die Verfahren für die Berechnung ihrer Bestandteile.

#### d.8 - Einstielige Stahlbetonmasten

##### d.8.1 - Allgemeines

Einstielige Stahlbetonmasten entsprechen den Sicherheitsvorschriften, die entweder in der diesbezüglichen vom König bestätigten Norm oder in Bestimmungen aufgeführt sind, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

##### d.8.2 - Hochspannung

Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie mit einer Nennspannung von höchstens 70 kV werden in Bezug auf Windlast Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie gleichgestellt.

#### d.9 - Einstielige Holzmasten

Einstielige Holzmasten entsprechen den Sicherheitsvorschriften, die entweder in der diesbezüglichen vom König bestätigten Norm oder in Bestimmungen aufgeführt sind, die ein Sicherheitsniveau gewährleisten, das dem in dieser Norm festgelegten Niveau mindestens gleichwertig ist.

Sie werden mit einem Sicherheitskoeffizienten in Bezug auf Bruchlast von 3,5 berechnet.

#### d.10 - Stabilität gegen Umkippen

Stabilität von Stützpunkten gegen Umkippen wird unter Berücksichtigung des maximalen Kippmoments und der für Stabilität günstigen Gegenmomente überprüft.

### **BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Diese Gegenmomente werden bestimmt durch:

- Gesamtgewicht,
- Verhalten der Erden, die dem Umkippen der Gründungen entgegenwirken.

Der Koeffizient in Bezug auf Stabilität gegen Umkippen entspricht dem Verhältnis zwischen der Summe der Gegenmomente und dem Kippmoment.

Unter Annahme des größten Kippmoments entspricht der Koeffizient mindestens:

- 1,25, wenn Windlast für die normale Maximalstärke des Winds oder seine reduzierte Stärke berechnet wird,
- 1,00, wenn Windlast für die außergewöhnliche Maximalstärke des Winds berechnet wird.

#### *d.11 - Abspann- oder Endmasten*

Bei der Berechnung der mechanischen Stabilität von Abspann- und Endmasten wird außerdem ihre spezifischere Funktion berücksichtigt.

#### **Unterabschnitt 7.1.6.4 - Mechanische Festigkeit und dielektrische Eigenschaften von Isolatoren und Isolatorsträngen**

##### **a. Allgemeines**

Isolatoren und Isolatorstränge entsprechen in Bezug auf ihre mechanische Festigkeit und ihre dielektrischen Eigenschaften den Regeln des Fachs.

##### **b. Sicherheitsbefestigungsarten für blanke Energieleiter von Hochspannungsfreileitungen - Schutzeinrichtungen bei Hochspannung**

###### *b.1 - Grundsatz*

Grundsätzlich dienen Schutzeinrichtungen dazu, den etwaigen Bruch eines Leiters an der Stelle, an der er am Isolator aufgehängt ist, abzudecken; dieser Bruch kann unter anderem verursacht werden durch:

- Leiterschwingung,
- Bildung eines beständigen Lichtbogens auf dem Leiter, der das Schmelzen des Leiters verursachen könnte.

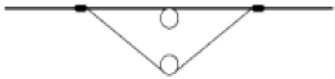
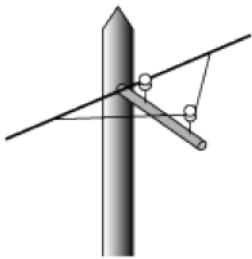
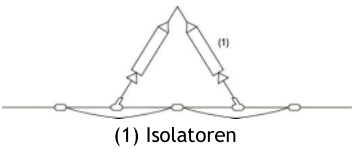
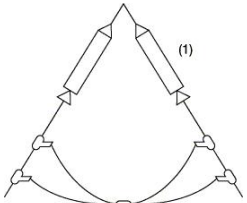
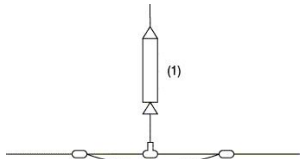
Eine Lösung besteht darin, den Leiter an der Stelle, an der er am Isolator befestigt ist, durch einen weiteren Leiter doppelt aufzulegen, der auf beiden Seiten dieser Befestigungsstelle befestigt ist und Stromschleife genannt wird.

###### *b.2 - Beschreibung von Einrichtungen mit erhöhter Sicherheit*

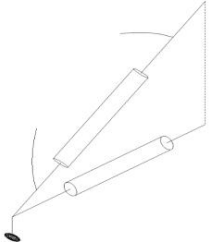
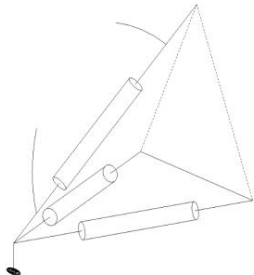
Wenn Energieleiter elektrischer Hochspannungsfreileitungen mit einer der folgenden Schutzeinrichtungen an Stützpunkten befestigt sind, gelten sie als mit erhöhter Sicherheit befestigt.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Tabelle 7.11 - Arten von Schutzeinrichtungen

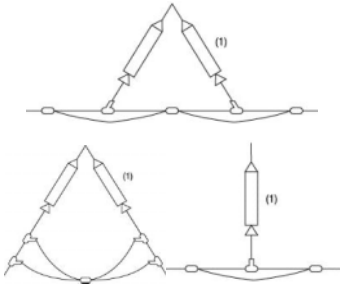
Art: Schutzeinrichtung	Abbildung	Vorschriften
<p>a. mit starr montierten Freileitungsisolatoren</p>	<p>Abbildung 7.2 - Starr montierte Freileitungsisolatoren - Draufsicht</p>  <p>Abbildung 7.3 - Starr montierte Freileitungsisolatoren - Perspektivansicht</p> 	<p>Leiter von Freileitungen mit starr montierten Freileitungsisolatoren werden über mindestens zwei Isolatoren am Stützpunkt befestigt, die so weit voneinander entfernt sind, dass ein Erdungslichtbogen, der an einem der Isolatoren auftritt, sich nicht auf einen anderen Isolator ausbreitet.</p> <p>Der Außenleiter wird an einem der Isolatoren befestigt und mit jedem der zusätzlichen Isolatoren durch einen Leiter desselben Querschnitts und derselben Art verbunden, an dem er auf beiden Seiten des Befestigungspunktes angeschlossen ist.</p> <p>Die Befestigung dieser Leiter an ihrem Isolator und die Verbindung der Leiter miteinander erfolgt anhand von spezifischen Befestigungsklemmen, mit denen jegliches Gleiten vermieden werden kann, ohne die mechanische Festigkeit der Leiter zu beeinträchtigen.</p>
<p>b. mit Hängeisolatoren mit doppeltem Isolatorstrang</p>	<p>Abbildung 7.4 - Halbverankerung - Vorderansicht</p>  <p>(1) Isolatoren</p> <p>Abbildung 7.5 - Verankerung - Vorderansicht</p>  <p>(1) Isolatoren</p>	<p>Leiter von Freileitungen mit Hängeisolatoren werden anhand von Befestigungsklemmen an den Enden von mindestens zwei Isolatorsträngen befestigt, wobei die Leiter durch Verankerung oder durch eine Tragklemme, die Halbverankerung gewährleistet, an jedem Strang befestigt sind. Eine Stromschleife, die aus einem Leiter desselben Querschnitts und derselben Art wie der für die betreffende Freileitung verwendete Leiter besteht, wird anhand von Klemmen auf beiden Seiten der Endteile der Isolatorstränge befestigt.</p> <p>Diese Stromschleife darf durch eine oder mehrere zusätzliche Klemmen, die sich zwischen den Punkten für die Befestigung an den Isolatorsträngen befinden, mit dem Leiter verbunden werden.</p>
<p>c. mit Hängeisolatoren mit einzelner Isolatorstrang</p>	<p>Abbildung 7.6 - Einzelner Isolatorstrang - Vorderansicht</p>  <p>(1) Isolatoren</p>	<p>Leiter von Freileitungen mit Hängeisolatoren werden anhand von einem einzelnen Isolatorstrang befestigt. Der Leiter wird durch eine Stromschleife doppelt aufgelegt, die aus einem Leiter desselben Querschnitts und derselben Art wie der für die betreffende Freileitung verwendete Leiter besteht und auf beiden Seiten des Punktes für die Befestigung des Leiters am Isolatorstrang befestigt ist.</p>

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

d. Isoliertraversen	<p>Abbildung 7.7 - Isoliertraverse mit einem Druckisolator - Perspektivansicht</p>  <p>Abbildung 7.8 - Isoliertraverse mit zwei Druckisolatoren - Perspektivansicht</p> 	<p>Isoliertraversen bestehen hauptsächlich aus zwei Isolatorsträngen und werden als Hängeeinrichtungen mit erhöhter Sicherheit eingesetzt. Sie bestehen aus:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. einem oder zwei Druckisolatoren (Abbildungen 7.7 und 7.8), mit denen die horizontalen mechanischen Kräfte der Leiter in Verbindung mit den durch Wind oder Eis verursachten Belastungen ausgeglichen werden,</li> <li>2. einem schrägen Zugisolator, mit dem die vertikalen mechanischen Kräfte der Leiter in Verbindung mit den durch Wind oder Eis verursachten Belastungen ausgeglichen werden.</li> </ol>
e. für Abspann- und Endmasten		<p>Der aktive Leiter wird anhand von zwei Isolatoren (zwei starr montierte Freileitungsisolatoren oder zwei Isolatorstränge oder eine Kombination aus beider dieser Typen) am Abspann- oder am Endmast so befestigt, dass er, wenn er sich von einem der Isolatoren löst, immer noch am zweiten Isolator befestigt bleibt.</p>

In *Tabelle 7.12* sind die Bedingungen für den Einsatz einiger dieser Schutzeinrichtungen angegeben.

*Tabelle 7.12 - Einsatzbedingungen*

Abbildung	Bedingungen
	<p>In Bezug auf aufgehängte Schutzeinrichtungen (Abbildungen 7.4, 7.5 und 7.6) werden folgende Bedingungen erfüllt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Isolatorstränge wurden einzeln Tests unterzogen, die gemäß den diesbezüglichen Regeln des Fachs durchgeführt worden sind.</li> <li>2. Der Abstand zwischen dem Endteil eines jeden Isolatorstrangs und dem äußersten Befestigungsteil der Stromschleufe entspricht mindestens: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,4 m für Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie,</li> <li>• <math>(0,50 + 0,004 (U_N - 50))</math> m mit einem Maximum von 1,5 m für Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie.</li> </ul> </li> </ol> <p>Dabei ist <math>U_N</math> die Nennspannung zwischen Außenleitern, ausgedrückt in kV.</p>

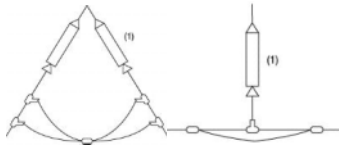
**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**


Abbildung 7.9 - Einrichtung mit doppeltem Strang ohne Stromschleife - Typ Verankerung

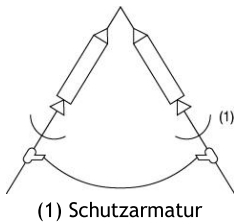
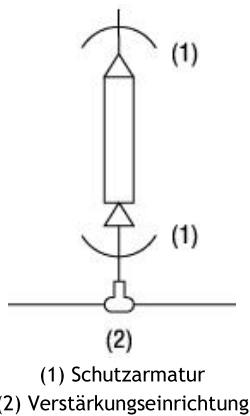


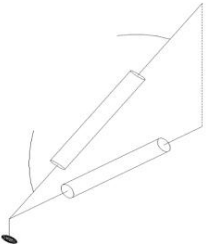
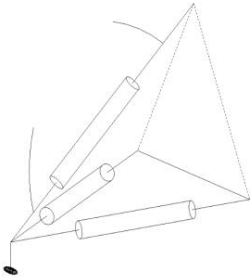
Abbildung 7.10 - Einrichtung mit einzelner Strang ohne Stromschleife



Darüber hinaus ist bei Schutzeinrichtungen mit doppeltem Isolatorstrang des Typs Verankerung (Abbildung 7.5) und Schutzeinrichtungen mit einzelner Strang (Abbildung 7.6) eine doppelt aufgelegte Stromschleife nicht erforderlich, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt werden:

1. Freileitungen sind mit mindestens einer Schutzeinrichtung ausgestattet, die bei Fehler das schnelle Erlöschen des Lichtbogens gewährleistet.
2. Leiter haben einen Querschnitt von mindestens:
  - Hochspannung der 1. Kategorie: 90 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Aluminium bestehen, und 70 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Kupfer, Aluminiumlegierung mit oder ohne Stahlseele oder Aluminium mit Stahlseele bestehen,
  - Hochspannung der 2. Kategorie: 220 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Aluminium bestehen, und 125 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Kupfer, Aluminiumlegierung mit oder ohne Stahlseele oder Aluminium mit Stahlseele bestehen.
3. Isolatorstränge sind mit einer Schutzarmatur versehen:
  - bei Einrichtungen mit doppeltem Strang des Typs Verankerung: an ihrem Ende, das sich neben dem Leiter befindet (Abbildung 7.9),
  - bei Einrichtungen mit einzelner Strang: an beiden Enden (Abbildung 7.10).
4. Bei Einsatz von Einrichtungen mit doppeltem Isolatorstrang des Typs Verankerung wird mit den Teilen, mit denen Leiter an Stränge befestigt werden, und mit den Klemmen, mit denen Riegel von Doppelleitungsmasten an Leiter befestigt werden, jegliches Gleiten vermieden, ohne die mechanische Festigkeit des Leiters zu beeinträchtigen.
5. Bei Einsatz von Einrichtungen mit einzelner Strang (Abbildung 7.10) mit Verschlusskappe und Stab bewährter Qualität werden Leiter an der Stelle, an der sie am Isolatorstrang befestigt sind, mit einer Einrichtung versehen, die dazu bestimmt ist:
  - diese Aufhängungspunkt zu verstärken,
  - Schwingungen zu dämpfen,
  - Leiter bei einem Hochleistungslichtbogen, der die Schutzarmatur überspringt, zu schützen.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

<p>Abbildung 7.11 - Isoliertraverse mit einem Druckisolator - Perspektivansicht</p>  <p>Abbildung 7.12 - Isoliertraverse mit zwei Druckisolatoren - Perspektivansicht</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Isoliertraversen wurden in Bezug auf ihre mechanische Festigkeit und ihre dielektrischen Eigenschaften einzeln Tests unterzogen, die gemäß den diesbezüglichen Regeln des Fachs durchgeführt worden sind.</li> <li>2. Bei Verwendung eines Druckisolators (Abbildung 7.11) kann sich der Querträger des mehrstieligen Mastes um seine Achse drehen. In Hochspannungsverbindungen/-leitungen kann diese Anordnung bis zu Winkeln von höchstens 3 Gon verwendet werden.</li> <li>3. Bei Verwendung von zwei Druckisolatoren (Abbildung 7.12) kann sich der Querträger des mehrstieligen Mastes nicht um seine Achse drehen. In dieser Anordnung sind Winkel bis höchstens 15 Gon erlaubt.</li> <li>4. Der Kern dieser Isolatoren besteht hauptsächlich aus einem Material mit hoher mechanischer Festigkeit. Die Umhüllung besteht aus Silikon, das durch gute dielektrische Eigenschaften gekennzeichnet ist.</li> <li>5. An den Enden dieser Isolatoren befinden sich Metallteile, die zum einen die Isolatoren miteinander und zum anderen die Leiter mit den Isolatoren verbinden.</li> <li>6. Isoliertraversen weisen keine doppelt aufgelegte Stromschlaufe, erfüllen aber folgende kumulative Bedingungen:       <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Freileitungen sind mit mindestens einer Schutzeinrichtung ausgestattet, die bei Fehler das schnelle Erlöschen des Lichtbogens gewährleistet.</li> <li>2. Bei Hochspannung der 2. Kategorie haben Leiter einen Querschnitt von mindestens 220 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Aluminium bestehen, und von mindestens 125 mm<sup>2</sup>, wenn sie aus Kupfer, Aluminiumlegierung mit oder ohne Stahlseele und Aluminium mit Stahlseele bestehen.</li> <li>3. Mindestens ein Isolatorstrang ist an beiden Enden mit einer Schutzarmatur versehen.</li> </ol> </li> </ol>
--	---

#### Unterabschnitt 7.1.6.5 - Vorhandensein anderer Leitungen

- a. Wind-, Temperatur- und Belastungsbedingungen, die in Bezug auf ungünstige Positionen von Leitern zu berücksichtigen sind

Die in *Unterabschnitt 7.1.3.5* vorgeschriebenen Wind-, Temperatur- und Belastungsbedingungen sind für die Bestimmung der ungünstigsten Positionen von Leitern anwendbar.

- b. Anordnung einer Hochspannungsfreileitung des Typs "geschützte Kabel" und anderer Leiter auf übereinanderliegenden Ebenen oder gemeinsamen Stützpunkten, Nähe einer solchen Hochspannungsfreileitung zu anderen Leitern und Kreuzung mit solchen Leitern

##### b.1 - Verbotene Zone eines geschützten Kabels

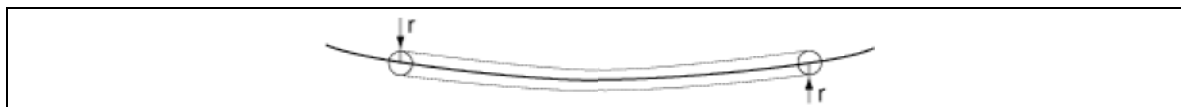
Die verbotene Zone eines geschützten Hochspannungskabels (im Sinne von *Unterabschnitt 7.1.2.3*) ist das Volumen, das durch die Bewegung eines Kreises mit Radius "r" gekennzeichnet ist, der sich in einer Ebene senkrecht zum Leiter der Freileitung befindet, wobei sich der Mittelpunkt dieses Kreises entlang der Freileitung bewegt, die die ungünstigste Position des geschützten Kabels symbolisiert.

Wenn dieses geschützte Kabel mehrere ungünstige Positionen einnehmen kann, ist die verbotene Zone das Volumen, das die verschiedenen verbotenen Zonen einschließt, die sich aus diesen verschiedenen ungünstigen Positionen des geschützten Kabels ergeben.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Der Radius des Kreises, der die verbotene Zone beschreibt, hängt von der Art Leitungen ab, die sich in der Nähe des geschützten Kabels befinden.

Abbildung 7.13 - Verbotene Zone eines geschützten Kabels



b.2 - Andere Leiter von Niederspannungs- oder Hochspannungsfreileitungen, die selbst geschützte Kabel sind

Anordnung von Niederspannungs- oder Hochspannungsfreileitungen und einer Hochspannungsfreileitung auf übereinanderliegenden Ebenen oder gemeinsamen Stützpunkten, Nähe von Niederspannungs- oder Hochspannungsfreileitungen zu einer Hochspannungsfreileitung und Kreuzung mit dieser Hochspannungsfreileitung - wenn alle geschützte Kabel sind - sind ungeachtet der Spannungskategorien bedingungslos erlaubt, wobei der Radius der verbotenen Zone gleich null ist.

b.3 - Andere Leiter von Niederspannungs- oder Hochspannungsfreileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern oder von privaten Telekommunikationsleitungen

Anordnung von Niederspannungs- oder Hochspannungsfreileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern oder Telekommunikationsleitungen und einer Hochspannungsfreileitung mit höherer Nennspannung des Typs "geschützte Kabel" auf übereinanderliegenden Ebenen oder gemeinsamen Stützpunkten, Nähe solcher Freileitungen zu einer Hochspannungsfreileitung mit höherer Nennspannung des Typs "geschützte Kabel" und Kreuzung mit dieser Hochspannungsfreileitung sind erlaubt, sofern die Freileitung mit blanken oder ähnlichen Leitern oder die private Telekommunikationsleitung sich außerhalb der verbotenen Zone befindet, wobei der Wert des Radius "r" je nach Art Leitungen, die sich in der Nähe des geschützten Kabels befinden, in der weiter unten aufgeführten *Tabelle 7.13* in Meter angegeben ist.

Tabelle 7.13 - Werte des Radius "r" (in m)

		Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie des Typs "geschützte Kabel"
Private Telekommunikationsleitung		0,50
Freileitung des Typs "blanke oder ähnliche Leiter"	Niederspannung der 1. Kategorie	0,30
	Niederspannung der 2. Kategorie	0,40
	Hochspannung der 1. Kategorie	0,50
	Hochspannung der 2. Kategorie	$0,50 + U_N \cdot 0,01$

$U_N$  ist die Nennspannung zwischen Leitern der Hochspannungsfreileitung der 2. Kategorie.

Die Werte des Radius "r" für Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie des Typs "geschützte Kabel" werden durch Erlass des für Energie zuständigen Ministers festgelegt.

**c. Anordnung einer Hochspannungsfreileitung des Typs "blanke oder ähnliche Leiter" und anderer Leiter auf übereinanderliegenden Ebenen oder gemeinsamen Stützpunkten, Nähe einer solchen Hochspannungsfreileitung zu anderen Leitern und Kreuzung mit solchen Leitern**

c.1 - Verschiedene Zonen um blanke oder ähnliche Leiter

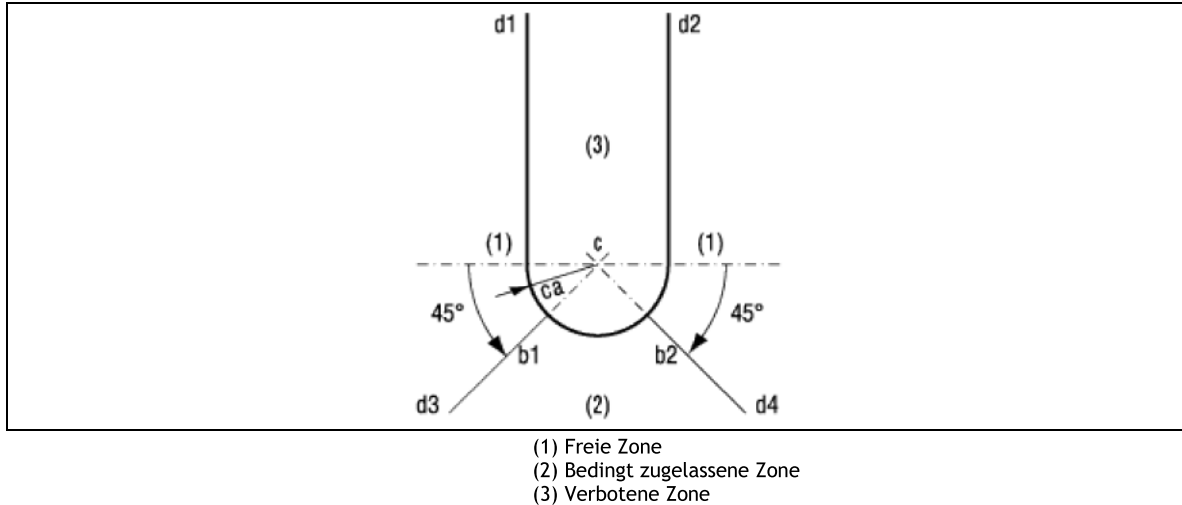
Um jeden blanken oder ähnlichen Leiter einer Freileitung gibt es drei verschiedene Zonen, die durch die Bewegung von einem Halbkreis und Geradensegmenten gekennzeichnet sind, die sich in einer Ebene senkrecht zum Leiter der Freileitung befinden, wobei sich der Mittelpunkt C entlang des Leiters in seiner ungünstigsten Position bewegt.

Diese Linien, die die Volumen beschreiben und durch die Wahl des Radius "ca" festgelegt werden, sind auf *Abbildung 7.14* dargestellt.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Abbildung 7.14 - Zonen um blanke oder ähnliche Leiter



Der Radius "ca", auf dessen Grundlage die verschiedenen Zonen bestimmt werden, hängt von der Spannung der Hochspannungsfreileitung mit blanken oder ähnlichen Leitern ab, die die anderen Freileitungen überspannt, und von der Art überspannte Leitungen. Sein Wert, ausgedrückt in Meter, wird durch folgende Formel angegeben:

$$ca = 1,50 + U_N \cdot 0,01 \text{ (m)}$$

Dabei ist  $U_N$  die Nennspannung zwischen Leitern der Freileitung mit der höchsten Spannung, ausgedrückt in kV.

Die "verbotene Zone" wird durch die Bewegung der Linie d1 b1 b2 d2 gekennzeichnet. Wenn der blanke oder ähnliche Leiter mehrere ungünstige Positionen einnehmen kann, ist die verbotene Zone das Volumen, das die verschiedenen verbotenen Zonen einschließt, die sich aus diesen verschiedenen ungünstigen Positionen ergeben.

Die "bedingt zugelassene Zone" wird durch die Bewegung der Linie d3 b1 b2 d4 gekennzeichnet. Wenn der blanke oder ähnliche Leiter mehrere ungünstige Positionen einnehmen kann, ist die bedingt zugelassene Zone das Volumen, das die verschiedenen bedingt zugelassenen Zonen einschließt, die sich aus diesen verschiedenen ungünstigen Positionen ergeben.

Beide seitlichen Zonen, die weder verbotene noch bedingt zugelassene Zonen sind, werden als freie Zonen bezeichnet.

c.2 - Vorschriften in Bezug auf die Nähe einer Hochspannungsfreileitung mit blanken oder ähnlichen Leitern zu anderen Freileitungen

#### c.2.1 - Verbotene Zone

In der verbotenen Zone von blanken oder ähnlichen Leitern von Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie dürfen sich keine Leiter von Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie, Niederspannungs- und Kleinspannungsfreileitungen oder von Telekommunikationsleitungen befinden.

In der verbotenen Zone von blanken oder ähnlichen Leitern von Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie dürfen sich keine Leiter von Niederspannungs- und Kleinspannungsfreileitungen oder von Telekommunikationsleitungen befinden.

Diese Verbote gelten jedoch nicht:

- für Fernübertragungsleitungen, die im Erdseil oder Erdungsleiter integriert sind, sofern die Anlage den in *Buchstabe d* festgelegten Vorschriften entspricht,
- für nicht leitfähige Fernübertragungsleitungen (Beispiel: Typ Glasfaser),
- für elektrische Hilfsleitungen, die örtlich zur Überwachung, Messung, Steuerung, Meldung und Beleuchtung dienen; geeignete Maßnahmen nach den Regeln des Fachs werden ergriffen, um versehentliche Kontakte zwischen Leitungen wie in vorliegendem Absatz erwähnt und Hochspannungsfreileitungen zu vermeiden.

Außerdem wird der Mindestabstand "ca" auf 1,5 m verringert für Telekommunikationsleitungen und Niederspannungsfreileitungen, die vor dem 1. Januar 1983 installiert wurden oder auf

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Stützpunkten einer Hochspannungsfreileitung von höchstens 20 kV zwischen Außenleitern zu installieren sind und die Erweiterung eines gemäß den vorherigen Vorschriften bereits auf gemeinsamen Stützpunkten errichteten Netzes bilden.

#### c.2.2 - Freie Zonen

Freileitungen dürfen bedingungslos durch freie Zonen, die im Verhältnis zu blanken oder ähnlichen Leitern von Hochspannungsfreileitungen bestimmt werden, verlaufen.

#### c.2.3 - Bedingt zugelassene Zone

Was die Benutzung der bedingt zugelassenen Zone betrifft, unterliegen Anordnung von Niederspannungs- oder Hochspannungsfreileitungen und einer Hochspannungsfreileitung des Typs "blanke oder ähnliche Leiter" auf übereinanderliegenden Ebenen oder gemeinsamen Stützpunkten, Nähe solcher Freileitungen zu einer Hochspannungsfreileitung des Typs "blanke oder ähnliche Leiter" und Kreuzung mit dieser Hochspannungsfreileitung der Erfüllung folgender Bedingungen:

##### – Überspannende Freileitungen:

Leiter werden mithilfe von Schutzvorrichtungen wie in *Unterabschnitt 7.1.6.4 Buchstabe b* beschrieben aufgehängt.

##### – Überspannte Freileitungen:

Verbot: Errichtung von Niederspannungsfreileitungen oder privaten Telekommunikationsleitungen und Hochspannungsfreileitungen der 2. Kategorie auf gemeinsamen Stützpunkten ist verboten, mit Ausnahme der weiter oben im dritten Absatz des Punktes mit der Überschrift "Verbotene Zone" erwähnten Ausnahmen in Bezug auf:

- Fernübertragungsleitungen, die im Erdseil oder Erdungsleiter von Hochspannungsfreileitungen integriert sind,
- elektrische Hilfsleitungen, die örtlich zur Überwachung, Messung, Steuerung, Meldung und Beleuchtung dienen, unter Einhaltung der auferlegten Vorschriften.

Niederspannungsfreileitungen:

- Bei Errichtung auf gemeinsamen Stützpunkten ist der Neutralleiter des betreffenden Teils des Niederspannungsnetzes oder der Außenleiter direkt oder über eine Spannungsbegrenzungseinrichtung geerdet; ist kein geerdeter Leiter vorhanden, werden Niederspannungsleiter durch Spannungsbegrenzungseinrichtungen geschützt, die den Leitungsschutzschaltern nachgeschaltet sind.
- In den anderen Fällen werden Maßnahmen ergriffen, um Induktionseinflüsse zu begrenzen.

Private Telekommunikationsleitungen: Eine der folgenden Vorschriften ist anwendbar:

- Entweder sind Telekommunikationsgeräte über Transformatoren mit elektrisch getrennten Wicklungen, die außer Reichweite der Betreiber sind und mit wirksamen Spannungsbegrenzungseinrichtungen versehen sind, mit Telekommunikationsleitungen des Typs "Koaxialleitungen" verbunden. Diese Telekommunikationsleitungen, die sich innerhalb dieser bedingt zugelassenen Zone befinden, werden in unterirdischen Kabeln verlegt oder entsprechen den für Hochspannungsfreileitungen geltenden Vorschriften. Sobald sie diese Zone verlassen, bleibt diese Anordnung anwendbar, bis die Trennung der Stromkreise durch Transformatoren mit elektrisch getrennten Wicklungen, die außer Reichweite der Betreiber sind und mit wirksamen Spannungsbegrenzungseinrichtungen versehen sind, sichergestellt ist.
- Oder Maßnahmen werden ergriffen, um Induktionseinflüsse zu begrenzen: Wenn es sich bei Telekommunikationskabeln um Koaxialkabel handelt, ist die Schutzschaltung in regelmäßigen Abständen geerdet.

c.3 - Zusätzliche Vorschrift in Bezug auf die Kreuzung einer Hochspannungsfreileitung der 2. Kategorie mit blanken oder ähnlichen Leitern, die mithilfe von Hängeisolatoren befestigt ist, mit anderen Leitungen

Wenn Schutzvorrichtungen mit aufgehängten Isolatorsträngen ausgestattet sind, ist die Zunahme der Durchbiegung zu berücksichtigen, die durch die Neigung der Stränge infolge des Bruchs eines Leiters in einem der angrenzenden Spannungsfelder verursacht wird. In diesem Fall entspricht der Radius "ca" für diese neue ungünstige Position des Leiters:

$$1,50 + U_N \cdot 0,0075 \text{ (m)}$$

Dabei ist  $U_N$  die Nennspannung zwischen Leitern der Hochspannungsfreileitung der 2. Kategorie (ausgedrückt in kV).

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Jedoch ist die Annahme eines Bruchs nicht zu berücksichtigen, wenn die in *Unterabschnitt 7.1.3.6 Punkt c.2* letzter Absatz vorgeschriebenen Bedingungen erfüllt sind.

#### d. Vorschriften in Bezug auf das Erdseil bei einer Fernübertragungsleitung

##### d.1 - Funktionen des Erdseils bei einer Fernübertragungsleitung

Das Erdseil bei einer Fernübertragungsleitung erfüllt folgende Funktionen:

- Funktion eines normalen Erdseils einer Hochspannungsfreileitung, wobei diese Funktion durch seine an allen Stützpunkten geerdete Bewehrung erfüllt wird,
- Funktion einer Fernübertragungsleitung, wobei diese Funktion durch isolierte Leiter erfüllt wird, die sich im Mittelpunkt des Erdseils befinden und von einem Mantel umschlossen sind, der die Isolierung zwischen Leitern und Bewehrung gewährleistet.

##### d.2 - Maßnahmen zur Beseitigung von Störspannungen

Störspannungen, die in der in *Punkt d.1* erwähnten Fernübertragungsleitung entweder durch Ströme der drei Außenleiter der Hochspannungsfreileitung oder bei Kurzschluss zwischen zwei Außenleitern oder infolge eines Blitzschlages induziert werden, werden in Bezug auf die in *Punkt d.1 Buchstabe b* erwähnten isolierten Leiter durch Barrieren oder Übertrager an den Enden und gegebenenfalls entlang der Freileitung verteilt beseitigt.

##### d.3 - Typprüfungen in Bezug auf die Isolierung zwischen Leitern und Erdseilbewehrung

Die Isolierung zwischen Leitern und Erdseilbewehrung hält folgenden Typprüfungen ohne Schaden stand:

- Spannung 20 kV - 50 Hz und Dauer 10 Sekunden,
- Stoßwelle von 1,2/50 Mikrosekunden und Spannung 120 kV, das heißt Einspeisung einer Spannungswelle (die der Wirkung eines Blitzschlags entspricht), die durch eine Anstiegszeit von 1,2 Mikrosekunden und eine Dauer bei mittlerer Amplitude von 50 Mikrosekunden gekennzeichnet ist und durch Entladung eines Stoßspannungsgenerators mit einer auf 120 kV gebrachten Klemmenspannung erreicht wird.

##### d.4 - Prüf widerstand der Isolierung von Barrieren oder Übertragern

Die Isolierung von Barrieren oder Übertragern hält ohne Schaden folgenden Prüfungen stand:

- Typprüfung: Stoßwelle 1,2/50 Mikrosekunden und Spannung 40 kV,
- systematische Prüfung: Spannung 20 kV bei 50 Hz und Dauer 1 Sekunde.

##### d.5 - Installation von Barrieren oder Übertragern

Barrieren oder Übertrager werden mindestens an den Enden der Freileitung auf dem Boden angeordnet und befinden sich in Kästen, die für Personal, das nicht dazu ermächtigt ist, daran zu arbeiten, nicht zugänglich sind.

##### d.6 - Errichtung von Anlagen und Sicherheit des Instandhaltungspersonals

Anlagen werden gemäß den Regeln des Fachs errichtet und die Sicherheit des Instandhaltungspersonals wird durch geeignete Schutzmaßnahmen gewährleistet.

##### d.7 - Ausnahme

Die Punkte *d.2* bis *d.6* sind nicht anwendbar auf nicht leitfähige Fernübertragungsleitungen (Beispiel: Typ Glasfaser).

#### Unterabschnitt 7.1.6.6 - Vorhandensein anderer Gegenstände

##### a. Antennen, Leuchten und Stützpunkte für die öffentliche Beleuchtung

###### a.1 - Sicherheitsbegrenzungslinie

Die Sicherheitsbegrenzungslinie von Antennen, Leuchten oder Befestigungsteilen von Leuchten für die öffentliche Beleuchtung ist so vorgesehen, dass sich ihre Außenfläche mindestens in einem Abstand "a" zu jedem Punkt dieser Antennen, Leuchten oder Befestigungsteile von Leuchten für die öffentliche Beleuchtung befindet.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Der Wert dieses Abstands "a" hängt von der Spannung der Freileitung ab. Er ist in *Tabelle 7.14* in Meter angegeben.

*Tabelle 7.14 - Abstand "a" (in Meter) je nach Spannung der Freileitung*

Abstand		Niederspannung		Hochspannung	
		1. Kategorie	2. Kategorie		
a	Antenne	2	2	$2,5 + U_N \cdot 0,01$	
	öffentliche Beleuchtung	Leuchte an sich	0,50		2
		Teile zur Befestigung der Leuchte	-		2

Dabei ist  $U_N$  die Nennspannung zwischen zwei Leitern der Hochspannungsfreileitung (ausgedrückt in kV).

Bei Freileitungen, die vor dem 1. Januar 1983 installiert wurden, bleibt der Abstand "a", mit dem die Sicherheitsbegrenzungslinie für Niederspannungsfreileitungen der 2. Kategorie und Hochspannungsfreileitungen der 1. Kategorie bestimmt wird, auf 1,5 m festgelegt.

#### a.2 - Lage von Freileitungen

Freileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern befinden sich außerhalb der Sicherheitsbegrenzungslinie von Antennen, Leuchten und Befestigungsteilen von Leuchten für die öffentliche Beleuchtung.

Jedoch dürfen sich Niederspannungsfreileitungen der 1. Kategorie mit blanken oder ähnlichen Leitern, die ausschließlich der Versorgung von Leuchten dienen, innerhalb der Sicherheitsbegrenzungslinie dieser Leuchten befinden.

#### b. Lager oder Behälter für Brenngas

Hochspannungsfreileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern werden in Bezug auf ortsfeste oder bewegliche Behälter, die als Lager für Brenngas im Sinne der Allgemeinen Arbeitsschutzordnung mit einem inneren Gesamtvolumen von mehr als 10000 Litern dienen, so errichtet, dass sich ortsfeste oder bewegliche Behälter vorerwähnter Lager in den in *Unterabschnitt 7.1.6.5 Punkt c.1* bestimmten freien Zonen der zu errichtenden Freileitung befinden.

Ortsfeste oder bewegliche Behälter dieser Lager dürfen sich jedoch in der in *Unterabschnitt 7.1.6.5 Punkt c.1* bestimmten bedingt zugelassenen Zone befinden, sofern eine der folgenden Maßnahmen ergriffen wird:

- Entweder gibt es eine Struktur, die gegen Stöße beständig ist, die auf das Herabfallen eines Leiters der Freileitung zurückzuführen sind, und die Anlagen und Zubehörteile vor gefährlichen Schäden schützen kann. Pläne und Berechnungen zum Nachweis der Lage und Festigkeit dieser Struktur werden vor Ingebrauchnahme von der in *Abschnitt 6.3.1* erwähnten Stelle bestätigt.
- Oder jeder Außenleiter und die etwaige Schutzeinrichtung weisen im überspannenden Spannungsfeld mindestens zwei Leiter auf. Jeder Leiter ist an beiden mehrstieligen Masten, die den Überspannungsbegrenzen, durch eine individuelle Schutzeinrichtung des Typs Verankerung befestigt, die *Unterabschnitt 7.1.6.4* entspricht. Die Leiter eines jeden Außenleiters sind durch angemessene Feldbündelabstandhalter miteinander verbunden. Dies gilt auch für die Leiter der etwaigen Schutzeinrichtung. Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Leiter und der Abstand zwischen zwei Feldbündelabstandhaltern sind so vorgesehen, dass ein eventuell gebrochener Leiter in ausreichendem Abstand bleibt, damit das Auftreten eines Lichtbogens zwischen diesem Leiter und einem beliebigen Punkt der ortsfesten oder beweglichen Behälter des Lagers verhindert wird.

#### c. Baumschnitt

Eigentümer von Freileitungen für die Übertragung elektrischer Energie schneiden Baumäste, die sich in der Nähe von blanken Leitern befinden und entweder Kurzschlüsse oder Schäden an den Anlagen verursachen oder die Sicherheit von Personen und Gütern gefährden könnten.

#### Unterabschnitt 7.1.6.7 - Vorhandensein von Telekommunikationsleitungen

##### a. Allgemeines

Die Anzahl Kreuzungen, Annäherungs- oder Parallelzonen zwischen Stromleitungen und Telekommunikationsleitungen wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt ist so weit wie möglich reduziert.

Um die Lage der vertikalen Ebene oder der um 45 Grad schrägen Ebene auf oder unter dem Horizont zu bestimmen, die einen beliebigen Leiter der Stromleitung durchquert, wird davon ausgegangen, dass der Leiter die ungünstigsten Positionen einnimmt.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****b. Niederspannungsfreileitungen der 1. Kategorie mit blanken Leitern****b.1 - Überführung**

Wenn eine elektrische Niederspannungsfreileitung der 1. Kategorie mit blanken oder ähnlichen Leitern über eine Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt geführt wird, beträgt der vertikale Abstand zwischen dem untersten Leiter der Stromleitung und dem obersten Telekommunikationsdraht mindestens 50 cm.

Energieleiter dürfen im durchquerten Spannungsfeld nur mechanische Muffen aufweisen.

**b.2 - Unterführung**

Wenn die Stromleitung unter eine Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt geführt wird, ist der vertikale Abstand zwischen dem obersten Leiter der Stromleitung und dem untersten Telekommunikationsdraht so groß wie möglich und beträgt er nicht weniger als 75 cm.

**b.3 - Nähe oder Parallelführung**

Wenn sich einer der Drähte einer Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt in dem Flächenwinkel befindet, dessen Schnittlinie ein beliebiger Stromleiter ist und dessen Ebenen die vertikale Ebene und die um 45° unter dem Horizont schräge Ebene sind, werden Stromleiter ohne Spleiß, Verbindungsmuffe oder Schweißung in voller Spannweite aufgelegt. Jedoch sind mechanische Muffen erlaubt, wenn die Gesamtlänge der Stromleitung, die sich in der Nähe von oder parallel zu der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt befindet, die normale Herstellungslänge der Leiter überschreitet.

In keinem Fall darf der Abstand zwischen Leitern der Stromleitung und der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt, die am nächsten gelegen sind, weniger als 1 m betragen.

**b.4 - Nähe des Stützpunktes der Telekommunikationsleitung**

Wenn sich eine Stromleitung und eine Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt kreuzen und sich die Stromleitung unter der Telekommunikationsleitung befindet oder wenn sich die Stromleitung auf derselben oder einer niedrigeren Ebene parallel zur Telekommunikationsleitung befindet, beträgt der horizontale Abstand zwischen dem nächstgelegenen Leiter der Stromleitung und einem Stützpunkt der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt niemals weniger als 1 m.

**b.5 - Gemeinsame Stützpunkte**

Zwischen einer Stromleitung mit blanken oder ähnlichen Leitern und einem Telekommunikation-Koaxialkabel muss der Verankerungsabstand an gemeinsamen mehrstieligen Masten mindestens 0,30 m betragen.

Die Auflegung des Koaxialkabels muss so erfolgen, dass der Abstand zwischen diesem Kabel und der Stromleitung unter den ungünstigsten Bedingungen niemals weniger als 0,20 m beträgt.

**c. Niederspannungsfreileitungen der 1. Kategorie, die den Vorschriften der *Unterabschnitte 7.1.3.2 bzw. 7.1.3.3* entsprechen**

Zwischen Niederspannungsfreileitungen der 1. Kategorie, die den Vorschriften von *Unterabschnitt 7.1.3.2 Buchstabe a* bzw. *Unterabschnitt 7.1.3.3 Buchstabe a* entsprechen, und Telekommunikation-Koaxialkabeln ist kein Abstand einzuhalten.

**d. Blanke Niederspannungsfreileitungen der 2. Kategorie****d.1 - Überführung**

Niederspannungsfreileitungen der 2. Kategorie mit blanken oder ähnlichen Leitern werden über Telekommunikationsleitungen wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt ohne Spleiß, Verbindungsmuffe oder Schweißung in einem vertikalen Abstand von mindestens 1,50 m geführt und gemäß einer der Schutzvorrichtungen errichtet, die in *Unterabschnitt 7.1.6.4 Buchstabe b* für Hochspannung vorgeschrieben sind.

**d.2 - Unterführung**

Wenn die Überführung einer Stromleitung unter den in *Punkt d.1* beschriebenen Bedingungen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, kann der Betreiber der Stromleitung bei dem Ministerium der Landesverteidigung, dem Ministerium der Öffentlichen Arbeiten, den Betreibern des öffentlichen Telekommunikationsnetzes, den Belgischen Eisenbahnen, den Konzessionierten Eisenbahnen oder der Nationalen Vizinalbahngesellschaft eine Unterführung gemäß einer Alternativlösung beantragen, unter

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

Angabe der Vorsichtsmaßnahmen, die er zu treffen gedenkt. Diese Maßnahmen müssen ein Sicherheitsniveau bieten, das dem Niveau, das durch Einsatz der weiter unten erwähnten Einrichtungen gewährleistet sein würde, mindestens gleichwertig ist:

- Wenn der Kreuzungswinkel mindestens  $45^\circ$  beträgt, wird Schutz durch zwei Erdseile aus Phosphor-Bronze oder ähnlichem Metall mit einem Durchmesser von mindestens 3,5 mm und einer Mindestzugfestigkeit von 500 N pro  $\text{mm}^2$  gewährleistet.
- Wenn der Kreuzungswinkel weniger als  $45^\circ$  beträgt, wird der Durchmesser der Erdseile auf mindestens 4 mm erhöht; diese Kabel werden alle 30 cm durch Querdrähte aus hochleitfähigem Kupfer oder Bronze mit einem Durchmesser von mindestens 2 mm netzartig miteinander verbunden.
- Wenn die Breite des Energieleiterbündels so groß ist, dass die Anwendung der weiter oben aufgeführten Regeln zu einem Abstand von mehr als 80 cm zwischen den Erdseilen führt, werden Schutzvorrichtungen durch ein oder mehrere Zwischenkabel ergänzt.

In den drei weiter oben erwähnten Fällen werden die Erdseile mindestens 25 cm über dem obersten Stromleiter und 10 bis 20 cm außerhalb der vertikalen Ebenen, die durch die äußersten seitlichen Stromleiter gehen, auf derselben horizontalen Ebene angeordnet.

In keinem Fall darf der vertikale Abstand zwischen dem obersten unter Spannung stehenden Leiter der Stromleitung und dem untersten Leiter der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt weniger als 1,25 m betragen.

**d.3 - Nähe oder Parallelführung**

Wenn die Stromleitung der betrachteten Kategorie in der Nähe von oder parallel zu einer Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt geführt wird, werden Energieleiter grundsätzlich auf einer Ebene aufgelegt, die mindestens der Ebene der Telekommunikationsdrähte entspricht.

Wenn sich einer der Drähte einer Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt in dem Flächenwinkel befindet, dessen Schnittlinie ein beliebiger Energieleiter ist und dessen Ebenen die vertikale Ebene und die um  $45^\circ$  unter dem horizontalen Ebene schräge Ebene sind, werden Energieleiter gemäß einer der Schutzvorrichtungen aufgelegt, die in *Unterabschnitt 7.1.6.4 Buchstabe b* für Hochspannung beschrieben sind.

Wenn die Leiter beider Kategorien auf beiden Seiten einer Straße aufgelegt werden und sich einer der Energieleiter unter der um  $45^\circ$  unter dem horizontalen Ebene schrägen Ebene befindet, die durch einen beliebigen Draht der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt geht, kann ein Netz erforderlich sein, aber jeder Fall wird unter Berücksichtigung aller örtlichen Umstände, insbesondere der Breite des befahrenen Weges, der Länge der Spannungsfelder und der Kurven, einzeln geprüft.

In keinem Fall darf der Abstand zwischen den unter Spannung stehenden Leitern der Stromleitung und dem nächstgelegenen Leiter der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt weniger als 1,50 m betragen.

**d.4 - Nähe des Stützpunktes der Telekommunikationsleitung**

Wenn sich eine Stromleitung und eine Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt kreuzen und sich die Stromleitung unter der Telekommunikationsleitung befindet oder wenn sich die Stromleitung auf derselben oder einer niedrigeren Ebene parallel zur Telekommunikationsleitung befindet, beträgt der horizontale Abstand zwischen dem nächstgelegenen Leiter der Stromleitung und einem Stützpunkt der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt niemals weniger als 1 m.

**e. Hochspannungsfreileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern**

In Bezug auf Telekommunikationsleitungen wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt entsprechen Hochspannungsfreileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern den Vorschriften, die in Bezug auf private Telekommunikationsleitungen wie in *Unterabschnitt 7.1.6.5 Buchstabe c* beschrieben einzuhalten sind.

Die Vorschriften, die in Bezug auf private Telekommunikationsleitungen wie in demselben *Unterabschnitt 7.1.6.5 Buchstabe c* beschrieben einzuhalten sind, sind nicht anwendbar auf Telekommunikationsleitungen wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt.

**f. Verlegearten für Erdseile und Schutznetze**

Erdseile werden von metallischen Riegeln von Doppelleitungsmasten getragen, die an Beschläge, einstielige Masten, die die Energieleiter tragen, oder spezielle Stützpunkte befestigt sind.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Der vertikale Abstand zwischen Erdseilen oder Schutznetzen und dem untersten Draht der Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt beträgt mindestens 1 m. Wenn diese Vorschrift nicht mit der Klausel vereinbar ist, in der die Mindesthöhe festgelegt wird, die unter der Stromleitung freizuhalten ist, wird die Telekommunikationsleitung um den gewünschten Abstand erhöht.

Die Längenabwicklung von Erdseilen oder Schutznetzen auf beiden Seiten des Kreuzungspunktes ist so vorgesehen, dass verhindert wird, dass der Draht einer Telekommunikationsleitung wie in vorliegendem Unterabschnitt erwähnt mit der Stromleitung in Berührung kommen kann, ohne zunächst auf die Schutzeinrichtung zu treffen. Diese ist an beiden Enden sorgfältig geerdet. Außerdem wird sie bei einer Länge von mehr als 200 m mit einem oder mehreren Zwischenerdnern versehen, die so verteilt sind, dass der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Erdnern im Durchschnitt 200 m nicht überschreitet.

Bei Freileitungen, die von einstielligen Holzmasten oder an Gebäuden befestigten Beschlägen getragen werden, erfolgt die Erdung von Erdseilen oder Schutznetzen über einen Leiter aus Kupfer, Bronze, verzinktem Eisen oder verzinktem Stahl mit einem Durchmesser von mindestens 5 mm. Dieser Leiter verläuft entlang des einstielligen Mastes oder der Wand, an der der Beschlag befestigt ist, von oben nach unten an der Stelle, an der die Erdung erfolgt, und wird auf einer Höhe von mindestens 2,50 m ab dem Boden geschützt. Auf diesen Schutz darf jedoch verzichtet werden, wenn auf einer Höhe von 2,50 m ab dem Boden die Befestigungen des Erdungsleiters so widerstandsfähig und dicht beieinander liegen, dass sie ohne besondere Hilfsmittel nur sehr schwer entfernt werden können.

Wenn Leitungen auf Metall- oder Stahlbetonstützpunkten montiert sind, erfolgt die Erdung von Schutzeinrichtungen über Stützpunkte oder Beschläge, die selbst sorgfältig geerdet sind.

### Unterabschnitt 7.1.6.8 - Vorhandensein von Straßen oder Bahngleisen

Die in vorliegendem Unterabschnitt betrachteten Bereiche sind:

- das große Straßen- oder Wegenetz und das große Binnenschiffsnetz,
- Breitspurbahngleise,
- Vizinalbahngleise,
- Straßenbahngleise,
- U-Bahn-Gleise,
- die oberirdische Ausrüstung von Trolleybussen.

### Unterabschnitt 7.1.6.9 - Mauerdurchführungen bei Niederspannung

Bei Mauerdurchführungen von Niederspannungsfreileitungen gelten zusätzlich zu den in *Unterabschnitt 5.2.1.1 Buchstabe e* aufgeführten Vorschriften folgende Vorschriften:

- Wenn elektrische Leitungen im Freien auf Isolatoren aufgelegt werden, ist das Ende des Elektroinstallationsrohrs mit einem Rohr aus Porzellan oder gleichwertigem Material versehen, das so viele getrennte Eingänge hat, wie es Leiter gibt; außerdem tropft das Wasser der Leiter am Eingang des Rohrs ab, es sei denn, das Rohr befindet sich auf einer höheren Ebene als der letzte Isolator der elektrischen Leitung im Außenbereich.
- Bei blanken Leitern erfolgen Durchführungen anhand von Durchführungsisolatoren oder Kabelrohren aus nicht hydrophilem Isolierstoff; in letzterem Fall wird ein Kabelrohr pro Leiter verwendet und der Achsabstand ist derselbe wie bei Leitern außerhalb der Durchführung.

### Unterabschnitt 7.1.6.10 - Erdungen bei Hochspannung

In folgenden Sonderfällen wird von den allgemeinen Vorschriften abgewichen:

- Erder, die für die Erdung nicht berührbarer leitfähiger Metallteile bestimmt sind, die sich auf nicht metallischen Stützpunkten von Hochspannungsfreileitungen befinden und keine Spannungswandler oder Trenneinrichtungen enthalten, werden gemäß *Unterabschnitt 5.5.2.2 Punkt b.2* eingerichtet. Die Anforderungen in Bezug auf den Höchstwert des Erdungswiderstands wie in *Unterabschnitt 4.2.5.2 Punkt b.2* bestimmt gelten in diesem Fall nicht.
- Bei der Erdung von Stützpunkten von Hochspannungsfreileitungen ohne Spannungswandler oder Trenneinrichtung ist die Installation eines Erdungsschalters nicht erforderlich.

## Abschnitt 7.1.7 - Prüfung von Anlagen

### Unterabschnitt 7.1.7.1 - Allgemeines

Die allgemeinen Vorschriften von *Teil 6* werden durch die spezifischen Vorschriften des vorliegenden Abschnitts ergänzt.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Unterabschnitt 7.1.7.2 - Konformitätsprüfung vor Ingebrauchnahme**

In Abweichung von *Unterabschnitt 6.4.5.3 Buchstabe b* ist die Messung von  $R_E$  nicht anwendbar bei nicht metallischen Stützpunkten von Hochspannungsfreileitungen ohne Spannungswandler oder Trenneinrichtung.

**Unterabschnitt 7.1.7.3 - Kontrollbesuche****a. Häufigkeit von Kontrollbesuchen bei Niederspannung**

Was Freileitungen und unterirdische elektrische Leitungen für die Verteilung elektrischer Energie und die öffentliche Beleuchtung betrifft, die von öffentlichen Netzbetreibern betrieben werden, kann der für Energie zuständige Minister nähere Regeln für die Durchführung von Kontrollbesuchen der Gesamtheit dieser Leitungen oder eines Teils davon durch eine zugelassene Stelle festlegen, und zwar unter den Bedingungen, die er nach Rücksprache mit den betreffenden öffentlichen Netzbetreibern bestimmt.

**b. Kontrolle von Erdungsanlagen bei Hochspannung**

In Abweichung von *Unterabschnitt 6.5.6.3* sind einige Messungen nicht anwendbar:

- Die Messung von  $R_E$  und  $Z_{EB}$  ist nicht anwendbar bei Freileitungsstützpunkten. Bei Kontrollbesuchen wird nur  $Z_E$  gemessen.
- Die Messung von  $R_E$ ,  $Z_{EB}$  und  $Z_E$  ist nicht anwendbar bei nicht metallischen Stützpunkten von Hochspannungsfreileitungen ohne Spannungswandler oder Trenneinrichtung.

**Unterabschnitt 7.1.7.4 - Kontrollbesuche mit infraroter thermografischer Prüfung bestimmter Hochspannungsfreileitungen**

Hochspannungsfreileitungen mit einer Nennspannung zwischen Außenleitern von mindestens 150 kV werden folgenden Besuche unterzogen:

- einem Kontrollbesuch mit thermografischer Prüfung spätestens zwölf Monate nach Einschalten,
- einem Kontrollbesuch mit thermografischer Prüfung, der mindestens alle fünf Jahre wiederholt wird.

Kontrollbesuche mit thermografischer Prüfung werden von einer gemäß den Bestimmungen von *Kapitel 6.3* zugelassenen Stelle durchgeführt.

Die Belastung der Freileitung, die der Kontrolle unterliegt, muss während der thermografischen Prüfung mindestens 20 Prozent des Nennwertes des Stroms der Freileitung entsprechen.

Die Prüfung bezieht sich auf die gesamte Freileitung, damit thermische Anomalien, die die Freileitung betreffen, visualisiert werden können.

Als thermische Anomalien wird Folgendes betrachtet: Die Temperatur am Messpunkt entspricht nicht dem, was unter normalen Bedingungen erwartet werden könnte.

Thermische Anomalien müssen eindeutig bestimmt werden. Thermische Anomalien werden bestimmt:

- zum einen für die Belastung auf der Grundlage der Visualisierung bei der Prüfung (mindestens 20 Prozent),
- zum anderen für die Nennbelastung auf der Grundlage einer Hochrechnung (100 Prozent).

Der für Energie zuständige Minister kann durch Erlass nähere Regeln in Bezug auf Durchführung, Form und Inhalt von Kontrollbesuchen mit thermografischer Prüfung festlegen.

Nach einem Kontrollbesuch wird ein Bericht erstellt. Dieser Bericht enthält mindestens:

- erforderliche Angaben zur Identifizierung der in *Kapitel 6.3* erwähnten zugelassenen Stelle,
- Identität des Prüfers, der der zugelassenen Stelle angehört,
- Art von Gerät, das bei der Prüfung verwendet wird,
- Art der Kontrolle: 1. Kontrolle oder periodische Kontrolle,
- Datum der Kontrolle,
- Liste der kontrollierten Freileitungen und ihre Belastung bei der Kontrolle,
- Beschreibung der festgestellten thermischen Anomalien und ihre Lokalisierung. Im Bericht wird auch die Hochrechnung der festgestellten thermischen Anomalien für eine Nennbelastung vermerkt.

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.



## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

### **Abschnitt 7.1.8 - Sicherheitszeichen bei Hochspannung**

#### **Unterabschnitt 7.1.8.1 - Verbotsschilder**

Entsprechend den Normen in Bezug auf Verbotsschilder sind Stützpunkte von blanken Hochspannungsfreileitungen mit einem kreisförmigen Verbotsschild versehen, das mit einem roten Rand gesäumt ist, der zudem diagonal über das Schild verläuft, und in seiner Mitte befindet sich vor weißem Hintergrund ein schwarzes Symbol, das ein unter Spannung stehendes Teil, einen Blitz und den Umriss eines Menschen darstellt.

Abbildung 7.15 - Verbotsschild



Der Platz und die Abmessungen dieser Schilder werden einerseits unter Berücksichtigung der Abmessungen der Stützpunkte und andererseits unter Berücksichtigung des üblichen angemessenen Betrachtungsabstands gewählt.

In Ortschaften sind an bestimmten Hochspannungsanlagen wie Umspannstationen in ausreichender Anzahl weitere Schilder vorgesehen, auf denen mindestens die vollständige Telefonnummer des Stromversorgers und folgende Aufschrift angegeben sind:

"Drähte nicht berühren, auch wenn sie auf dem Boden liegen" oder

"Ne pas toucher aux fils, même tombés à terre" oder

"Draden niet aanraken, ook als zij op de grond liggen",

wobei die Vorschriften, die den Sprachgebrauch in Verwaltungsangelegenheiten regeln, berücksichtigt werden.

#### **Unterabschnitt 7.1.8.2 - Nummerierung der Stützpunkte**

Stützpunkte von Hochspannungsfreileitungen sind nummeriert. Die Aufschriften sind sichtbar und dauerhaft angebracht.

## **KAPITEL 7.2 - Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen auf Baustellen und im Außenbereich**

### **Abschnitt 7.2.1 - Anwendungsbereich**

Die allgemeinen Vorschriften der anderen Teile des vorliegenden Buches gelten für die in vorliegendem Kapitel 7.2 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 Anlagen auf Baustellen und im Außenbereich, mit Ausnahme von Freileitungen, die in Kapitel 7.1 behandelt werden.

### **Abschnitt 7.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag**

#### **Unterabschnitt 7.2.2.1 - Schutz gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren durch automatische Abschaltung der Stromversorgung**

Wird durch die automatische Abschaltung der Stromversorgung Schutz gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren geboten, wird der vereinbarte absolute Grenzwert der Berührungsspannung  $U_L$  auf 25 V Wechselstrom, 36 V Gleichstrom mit Welligkeit bzw. 60 V Gleichstrom ohne Welligkeit festgelegt.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### Unterabschnitt 7.2.2.2 - Schutz gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren durch Benutzung von Sicherheitskleinspannung

Wird durch die Benutzung von Sicherheitskleinspannung Schutz gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren geboten, liegt der Höchstwert der Spannung bei 25 V Wechselstrom, 36 V Gleichstrom mit Welligkeit bzw. 60 V Gleichstrom ohne Welligkeit.

### Abschnitt 7.2.3 - Wahl und Einsatz elektrischer Betriebsmittel

#### Unterabschnitt 7.2.3.1 - Bedingungen der äußeren Einflüsse

Elektrische Anlagen im Außenbereich und auf Baustellen, Anlagen an Anlegestellen und Molen ausgenommen, sind durch folgende äußere Einflüsse gekennzeichnet:

- elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers: BB2,
- Auftreten von Wasser: AD2 bis AD4,
- Kontakt von Personen mit Erdpotential: BC3.

#### Unterabschnitt 7.2.3.2 - Elektrische Leitungen

Flexible elektrische Leitungen verfügen über eine erhöhte mechanische Festigkeit und über eine zusätzliche Isolierung und werden entweder als elektrische Leitungen der Klasse II oder als elektrische Leitungen mit einem Sicherheitsniveau, das dem von Klasse II gleichwertig ist, eingestuft (siehe *Unterabschnitt 2.7.1.2*).

#### Unterabschnitt 7.2.3.3 - Elektrische Betriebsmittel

##### a. Verteiler- und Schaltgerätekombinationen für Baustellen

Am Speisepunkt jeder Baustellenanlage befindet sich eine Schaltgerätekombination, die sich aus einer allgemeinen Steuerungseinrichtung und den Hauptschutzeinrichtungen zusammensetzt. Die Trenn- und Schutzeinrichtungen der Teilstromkreise befinden sich in derselben Verteiler- und Schaltgerätekombination oder in unterschiedlichen Verteiler- und Schaltgerätekombinationen.

Die Versorgung der Verbrauchsgeräte erfolgt über Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, die je nach Erfordernissen Folgendes umfassen:

- Abschaltvorrichtungen,
- Überstrom-Schutzeinrichtungen,
- Einrichtungen zum Schutz gegen indirektes Berühren,
- Steckdosen.

Die weiter oben vorgesehenen Verteiler- und Schaltgerätekombinationen entsprechen den Vorschriften von *Unterabschnitt 5.3.6.1*.

Die vorgesehenen Verteiler- und Schaltgerätekombinationen können gruppiert oder getrennt angebracht werden.

Die Verteiler- und Schaltgerätekombinationen sind stabil genug, damit sie nicht umkippen können.

Sie sind transportabel. Wenn es aufgrund ihres Gewichts und ihrer Größe gerechtfertigt ist, verfügen sie über einen Handgriff oder eine Aufhängöse.

##### b. Steckdosen für Baustellenanlagen

Die Steckdosen sind gegen mechanische Beschädigungen geschützt und befinden sich:

- entweder im Innern der Verteiler- und Schaltgerätekombinationen, die nicht umkippen können und gegebenenfalls transportabel sind,
- oder, falls erforderlich, auf festen Stützen.

## KAPITEL 7.3 - Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre

Was spezifische Regeln für Explosionsschutz in explosionsfähiger Atmosphäre betrifft, gelten die Vorschriften von Buch 1 *Kapitel 7.102* und Buch 2 *Kapitel 7.1*.

## KAPITEL 7.4 - Leitfähige Umschließungen

Was spezifische Regeln für leitfähige Umschließungen betrifft, gelten die Vorschriften von Buch 1 *Kapitel 7.6*.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

---

**KAPITEL 7.5 - Industrielle Akkumulatorenbatterien**

Was spezifische Regeln für industrielle Akkumulatorenbatterien betrifft, gelten die Vorschriften von Buch 1 *Kapitel 7.103*.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Teil 8 - Besondere Vorschriften in Bezug auf bestehende elektrische Anlagen**

<b>KAPITEL 8.1 - EINLEITUNG .....</b>	<b>220</b>
Abschnitt 8.1.1 - Begriffsbestimmungen .....	220
Abschnitt 8.1.2 - Auf der Grundlage der früheren A.O.E.A. geprüfte bestehende elektrische Anlagen .....	220
<b>KAPITEL 8.2 - ABWEICHUNGSBESTIMMUNGEN FÜR BESTEHENDE ELEKTRISCHE ANLAGEN.....</b>	<b>220</b>
Abschnitt 8.2.1 - Alte elektrische Anlagen .....	220
Abschnitt 8.2.2 - Elektrische Anlagen nach früherer A.O.E.A.....	220
Unterabschnitt 8.2.2.1 - Allgemeines .....	220
Unterabschnitt 8.2.2.2 - Abweichungsbestimmungen.....	221

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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 am 1. Januar 1983 begonnen wurde (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**

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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 Abzweigdosen, 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 nicht hauswirtschaftlichen Anlagen nach früherer A.O.E.A. entsprochen werden.

##### 2.1 Nieder- und Kleinspannung

###### a. Schaltplan oder Beschreibung

Es werden ein Schaltplan oder eine Beschreibung der elektrischen Anlage erstellt, die insbesondere Folgendes umfassen:

- Spannungen und Art der Ströme,
- Art und Zusammensetzung der Hauptstromkreise,
- Lage und Eigenschaften der Vorrichtungen, die die Sicherheitsabschaltung und Trennung der Hauptstromkreise gewährleisten.

Dieser Schaltplan oder diese Beschreibung steht 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 von Hauptstromkreisen werden deutlich, sichtbar und individuell gekennzeichnet, damit sie 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.

##### 2.2 Hochspannung

###### 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.

---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

---

**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.

**3. Sicherheitsschloss**

In Abweichung von *Unterabschnitt 4.2.2.2 Buchstabe b* dürfen Beleuchtungs- und Signalmasten in Betrieb bleiben:

- die mit einem Schloss ausgestattet sind, das kein Sicherheitsschloss ist, und
- deren aktive Teile nicht durch einen oder mehrere innere Schirme mit der Schutzart IPXX-B geschützt sind.

Diese Abweichung gilt für Masten, mit deren Errichtung vor Ort vor dem Datum des Inkrafttretens des vorliegenden Buches begonnen wurde.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****Teil 9 - Von Personen zu berücksichtigende allgemeine Vorschriften**

<b>KAPITEL 9.1 - PFLICHTEN DES EIGENTÜMERS ODER VERWALTERS.....</b>	<b>225</b>
Abschnitt 9.1.1 - Allgemeines.....	225
Abschnitt 9.1.2 - Routinebesuche von elektrischen Hochspannungsanlagen .....	225
Abschnitt 9.1.3 - Bei einer Konformitätsprüfung oder einem Kontrollbesuch als nicht konform befundene Anlagen .....	225
Unterabschnitt 9.1.3.1 - Konformitätsprüfung .....	225
Unterabschnitt 9.1.3.2 - Kontrollbesuch .....	225
Abschnitt 9.1.4 - Lage von unterirdischen elektrischen Leitungen .....	226
Abschnitt 9.1.5 - Unterlage in Bezug auf äußere Einflüsse .....	226
Abschnitt 9.1.6 - Zonenpläne .....	226
Abschnitt 9.1.7 - Unfälle .....	226
<b>KAPITEL 9.2 - ZUTEILUNG DER CODES BA4/BA5.....</b>	<b>227</b>
<b>KAPITEL 9.3 - ARBEITEN AN ELEKTRISCHEN ANLAGEN .....</b>	<b>228</b>
Abschnitt 9.3.1 - Anwendungsbereich .....	228
Abschnitt 9.3.2 - Allgemeine Vorschriften .....	228
Unterabschnitt 9.3.2.1 - Grundprinzip.....	228
Unterabschnitt 9.3.2.2 - Personal .....	228
Unterabschnitt 9.3.2.3 - Organisation .....	228
Abschnitt 9.3.3 - Betriebsarbeiten .....	229
Unterabschnitt 9.3.3.1 - Allgemeines.....	229
Unterabschnitt 9.3.3.2 - Bedienung unter Strom und Bedienung unter Spannung .....	229
Abschnitt 9.3.4 - Arbeitsverfahren .....	230
Unterabschnitt 9.3.4.1 - Vorbereitung.....	230
Unterabschnitt 9.3.4.2 - Arbeiten im spannungsfreien Zustand.....	231
Unterabschnitt 9.3.4.3 - Arbeiten unter Spannung .....	233
Unterabschnitt 9.3.4.4 - Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile .....	235
Abschnitt 9.3.5 - Instandhaltungsarbeiten .....	236
Unterabschnitt 9.3.5.1 - Allgemeines.....	236
Unterabschnitt 9.3.5.2 - Personal .....	236
Unterabschnitt 9.3.5.3 - Reparaturarbeiten .....	237
Unterabschnitt 9.3.5.4 - Austauscharbeiten .....	237
Unterabschnitt 9.3.5.5 - Vorübergehende Unterbrechung .....	237
Unterabschnitt 9.3.5.6 - Abschluss der Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten.....	238
Abschnitt 9.3.6 - Besondere Vorsichtsmaßnahmen .....	238
Unterabschnitt 9.3.6.1 - Arbeiten in der Nähe von Freileitungen und unterirdischen Kabeln .....	238
Unterabschnitt 9.3.6.2 - Notifizierung der Ausführung von Arbeiten zur Verlegung von Freileitungen oder Kabeln.....	238
Unterabschnitt 9.3.6.3 - Modalitäten in Bezug auf die Ausführung von Arbeiten zur Verlegung von Freileitungen oder Kabeln .....	239
Unterabschnitt 9.3.6.4 - Kontrolle von Arbeiten zur Verlegung von Freileitungen oder Kabeln .....	240
Unterabschnitt 9.3.6.5 - Zeitweilige Vorsichtsmaßnahmen .....	240
<b>KAPITEL 9.4 - SICHERHEITSZEICHEN .....</b>	<b>241</b>
Abschnitt 9.4.1 - Schilder zur Warnung vor den Gefahren elektrischer Anlagen .....	241
Abschnitt 9.4.2 - Verbotsschilder .....	241
Abschnitt 9.4.3 - Informationsschilder.....	241
Abschnitt 9.4.4 - Platz und Abmessungen der Schilder .....	241



---

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE**

---

**KAPITEL 9.5 - VERBOTSBESTIMMUNGEN ..... 242**

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****KAPITEL 9.1 - Pflichten des Eigentümers oder Verwalters****Abschnitt 9.1.1 - Allgemeines**

Der Eigentümer oder Verwalter einer elektrischen Anlage einer Einrichtung, in denen in Artikel 2 des Gesetzes vom 4. August 1996 über das Wohlbefinden der Arbeitnehmer bei der Ausführung ihrer Arbeit erwähnte Personen beschäftigt sind, oder die Person, die in seinem Namen handelt, muss:

1. die Instandhaltung der Anlage sicherstellen,
2. alle erforderlichen Maßnahmen treffen, damit die Bestimmungen des vorliegenden Buches jederzeit eingehalten werden,
3. bei Arbeiten an Anlagen, die unter Spannung stehen, den Personen, die die Arbeiten ausführen, das erforderliche Sicherheitsmaterial zur Verfügung stellen,
4. dem Personal Folgendes zwecks Einsichtnahme zur Verfügung stellen:
  - a. Exemplar des vorliegenden Buches,
  - b. Akte der elektrischen Anlage, die Folgendes umfasst:
    - Schaltpläne der elektrischen Anlage wie in *Abschnitt 3.1.2* bestimmt,
    - für Niederspannung-Schaltgerätekombinationen und Gesamtsysteme: Konformitätserklärungen,
    - Bericht über die Konformitätsprüfung und über den letzten und vorletzten Kontrollbesuch der elektrischen Anlage,
  - c. schriftliche Anweisungen und Hinweise, die er geben muss, um sowohl die Sicherheit als auch die Rettung vom Personal bei einem Unfall zu gewährleisten,
  - d. mögliche Risikoanalysen,
5. jeder der in *Kapitel 9.3* erwähnten ermächtigten Personen ein Exemplar des vorliegenden Buches und eine Kopie der in *Nr. 4 Buchstabe c* erwähnten schriftlichen Anweisungen und Hinweise aushändigen,
6. sicherstellen, dass das Personal die Verordnungsvorschriften und Anweisungen, die es einhalten muss oder deren Einhaltung es sicherstellen muss, kennt und versteht,
7. an sorgfältig ausgewählten Stellen eine Anleitung für Erste Hilfe bei Unfällen mit Elektrizität aushängen lassen,
8. die Generaldirektion Energie des Föderalen Öffentlichen Dienstes Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie unverzüglich über alle Unfälle mit Personen informieren, die direkt oder indirekt auf das Vorhandensein von Anlagen für die Produktion, Umwandlung, Übertragung, Verteilung oder Nutzung elektrischer Energie zurückzuführen sind.

**Abschnitt 9.1.2 - Routinebesuche von elektrischen Hochspannungsanlagen**

Der Betreiber einer elektrischen Hochspannungsanlage, sein Bevollmächtigter oder Angestellter muss diese Anlage in Zeitabständen, die er festgelegt, 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.

Für den in *Unterabschnitt 6.4.7.3* Absatz 4 erwähnten Fall, dass die Konformitätsprüfung nach der Ingebrauchnahme durchgeführt wird, werden Arbeiten, die zur Behebung der im Rahmen der Konformitätsprüfung festgestellten Verstöße erforderlich sind, unverzüglich ausgeführt und alle angemessenen Maßnahmen getroffen, damit diese Verstöße keine Gefahr für Personen und Güter darstellen, wenn die Anlage in Betrieb bleibt.

**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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

### 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. Diese Liste muss vom Betreiber oder von seinem Beauftragten und vom Vertreter der in Kapitel 6.3 erwähnten zugelassenen Stelle paraphiert werden. 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 7.3 beschrieben.

### Abschnitt 9.1.7 - Unfälle

Unabhängig von den Vorschriften von Abschnitt 9.1.3 informiert der Betreiber der Stromleitung die Verwaltungen, die Konzessionäre des Binnenschiffsnetzes und die betreffenden Konzessionäre oder Inhaber von Straßenbaugenehmigungen schnellstmöglich über jegliche Beschädigung, die die Sicherheit

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

von Personen oder Gütern durch diese Leitung oder durch den von ihr übertragenen Strom direkt oder indirekt gefährden könnte.

Je nach Fall werden zum Erhalt dieser Informationen folgende Personen ausdrücklich bestimmt:

1. der Straßenwärter, der Bedienstete oder der Wächter der Wasserstraßen oder, in deren Ermangelung, der Bauführer der Brücken- und Straßenbauverwaltung des Amtsbereichs, wenn es sich um Straßen- oder Wegenetze oder Binnenschiffsnetze handelt, die vom Staat verwaltet werden,
2. der Vorsteher des Bahnhofs, der dem Unfallort am nächsten liegt, wenn es sich um eine Kreuzung mit Breitspurbahngleise handelt,
3. der Vorsteher des Bahnbetriebswerks der Vizinalbahnstrecke, wenn die Stromleitung entlang einer Vizinalbahn errichtet ist oder diese kreuzt,
4. der Betreiber einer Straßenbahn, wenn die Stromleitung entlang der Straßenbahngleise errichtet ist oder diese kreuzt,
5. der Betreiber eines Trolleybusses, wenn die Stromleitung entlang der oberirdischen elektrischen Ausrüstung eines Trolleybusses errichtet ist oder diese kreuzt,
6. der Gesellschaftsitz der betreffenden regionalen Interkommunalen Verkehrsgesellschaft,
7. der Wegekommisсар des Amtsbereichs, wenn es sich um Straßen- oder Wegenetze oder Binnenschiffsnetze handelt, die von einer Provinz verwaltet werden,
8. die betreffenden Gemeindeverwaltungen, wenn es sich um Straßen- und Wegenetze handelt, die von den Gemeinden verwaltet werden,
9. in jedem Fall: die Generaldirektion Energie des Föderalen Öffentlichen Dienstes Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie.

Der Betreiber gibt alle Hinweise, die es gegebenenfalls ermöglichen, die Anlagen der betreffenden Verwaltungen oder Konzessionäre in Ordnung zu bringen (genauer Ort des Unfalls, genaue Art der Schäden, ...).

Die Notifizierung von Unfällen oder Schäden, die verursacht werden durch direkten oder indirekten Kontakt zwischen einer Stromleitung und einer Telekommunikationsleitung des Ministeriums der Landesverteidigung, des Ministeriums der Öffentlichen Arbeiten, der Betreiber des öffentlichen Telekommunikationsnetzes, der Belgischen Eisenbahnen, der Konzessionierten Eisenbahnen, der Nationalen Vizinalbahngesellschaft oder der betreffenden Interkommunalen Verkehrsgesellschaft, erfolgt unter folgenden Bedingungen.

Der Betreiber einer Stromleitung, der von einem Unfall mit Personen oder einem Gütern zugefügten Schaden jeglichen Umfangs, der auf die Errichtung einer Stromleitung zurückzuführen ist, Kenntnis erhält, informiert den betreffenden Dienst auf schnellstem Weg.

In der Warnung sind, so weit wie möglich und ohne ihre Versendung zu verzögern, der Ort, an dem sich der Unfall ereignet hat, und die Art des Unfalls anzugeben.

## 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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**

##### **a. Niederspannung**

In Niederspannungsanlagen der 2. Kategorie ist es verboten, Sicherungen zu bedienen, die unter Strom stehen.

Niederspannungstrennschalter der 2. Kategorie, 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, Niederspannungstrennschalter und -sicherungen der 2. Kategorie 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein von Spannung, die Außenleiterübereinstimmung, ... dürfen nur mit einem handgehaltenen Niederspannungsgerät der 2. Kategorie geprüft werden, wenn dieses Gerät über eine ausreichende, für die Nennspannung des Netzes geeignete Isolierung verfügt.

### b. Hochspannung

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 für Freiluftschalter von Freileitungen, die aus der Ferne bedient werden und mit Hörnern oder jeglicher anderen zur Unterbrechung erheblicher Stromstärken geeigneten Einrichtung versehen sind.

Gleiches gilt, 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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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***d.1 - Allgemeines*

Schalteinrichtungen, 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 Abschaltvorrichtung eine zusätzliche Hilfsenergieversorgungsquelle benötigt, muss diese außer Betrieb gesetzt werden.

*d.2 - Nieder- und Kleinspannung*

Verbotsschilder müssen angebracht werden, die jeglichen Schaltvorgang untersagen. Diese Verpflichtung gilt nicht für die in *Abschnitt 5.3.3* vorgesehenen automatischen Trennsysteme.

*d.3 - Hochspannung*

Verbotsschilder müssen angebracht werden, die jeglichen Schaltvorgang untersagen.

**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***f.1 - Allgemeines*

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.



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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.

#### f.2 - Nieder- und Kleinspannung

Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen im Arbeitsbereich zu erden und kurzzuschließen, ist nur dann Pflicht wie in *Punkt f.1* erwähnt, wenn das Risiko besteht, dass die Anlagen unbeabsichtigt wieder unter Spannung geraten:

- Freileitungen, die sich mit anderen Leitungen kreuzen oder elektrisch beeinflusst sind,
- Anlagen, die durch Notstromquellen versorgt werden können.

#### f.3 - Hochspannung

Bei Freileitungen mit blanken oder ähnlichen Leitern müssen Erdung und Kurzschließen an allen Leitern erfolgen, die im Arbeitsbereich verlaufen, so nah wie möglich und an beiden Seiten dieses Arbeitsbereichs; mindestens eine der Erdungs- und Kurzschließenrichtungen oder -mittel muss vom Arbeitsbereich aus sichtbar sein. Von diesen Regeln gibt es folgende Ausnahmen:

- Für spezifische Arbeiten und sofern die Durchgängigkeit der Leiter während der Arbeit nicht unterbrochen wird, ist der Einbau einer einzigen Erdungs- und Kurzschließenrichtung im Arbeitsbereich erlaubt.
- Wenn es nicht möglich ist, Erdungs- und Kurzschließenrichtungen an den Grenzen des Arbeitsbereichs visuell zu erkennen, muss eine lokale Erdungs- und Kurzschließenrichtung eingesetzt werden.

Wenn nur an einem Leiter einer Freileitung gearbeitet wird, ist Kurzschließen im Arbeitsbereich nicht erforderlich, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Trennungspunkte werden gemäß *Punkt f.1* geerdet und kurzgeschlossen.
- Der Leiter, an dem gearbeitet wird, und alle leitfähigen Teile innerhalb des Arbeitsbereichs sind elektrisch miteinander verbunden und durch geeignete Ausrüstungen oder Einrichtungen geerdet.
- Der geerdete Leiter, der Arbeitsbereich und der Arbeiter befinden sich in einem Abstand von mehr als  $D_L$  (siehe Abbildungen in *Abschnitt 2.11.1*) zu den anderen Leitern derselben elektrischen Anlage.

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

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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

###### c.1 - Allgemeines

**Arbeiten auf Schutzabstand > D<sub>L</sub>:** 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.

**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.

###### c.2 - Nieder- und Kleinspannung

Was die Bestimmung des Begriffs "Arbeiten mit Isolierhandschuhen" betrifft, schließt die Verwendung von Isolierhandschuhen die Verwendung von isolierenden und isolierten Handwerkzeugen und eine geeignete Isolierung von der Umgebung keinesfalls aus.

###### c.3 - Hochspannung

Die Bestimmung des Begriffs "Arbeiten mit Isolierhandschuhen" schließt jedoch die Anwendung der Vorschriften von *Unterabschnitt 9.3.3.2* nicht aus.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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***e.1 - Allgemeines*

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.

*e.2 - Hochspannung*

Bevor Arbeiten unter Hochspannung wieder aufgenommen werden, müssen benutzte Arbeitsmittel gegebenenfalls gemäß den Anweisungen des Herstellers behandelt werden.

**f. Spezifische Vorschriften für Niederspannungsanlagen**

Bei SELV-Anlagen (deren Spannung die Werte der Tabelle in *Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe h* nicht überschreiten) ist das Arbeiten unter Spannung ohne Vorkehrungen zum Schutz gegen direktes Berühren erlaubt. Zum Schutz gegen Kurzschlüsse müssen angemessene Maßnahmen getroffen werden. Bei anderen Formen von ELV müssen die Vorschriften von *Buchstabe g* weiter unten eingehalten werden.

**g. Zusätzliche Vorschriften für Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen**

Unabhängig von den besonderen Vorschriften, die für bestimmte spezifische Niederspannungs- und Kleinspannungsanlagen gelten, müssen je nach Risiko folgende allgemeine Vorschriften berücksichtigt werden:

- Benutzung von geeigneten kollektiven Schutzausrüstungen,
- Anbringung von zusätzlicher Isolierung und/oder Einsatz von isolierten Werkzeugen,
- Benutzung von persönlicher Schutzausrüstung (Handschuhe, Gesichtsschutzschild).

**h. Zusätzliche Vorschriften für Hochspannungsanlagen**

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.

**i. Zusätzliche Vorschriften für Anlagen in explosionsfähiger Atmosphäre**

Arbeiten unter Spannung sind verboten.

Auf der Grundlage einer Risikobewertung muss festgelegt werden, ob eine Ausnahme genehmigt werden kann:

- für Arbeiten an eigensicheren Stromkreisen,
- innerhalb des Arbeitsbereichs, 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.

**j. 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 mit einer Nennspannung, die höher ist als die Nennspannung der ELV, 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

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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 genehmigt werden kann:

- für Arbeiten an eigensicheren Stromkreisen,
- innerhalb des Arbeitsbereichs, 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 *Unterabschnitt 2.4.1.1* 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.

## BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

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. Nieder- und Kleinspannung

##### a.1 - Austausch von Schmelzleitern

Normalerweise müssen Schmelzleiter im spannungsfreien Zustand ausgetauscht werden.

Wurde die Sicherung so angebracht, dass Personen gegen direktes Berühren geschützt sind und es nicht zu Kurzschlüssen kommt, darf sie von einem Laien ausgetauscht werden, ohne dass die Spannungsfreiheit überprüft wird.

##### a.2 - Austausch von Lampen und Zubehörteilen

Normalerweise müssen Lampen und abnehmbare Zubehörteile (zum Beispiel Starter) im spannungsfreien Zustand 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.

#### b. Hochspannung

##### b.1 - Austausch von Schmelzleitern

Schmelzleiter müssen im spannungsfreien Zustand von einer Elektrofachkraft (BA5) gemäß den in *Abschnitt 9.3.4* beschriebenen Arbeitsverfahren ausgetauscht werden.

##### b.2 - 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.

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

#### 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 Freileitung, 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 Freileitung 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.

##### Unterabschnitt 9.3.6.2 - Notifizierung der Ausführung von Arbeiten zur Verlegung von Freileitungen oder Kabeln

Die Ausführung von Arbeiten zur Errichtung, Instandhaltung, Reparatur, Erneuerung oder Entfernung von Stromleitungen setzt voraus, dass der Betreiber der Stromleitung eine beweiskräftige Mitteilung übermittelt, in der das Datum des Beginns der Arbeiten mindestens zehn Werktage im Voraus folgenden Personen bekannt gegeben wird:

1. dem Bauführer der Brücken- und Straßenbauverwaltung des Amtsbereichs, wenn es sich um Straßen- oder Wegenetze oder Binnenschiffsnetze handelt, die vom Staat verwaltet werden,
2. dem Vorsteher des betreffenden Gleisabschnitts, wenn Stromleitungen entlang von Breitspurbahngleisen errichtet werden oder diese kreuzen,
3. dem Vorsteher des betreffenden Gleisabschnitts, wenn Stromleitungen entlang von Vizinalbahngleisen errichtet werden oder diese kreuzen,
4. dem Betreiber einer Straßenbahn, wenn Stromleitungen entlang von Straßenbahngleisen errichtet werden oder diese kreuzen,
5. dem Betreiber eines Trolleybusses, wenn Stromleitungen entlang der oberirdischen elektrischen Ausrüstung eines Trolleybusses errichtet werden oder diese kreuzen,
6. dem Gesellschaftssitz der Interkommunalen Verkehrsgesellschaften, wenn Stromleitungen entlang ihrer Anlagen errichtet werden oder diese kreuzen,
7. dem Wegekommisсар des Amtsbereichs, wenn es sich um Straßen- oder Wegenetze oder Binnenschiffsnetze handelt, die von einer Provinz verwaltet werden,
8. den betreffenden Gemeindeverwaltungen, wenn es sich um Straßen- und Wegenetze handelt, die vom Staat oder von den Provinzen oder Gemeinden verwaltet werden,

### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

9. den Betreibern von Strom-, Wasser- oder Gasversorgungsnetzen, Konzessionsgesellschaften des Binnenschiffsnetzes und Inhabern von Straßenbaugenehmigungen, wenn Stromleitungen sich in der Nähe ihrer Anlagen befinden; diese Verpflichtung darf vorbehaltlich einer gemeinsamen Vereinbarung durch eine andere Form der Konzertierung zwischen Konzessionären ersetzt werden.

Wenn es sich bei den elektrotechnisch unterwiesenen Personen um die in den Nr. 2 und 3 erwähnten Personen handelt, dürfen die Arbeiten jedoch erst mit Erlaubnis des betreffenden Vorstehers beginnen.

Vorliegender Unterabschnitt gilt nicht für Arbeiten, die in keiner Weise den Verkehr beeinträchtigen oder Störungen an Anlagen verursachen, die auf oder unter der Straße bestehen.

Äußerst dringende Reparaturarbeiten dürfen unverzüglich beginnen, sofern die erforderlichen Maßnahmen getroffen werden, um die in den Nr. 2 bis 6 erwähnten Betreffenden umgehend zu benachrichtigen. Am ersten Werktag nach Beginn der Arbeiten erfolgt je nach Fall die Bekanntgabe oder Bestätigung durch eine beweiskräftige Mitteilung an die in den Nr. 1 bis 9 erwähnten Betreffenden.

Die Notifizierung der Ausführung von Arbeiten, die den Betrieb einer Telekommunikationsleitung des Ministeriums der Landesverteidigung, des Ministeriums der Öffentlichen Arbeiten, der Betreiber des öffentlichen Telekommunikationsnetzes, der Belgischen Eisenbahnen, der Konzessionierten Eisenbahnen, der Nationalen Vizinalbahngesellschaft oder der Interkommunalen Verkehrsgesellschaften beeinträchtigen oder gefährden können, erfolgt in Form einer Mitteilung, in der das Datum des Beginns der Arbeiten mindestens zehn Werktage im Voraus bekannt gegeben wird.

Mit dieser beweiskräftigen Mitteilung werden je nach Fall folgende Personen informiert:

1. der zuständige Beamte des Ministeriums der Landesverteidigung,
2. der zuständige Beamte des Ministeriums der Öffentlichen Arbeiten,
3. der betreffende Dienst der Netze der Regie der Telegrafen und Telefone,
4. der Vorsteher des betreffenden Abschnitts der Eisenbahngleise,
5. der Vorsteher des betreffenden Abschnitts der Vizinalbahngleise,
6. der Vorsteher der Interkommunalen Verkehrsgesellschaft.

Bei außergewöhnlich dringenden Arbeiten darf die Frist von zehn Werktagen verkürzt werden, sofern diese Verkürzung vereinbar ist mit den Dienstverordnungen des Ministeriums der Landesverteidigung, des Ministeriums der Öffentlichen Arbeiten, der Betreiber des öffentlichen Telekommunikationsnetzes, der Belgischen Eisenbahnen, der Konzessionierten Eisenbahnen, der Nationalen Vizinalbahngesellschaft oder der Interkommunalen Verkehrsgesellschaften.

Die Arbeiten dürfen jedoch nur mit Erlaubnis des Vertreters des betreffenden Dienstes beginnen.

#### Unterabschnitt 9.3.6.3 - Modalitäten in Bezug auf die Ausführung von Arbeiten zur Verlegung von Freileitungen oder Kabeln

Arbeiten werden so ausgeführt, dass die öffentliche Sicherheit gewährleistet ist und die Regeln des Fachs eingehalten werden.

Begonnene Arbeiten werden so schnell wie möglich und bei begründeter Dringlichkeit sogar nachts fortgesetzt, und zwar auf einfache schriftliche Aufforderung, die je nach Fall von dem Beauftragten der betreffenden Verwaltung, dem Ministerium der Landesverteidigung, dem Ministerium der Öffentlichen Arbeiten, den Betreibern des öffentlichen Telekommunikationsnetzes, den Belgischen Eisenbahnen, den Konzessionierten Eisenbahnen, der Nationalen Vizinalbahngesellschaft, der Interkommunalen Verkehrsgesellschaften oder dem betreffenden ordnungsgemäß beauftragten Konzessionär ausgeht.

Arbeiten werden so ausgeführt, dass die normale Arbeit der öffentlichen Dienste nicht beeinträchtigt wird und Schäden oder Behinderungen des Verkehrs, der Schifffahrt und des freien Wasserabflusses auf ein Minimum reduziert werden.

In dieser Hinsicht wird Folgendes ausdrücklich festgelegt:

1. Gräben werden so ausgehoben, dass die ausgehobene oder mit Aushub belastete Bodenfläche auf ein striktes Minimum reduziert wird. Bei Gräben, die quer durch eine Straße oder durch Nebenanlagen von Wasserstraßen verlaufen, erfolgt der Aushub mit anschließender sofortiger Aufschüttung in zwei Schritten, so dass die Straße oder die Treidelpfade während der Arbeiten auf etwa der Hälfte ihrer Breite frei bleiben.
2. Gräben werden entsprechend dem Fortschritt der Arbeiten in Schichten von höchstens 10 cm Dicke aufgeschüttet; diese Schichten werden so gestampft, dass jegliche spätere Bodensenkung verhindert wird.
3. Erdreich und Materialien, die bei Aushubarbeiten gewonnen werden und nicht wiederverwendet werden, werden schnellstmöglich gemäß den Anweisungen des für die Verwaltung der befahrenen



### BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

Straße zuständigen Beauftragten der Behörde außerhalb der Nebenanlagen der Straße oder der Wasserstraße abtransportiert.

4. Teile von Fahrbahnen, Bürgersteigen oder anderen Bauwerken jeglicher Art, die für die Ausführung von Anlagen abgebaut werden, werden in ihren ursprünglichen Zustand wiederhergestellt und mit den Baustoffen, die von dem Abbau herrühren, wieder aufgebaut, sofern sie als für die Wiederverwendung geeignet befunden werden. Diese Baustoffe werden vor Wiederverwendung gründlich gereinigt; gegebenenfalls werden fehlende Baustoffe durch neue Baustoffe derselben Art, Qualität und Größe wie die abgebauten Baustoffe ersetzt.

Bei Pflasterungen werden Pflastersteine wenn nötig behauen. Zu reparierende Teile des Straßen- und Wegebelaags werden so repariert, dass ihre Oberfläche genau mit der Oberfläche der angrenzenden Teile übereinstimmt. In der Regel werden Pflastersteine nach Stampfen auf eine 10 cm dicke Schicht neuen Sands wiederverlegt und mit einer 2 cm dicken Schicht neuen Sands bedeckt.

5. Bis zur vollständigen Festigung des Bodens werden aufeinanderfolgende Reparaturen vorgenommen, die zur Aufrechterhaltung des normalen Profils aufgebrochener Bereiche erforderlich sind.

Bei Benutzung des Straßen- oder Wegenetzes oder des Binnenschiffsnetzes werden Reparaturen von dem mit der Instandhaltung des Straßen- oder Wegenetzes oder des Binnenschiffsnetzes beauftragten Unternehmer gemäß den Bestimmungen und Bedingungen seines Vertrags durchgeführt, wenn die Verwaltung dies für notwendig erachtet und nachdem der Betreiber der Stromleitung angehört wurde. Die Kosten dieser Arbeiten werden ihm vom Betreiber der Stromleitung auf Vorlage einer indikativen Schätzung der ausgeführten Arbeiten gezahlt, die vom Bauführer der Brücken- und Straßenbauverwaltung des Amtsbereichs, vom Wegekommisсар oder vom Bauführer der betreffenden Gemeindeverwaltung erstellt wird. In diesem Fall wird der Betreiber der Stromleitung vom Tag des Beginns der Arbeiten benachrichtigt.

6. Ausästung und Fällen von Bäumen im öffentlichen Bereich, die für die Errichtung oder Instandhaltung einer oberirdischen Stromleitung erforderlich sind und von den zuständigen Verwaltungen erlaubt werden, werden gemäß den von diesen Verwaltungen festgelegten Modalitäten durchgeführt. Die Kosten gehen zu Lasten des Betreibers der Stromleitung, der aufgefordert werden kann, vorab den zur Deckung der Kosten für notwendig erachteten Betrag zu zahlen, und der verpflichtet werden kann, eine Entschädigung zu zahlen.

Die betreffenden zuständigen Verwaltungen dürfen jedoch dem Betreiber der Stromleitung erlauben, Ausästung und Fällen unter ihrer Aufsicht und nach ihren Anweisungen selbst durchzuführen.

7. An Straßen- oder Wegenetzen oder Binnenschiffsnetzen werden Baustellen und Lager tagsüber gekennzeichnet und nachts über beleuchtet. Die zu diesem Zweck verwendeten Zeichen und Einrichtungen sind diejenigen, die in der geltenden allgemeinen Straßenverkehrsordnung vorgeschrieben sind.

#### Unterabschnitt 9.3.6.4 - Kontrolle von Arbeiten zur Verlegung von Freileitungen oder Kabeln

Auf Verlangen des mit der Überwachung der elektrischen Anlagen beauftragten Personals ist der Betreiber einer Stromleitung verpflichtet, auf eigene Kosten in Anwesenheit der betreffenden Beauftragten der Verwaltungen oder der betreffenden ordnungsgemäß beauftragten Konzessionäre alle für die Überprüfung der auferlegten Bedingungen erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen oder, wenn diese Beauftragten es beantragen, ihnen kostenlos die Instrumente zur Verfügung zu stellen, die es ihnen ermöglichen, diese Überprüfung selbst vorzunehmen.

#### Unterabschnitt 9.3.6.5 - Zeitweilige Vorsichtsmaßnahmen

Wenn das Vorhandensein einer unter Spannung stehenden Stromleitung im öffentlichen Bereich eine Gefahr für die Ausführung von Arbeiten in der in den *Abschnitten 9.3.1 bis 9.3.5* beschriebenen Annäherungszone darstellt und/oder wenn die Gefahr besteht, in die Annäherungszone einzudringen, ist der Betreiber der Stromleitung verpflichtet, geeignete Maßnahmen zu ergreifen und/oder vorzuschreiben, wie zum Beispiel:

- die betreffende Stromleitung zeitweilig entfernen,
- die betreffende Stromleitung zeitweilig spannungsfrei schalten,
- elektrische Schutzschirme errichten,
- den Zugang zu der unter Spannung stehenden Gefahrenzone unmöglich machen oder machen lassen,
- jedes andere Mittel einsetzen, das er für notwendig erachtet.

Nach Einreichung eines mit Gründen versehenen Antrags beim Betreiber der Stromleitung werden Zeitpunkt und Dauer der Arbeiten in gegenseitigem Einvernehmen festgelegt.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****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



Was Hochspannungsfreileitungen betrifft, siehe auch *Unterabschnitt 7.1.8.1*.

**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.

Was Hochspannungsfreileitungen betrifft, siehe auch *Unterabschnitt 7.1.8.2*.

**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.

**BUCH 3 - ANLAGEN FÜR DIE ÜBERTRAGUNG UND VERTEILUNG ELEKTRISCHER ENERGIE****KAPITEL 9.5 - Verbotsbestimmungen**

Mit Ausnahme der in den *Abschnitten 9.3.1 bis 9.3.5* 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, es sei denn, es handelt sich um Betriebsmittel mit Sicherheitskleinspannung, die die in *Unterabschnitt 4.2.2.1 Buchstabe h* erwähnten Werten nicht überschreitet,
- 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