

# Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Elektrische Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung

Applications ferroviaires - Installations Fixes - Mesures de protection électriques pour des activités de travail sur ou à proximité des systèmes de lignes aériennes de contact et/ou le circuit de retour associé

Railway applications - Fixed installations - Electrical protective measures for working on or near an overhead contact line system and/or its associated return circuit

**In der vorliegenden Schweizer Norm ist die EN 50488:2021 identisch abgedruckt.**

Für diese Norm ist das technische Komitee TK 9 <<Elektrische und elektronische Anwendungen für Bahnen>> des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees CES zuständig.

La présente norme est de la compétence du comité technique TK 9 <<Applications électriques et électroniques dans le domaine ferroviaire>> du Comité Electrotechnique Suisse CES.

The technical committee TK 9 <<Electrical and electronic applications for railways>> of the Swiss Electrotechnical Committee CES is in charge of the present standard.

Ref. Nr. / N° de réf. / Ref. no.:  
SN EN 50488:2021 de

Gültig ab / Valide de / Valid from:  
2021-04-06

Herausgeber / Vertrieb Éditeur / Distribution Editor / Distribution  
Electrosuisse  
Luppenstrasse 1  
CH-8320 Fehraltorf  
© Electrosuisse

Anz. Seiten /No. de pages /No. of pages:

## Nationales Vorwort

Für diese deutsche Ausgabe ist das entsprechende Arbeitsgremium der DKE in DIN und VDE zuständig und sie kann daher entsprechende DIN/VDE Hinweise und/oder Referenzen enthalten.

**Bahnanwendungen –  
Ortsfeste Anlagen –  
Elektrische Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an oder in der Nähe einer  
Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung**

Railway applications –  
Fixed installations –  
Electrical protective measures for working on or  
near an overhead contact line system and/or its  
associated return circuit

Applications ferroviaires –  
Installations fixes –  
Mesures de protection électriques pour des  
activités de travail sur ou à proximité des  
systèmes de lignes aériennes de contact et/ou  
le circuit de retour associé

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2020-06-29 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel**

© 2021 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren,  
sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 50488:2021 D

## Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung .....	5
1 Anwendungsbereich .....	6
2 Normative Verweisungen .....	6
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen .....	6
3.1 Begriffe .....	6
4 Allgemeine Grundsätze .....	15
4.1 Elektrische Sicherheit bei Arbeiten.....	15
4.2 Personal .....	17
4.3 Organisation .....	17
4.4 Kommunikation .....	18
4.5 Arbeitsstelle .....	19
4.6 Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte .....	19
4.7 Dokumentation für sicheres Arbeiten .....	20
4.8 Schilder.....	20
4.9 Maßnahmen für den Notfall während der Arbeiten .....	20
5 Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage.....	20
5.1 Allgemeines .....	20
5.2 Arbeiten im spannungsfreien Zustand.....	21
5.3 Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen.....	24
5.4 Arbeiten unter Spannung.....	28
5.5 Elektromagnetische Beeinflussung .....	29
5.6 Umgebungsbedingungen .....	29
6 Arbeitsverfahren für Arbeiten an oder in der Nähe einer Rückleitung .....	29
6.1 Allgemeines .....	29
6.2 Arbeiten an oder in der Nähe von Teilen einer Rückleitung ohne Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes.....	29
6.3 Arbeiten an oder in der Nähe von Teilen einer Rückleitung mit Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes.....	30
7 Empfohlene Abstände in der Luft bei Arbeiten.....	31
Anhang A (informativ) Verfahren zur Berechnung von Abständen in der Luft bei Arbeiten.....	32
A.1 Berechnung der äußeren Begrenzung der Gefahrenzone $D_R$ .....	32
A.2 Festlegung der Arbeitsabstände $D_L$ und $D_A$ .....	33
A.3 Festlegung von $D_V$ .....	33
A.4 Überblick über die Abstände .....	33
Anhang B (informativ) Beispiele für physikalische Maßnahmen zur Einschränkung der Bewegungen der Arbeiter.....	35

	Seite
B.1 Allgemeines .....	35
B.2 Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und dem gefährlichen aktiven Teil, wenn die Arbeitszone in $D_V$ hineinreicht.....	37
B.3 Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und dem gefährlichen aktiven Teil, wenn die Arbeitszone nicht in $D_V$ hineinreicht .....	38
Anhang C (informativ) Veranschaulichung des Prozesses zum Auswählen von Schutzmaßnahmen .....	39
Literaturhinweise .....	40
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Einfluss einer Schutzvorrichtung auf die Gefahrenzone und die Annäherungszone .....	25
Bild 2 – Abstände von gefährlichen aktiven Teilen bei der Anwendung des Schutzes durch den Mindest-Arbeitsabstand .....	27
Bild 3 – Abstände von gefährlichen aktiven Teilen bei der Anwendung physikalischer Maßnahmen zur Einschränkung der Bewegungen der Arbeiter .....	28
Bild A.1 – Veranschaulichung von Abständen .....	34
Bild B.1 – Arbeitsabstand ( $D_A$ ) und Arbeitszone (horizontale Abstände).....	36
Bild B.2 – Arbeitsabstand ( $D_A$ ) und Arbeitszone (vertikale Abstände).....	36
Bild C.1 – Veranschaulichung des Prozesses zum Auswählen von Schutzmaßnahmen.....	39
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Empfohlene Mindestabstände für $D_L$ und $D_V$ (wenn $D_E$ gleich null ist) .....	31
Tabelle A.1 – Überblick über die Berechnung der Abstände $D_L$ und $D_V$ .....	33
Tabelle B.1 – Empfohlene Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen bei Verwendung von kleineren Werkzeugen .....	37
Tabelle B.2 – Reduzierte Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen .....	37
Tabelle B.3 – Empfohlene Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen bei Verwendung von kleineren Werkzeugen .....	38
Tabelle B.4 – Reduzierte Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen .....	38

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 50488:2021) wurde durch CLC/SC 9XC „Elektrische Versorgungs- und Erdungssysteme für öffentliche Transporteinrichtungen und Hilfsausrüstungen (ortsfeste Installation)“ des Technischen Komitees CLC/TC 9X „Elektrische und elektronische Anwendungen für Bahnen“ bearbeitet.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2021-07-29
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2026-01-29

Dieses Dokument ersetzt CLC/TR 50488:2006 und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

## Einleitung

In diesem Dokument werden bahnspezifische Anforderungen an elektrische Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung festgelegt.

Bei der Erstellung dieses Dokuments wurde EN 50110-1, „*Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*“, als Leitfaden verwendet. EN 50110-1 wurde jedoch nicht speziell für die Anwendung bei elektrischen Bahnenergieversorgungssystemen erstellt, die Eigenschaften aufweisen, die sich von denen anderer elektrischer Anlagen unterscheiden.

Aufgrund der zahlreichen Varianten bei der Organisation werden in diesem Dokument keine Empfehlungen bezüglich der Organisationsstruktur gegeben.

Da es viele unterschiedliche Arten von Oberleitungen mit einer Nennspannung unter 1,5 kV gibt, befasst sich dieses Dokument nicht mit Arbeiten an oder in der Nähe dieser Oberleitungen und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung.

In Europa ist die Entwicklung zu beobachten, dass „Arbeiten im spannungsfreien Zustand“ üblicher sind als „Arbeiten unter Spannung“. In den Ländern, in denen es erlaubt ist, an unter Spannung stehenden Oberleitungen zu arbeiten, sollten die erforderlichen Sicherheitsregeln in den nationalen Vorschriften festgelegt sein.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an die elektrische Sicherheit fest bei:

- Arbeiten an einer spannungsfreien Oberleitungsanlage;
- Arbeiten in der Nähe einer unter Spannung stehenden Oberleitungsanlage.

Es bezieht sich lediglich auf elektrische Gefährdungen während der Arbeiten.

Dieses Dokument ist anwendbar für Oberleitungsanlagen mit den folgenden Nennspannungen und Konfigurationen:

- 1,5 kV und 3 kV DC;
- 15 kV, 2 × 15 kV, 25 kV und 2 × 25 kV AC.

Es enthält ferner Anforderungen bezüglich Arbeiten, die zu elektrischen Gefährdungen aus der Rückleitung führen können.

Dieses Dokument befasst sich nicht mit elektrischen Risiken wegen:

- Arbeiten an unter Spannung stehenden Oberleitungsanlagen (Arbeiten unter Spannung können entsprechend nationalen Anforderungen, Vorschriften und Verfahren durchgeführt werden);
- Arbeiten an oder in der Nähe anderer elektrischer Quellen oder anderer elektrischer Systeme, die mit der Oberleitungsanlage und ihrer Rückleitung verbunden sind oder sich in der Nähe der Oberleitungsanlage und ihrer Rückleitung befinden.

Sollten keine anderen Regeln oder Verfahren existieren, können die in diesem Dokument beschriebenen Prinzipien auf Oberleitungsanlagen mit anderen Nennspannungen angewandt werden.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 50122-1:2011, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag*

## 3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

### 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO-Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

#### 3.1.1 Allgemeines

##### 3.1.1.1

##### **elektrisch geladen**

(en: charged)

kennzeichnet ein Objekt, dessen elektrische Ladung von null verschieden ist



[QUELLE: IEC 60050-113:2011, 113-06-26]

### 3.1.1.2

#### **Fahrleitung**

(en: contact line)

Leitersystem, das über Stromabnahmeeinrichtungen Fahrzeuge mit elektrischer Energie versorgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Leitersystem umfasst alle Leiter, die zur Stromabnahme nötig sind, sowie Stromschienen und beinhaltet Folgendes:

- Verstärkungsleitungen;
- Schalterquerleitungen;
- Trennschalter;
- Streckentrenner;
- Überspannungsschutzeinrichtungen;
- Trageinrichtungen, die nicht von den Leitern isoliert sind;
- Isolatoren, die mit aktiven Teilen verbunden sind;
- Hänger;
- Hilfstragseile;
- Y-Seil;
- Speiseleitungen;

nicht zur Leiter gehören Erdseile und Rückleiter.

[QUELLE: IEC 60050-811:2017, 811-33-01, modifiziert – „Speiseleitungen“ wurden in Anmerkung 1 zum Begriff aufgenommen.]

### 3.1.1.3

#### **Fahrleitungsanlage**

(en: contact line system)

Tragsystem und Fahrleitung, die über Stromabnahmeeinrichtungen Fahrzeuge mit elektrischer Energie versorgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fahrleitungsanlage kann umfassen:

- die Fahrleitung;
- Maste und Gründungen;
- Tragkonstruktion und alle anderen Komponenten, die der Seitenführung oder Abspannung der Leiter dienen;
- Querfelder oder -seile;
- Nachspanneinrichtungen;
- weitere Leitungen entlang dem Gleis wie Speiseleitungen, Erdseile und Rückleiter, sofern diese an denselben Masten wie die Fahrleitung befestigt sind;
- mit der Fahrleitung fest verbundene Leiter zur Versorgung weiterer elektrischer Einrichtungen wie Beleuchtung, Signalanlagen, Weichensteuerung und Weichenheizung.

[QUELLE: IEC 60050-811:2017, 811-33-59]

### 3.1.1.4

#### **spannungsfrei**

#### **spannungslos**

(en: dead

DEPRECATED: de-energized)

auf einem elektrischen Potenzial befindlich, das gleich oder nicht wesentlich anders ist als das der örtlichen Erde am Arbeitsort

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-21-09, modifiziert – „Arbeitsstelle“ wurde durch „Arbeitsort“ ersetzt und Anmerkung 1 zum Begriff entfernt.]

#### 3.1.1.5

##### **elektrische Gefahr**

(en: electrical danger)

Risiko einer elektrisch bedingten Verletzung, wenn elektrische Energie in einer elektrischen Anlage vorhanden ist

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-07]

#### 3.1.1.6

##### **elektrische Gefährdung**

(en: electrical hazard)

mögliche Ursache eines Schadens, wenn elektrische Energie in einer elektrischen Anlage vorhanden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Schaden“ in diesem Zusammenhang bezieht sich auf Schäden entweder bei Personen und/oder elektrischen Anlagen.

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-05, modifiziert – Anmerkung 2 zum Begriff und die Quelle ISO-IEC Guide 51:1999 wurden entfernt.]

#### 3.1.1.7

##### **elektrisch bedingte Verletzung**

(en: electrical injury)

physischer Schaden (einschließlich Tod) einer Person, hervorgerufen durch elektrischen Schlag, elektrische Verbrennung, elektrische Explosion oder Lichtbogen oder durch Brand oder Explosion, die durch elektrische Energie ausgelöst wurden

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-08, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde entfernt.]

#### 3.1.1.8

##### **elektrische Anlage** <in einer ortsfesten Anlage der elektrischen Zugförderung>

(en: electrical installation)

Zusammenstellung von elektrischen Betriebsmitteln, die die Oberleitungsanlage und ihre zugehörige Rückleitung bilden und zur Verteilung und/oder Anwendung elektrischer Energie verwendet werden

#### 3.1.1.9

##### **elektrisches Risiko**

(en: electrical risk)

Kombination aus der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Gefährdung und der Schwere des Schadens, wenn elektrische Energie in einer elektrischen Anlage vorhanden ist

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-06, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff und die Quelle ISO-IEC Guide 51:1999 wurden entfernt.]

#### 3.1.1.10

##### **gefährliches aktives Teil**

(en: hazardous-live-part)

aktives Teil, von dem unter bestimmten Bedingungen ein schädlicher elektrischer Schlag ausgehen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Hochspannung darf eine gefährliche Spannung auf der Oberfläche einer festen Isolierung vorhanden sein. In diesem Fall wird die Oberfläche als ein gefährliches aktives Teil betrachtet.

[QUELLE: IEC 60050-826:2004, 826-12-13, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

#### 3.1.1.11

##### **aktives Teil** <bei elektrischer Zugförderung>

(en: live part)

Leiter oder leitfähiges Teil, der/das dazu vorgesehen ist, im üblichen Betrieb unter Spannung zu stehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass das Risiko eines elektrischen Schlags besteht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dies schließt vereinbarungsgemäß nicht die Fahrschienen und die damit verbundenen Teile ein.

[QUELLE: IEC 60050-811:2017, 811-36-23]

### 3.1.1.12

#### **Nennspannung** <einer elektrischen Anlage>

(en: nominal voltage)

Spannung, durch die die elektrische Anlage oder ein Teil der elektrischen Anlage gekennzeichnet ist

[QUELLE: IEC 60050-826:2004, 826-11-01]

### 3.1.1.13

#### **Betrieb**

(en: operation)

alle technischen und organisatorischen Tätigkeiten, die erforderlich sind, damit eine elektrische Anlage funktionieren kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Betrieb umfasst Bedienen, z. B. Schalten, Steuern, Überwachung und Instandhalten.

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-02, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde für den Anwendungsbereich dieses Dokuments modifiziert und Anmerkung 2 zum Begriff wurde entfernt.]

### 3.1.1.14

#### **Oberleitung**

#### **Längstragseil**

#### **OCL**

(en: overhead contact line

catenary)

Fahrleitung, die oberhalb oder neben der oberen Fahrzeugbegrenzungslinie angeordnet ist und die Fahrzeuge mit elektrischer Energie über eine auf dem Dach angebrachte Stromabnahmeeinrichtung versorgt

[QUELLE: IEC 60050-811:2017, 811-33-02, modifiziert – die Abkürzung „OCL“ wurde hinzugefügt.]

### 3.1.1.15

#### **Schutzmaßnahme**

(en: protective measure)

Maßnahme zur Erzielung einer angemessenen Risikominderung, ausgeführt

- vom Konstrukteur (Eigensicherheit, Sicherheitseinrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen, Benutzerinformationen) und
- vom Anwender (Arbeitsorganisation und -verfahren, Überwachung, Schulung, Arbeitserlaubnisregeln, Beschaffung und Nutzung von zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen, Verwendung von persönlichen Schutzausrüstungen)

[QUELLE: IEC 60050-903:2013, 903-01-17]

### 3.1.1.16

#### **verstärkte Isolierung**

(en: reinforced insulation)

Isolierung von gefährlichen aktiven Teilen, die den gleichen Schutz gegen elektrischen Schlag bietet wie die doppelte Isolierung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die verstärkte Isolierung kann aus mehreren Schichten bestehen, die nicht einzeln als Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung geprüft werden können.

[QUELLE: IEC 61140:2016, 3.10.4]

### 3.1.1.17

#### **Rückleitung**

(en: return circuit)

alle Leiter, die den vorgesehenen Pfad für den Fahrrückstrom und den Strom im Fehlerfall bilden

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Leiter können zum Beispiel sein:

- Fahrschienen;
- Rückleitungsstromschienen;
- Rückleiter;
- Rückleitungsanschlussleiter.

[QUELLE: IEC 60050-811:2017, 811-35-01]

### 3.1.1.18

#### **(wirksame) Berührungsspannung**

(en: (effective) touch voltage)

Spannung zwischen leitfähigen Teilen, wenn diese gleichzeitig von einem Menschen oder einem Nutztier berührt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert der wirksamen Berührungsspannung kann durch die Impedanz des mit diesen leitfähigen Teilen im elektrischen Kontakt stehenden Menschen oder Nutztieres erheblich beeinflusst werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Strompfad durch den menschlichen Körper verläuft üblicherweise von der Hand zu beiden Füßen (horizontaler Abstand von 1 m) oder von Hand zu Hand.

[QUELLE: IEC 61140:2016, 3.8.1, modifiziert – Anmerkung 2 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

## **3.1.2 Personal, Organisation und Kommunikation**

### 3.1.2.1

#### **Anlagenverantwortlicher<sup>N1</sup>**

##### **ABT**

(en: designated person in control of an electrical installation

EI)

Person, die benannt ist, die unmittelbare Verantwortung für den Betrieb der elektrischen Anlage zu tragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Erforderlichenfalls kann diese Verantwortung ganz oder teilweise auf andere Personen übertragen werden.

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-10, modifiziert – Anmerkung 2 zum Begriff wurde entfernt.]

### 3.1.2.2

#### **während der Durchführung von Arbeiten für die Anlage Verantwortlicher<sup>N2</sup>**

##### **ALV**

(en: designated person in control of an electrical installation during work activities

EW)

Person, die benannt ist, die Verantwortung für die elektrische Anlage sowie für die Schaffung und das Aufrechterhalten einer sicheren elektrischen Arbeitsumgebung an der Arbeitsstelle während der Arbeiten zu tragen

<sup>N1</sup> Nationale Fußnote: Das nationale Komitee weist darauf hin, dass hier der Anlagenbetreiber (ABT) gemeint ist (siehe EN 50110-1) und so im nachfolgenden Text umgesetzt wird. Dies wurde im Rahmen der Kommentierung an CLC weitergegeben.

<sup>N2</sup> Nationale Fußnote: Das nationale Komitee weist darauf hin, dass der Anlagenverantwortliche (ALV) gemeint ist (siehe EN 50110-1) und so im nachfolgenden Text umgesetzt wird. Dies wurde im Rahmen der Kommentierung an CLC weitergegeben.

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Person hat die möglichen Auswirkungen der Arbeiten auf die elektrische Anlage oder die Teile davon, die in ihrer Verantwortung stehen, sowie die Auswirkungen der elektrischen Anlage auf die Arbeiter zu beurteilen. Einige dieser Tätigkeiten können von anderen Personen erledigt werden (siehe 4.1, 4.2 und 4.3).

### 3.1.2.3

#### Arbeitsverantwortlicher

##### ARV

(en: designated person in control of a work activity

WA)

Person, die benannt ist, die unmittelbare Verantwortung für die Durchführung der Arbeit zu tragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Erforderlichenfalls kann diese Verantwortung teilweise auf andere Personen übertragen werden.

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-09, modifiziert – Anmerkung 2 zum Begriff wurde entfernt.]

### 3.1.2.4

#### (elektrotechnisch) unterwiesene Person

(en: (electrically) instructed person)

Person, die durch Elektrofachkräfte ausreichend informiert oder überwacht und damit befähigt wird, Risiken zu erkennen und Gefährdungen durch Elektrizität zu vermeiden

[QUELLE: IEC 61140:2016, 3.31]

### 3.1.2.5

#### Meldung

(en: notification)

Nachrichten oder Anweisungen, die mündlich oder schriftlich im Zusammenhang mit dem Betrieb einer elektrischen Anlage gegeben werden

[QUELLE: EN 50110-1:2014, 3.2.7]

### 3.1.2.6

#### Laie

(en: ordinary person)

Person, die weder eine Elektrofachkraft noch eine elektrotechnisch unterwiesene Person ist

[QUELLE: IEC 60050-826:2004, 826-18-03]

### 3.1.2.7

#### Elektrofachkraft

(en: (electrically) skilled person)

Person, die aufgrund ihrer Ausbildung und Erfahrung befähigt ist, Risiken zu erkennen und mögliche Gefährdungen durch Elektrizität zu vermeiden

[QUELLE: IEC 60050-195:1998, 195-04-01]

## 3.1.3 Bereiche und Abstände während der Arbeiten

### 3.1.3.1

#### Gefahrenzone

(en: danger zone)

der Bereich, der in Fällen von Hochspannung durch den Mindestabstand um gefährliche aktive Teile begrenzt ist, ohne vollständigen Schutz

Anmerkung 1 zum Begriff: Betreten der Gefahrenzone wird als Berühren gefährlicher aktiver Teile betrachtet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die äußere Begrenzung der Gefahrenzone wird als Abstand  $D_R$  bezeichnet (siehe Anhang A).

[QUELLE: EN 61140:2016, 3.35, modifiziert – Anmerkung 2 zum Begriff wurde hinzugefügt, um das in diesem Dokument beschriebene Konzept zu verdeutlichen.]

### 3.1.3.2

#### ergonomischer Abstand

$D_E$

(en: ergonomic distance)

Abstand in Luft, addiert zu  $D_L$ , um erwartete und unbeabsichtigte Bewegungen und Fehleinschätzungen des Abstands bei der Durchführung von Arbeiten zu berücksichtigen

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-21-13, modifiziert – Die Abkürzung  $D_E$  sowie „erwartete und“ wurden hinzugefügt, „zum elektrischen Abstand“ wurde durch „zu  $D_L$ “ ersetzt und Anmerkung 1 zum Begriff wurde entfernt.]

### 3.1.3.3

#### Mindest-Arbeitsabstand

$D_A$

(en: minimum approach distance)

während des Arbeitens einzuhaltender Mindestabstand in Luft zwischen dem Körper eines Arbeiters einschließlich aller von ihm benutzten Objekte (außer Werkzeug für Arbeiten unter Spannung) und Teilen mit anderem elektrischen Potential

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument wird der Mindest-Arbeitsabstand ab dem nächsten gefährlichen aktiven Teil gemessen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der isolierende Teil des Isolators wird üblicherweise als aktives Teil angesehen. Ausnahmen sind die Teile von Kunststoffseilen, deren Abstand zu aktiven Teilen größer ist als der Kriechweg (nach EN 50345), aber mindestens 1 m.

Anmerkung 3 zum Begriff: Dieses Konzept gilt nicht, wenn Schutzvorrichtungen nach 5.3.2 verwendet werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Der niedrigste Wert des Mindest-Arbeitsabstandes wird  $D_L$  genannt (siehe Anhang A).

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-21-11, modifiziert – „während des Arbeitens“ wurde der Definition hinzugefügt; Anmerkung 1 zum Begriff bis Anmerkung 3 zum Begriff wurden geändert und Anmerkung 4 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

### 3.1.3.4

#### Annäherungszone

(en: vicinity zone)

begrenzter Bereich außerhalb der Gefahrenzone, wo besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um das Eindringen in die Gefahrenzone zu verhindern

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Eindringen in die Gefahrenzone führt zu einer elektrischen Gefährdung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die äußere Begrenzung der Annäherungszone wird als Abstand  $D_V$  bezeichnet (siehe Anhang A).

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-21-04, modifiziert – Anmerkung 2 zum Begriff wurde neu formuliert und Anmerkung 3 zum Begriff entfernt.]

### 3.1.3.5

#### Arbeitsort<sup>N3</sup>

(en: work location)

Baustelle, Bereich oder Ort, an der/dem Arbeiten durchgeführt werden sollen, werden oder wurden

<sup>N3</sup> Nationale Fußnote: Das nationale Komitee weist darauf hin, dass die Arbeitsstelle gemeint ist, dies wird im nachfolgenden Text so umgesetzt.

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-26-03, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde entfernt.]

### 3.1.3.6

#### **Arbeitszone**

(en: working zone)

dreidimensionaler Bereich, der die physikalischen Grenzen der notwendigen Bewegungen während des Arbeitens beschreibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die äußere Begrenzung schließt beabsichtigte Bewegungen während des Arbeitens ein, schließt aber unbeabsichtigte Bewegungen aus. Unbeabsichtigte Bewegungen sind im ergonomischen Abstand  $D_E$  enthalten (siehe Anhang A).

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff kann auf eine an der Arbeit beteiligte Person angewandt werden und dabei einen direkt von ihr benutzten Gegenstand (außer Werkzeug für das Arbeiten unter Spannung) einschließen. Der Begriff kann auch auf Maschinen und Betriebsmittel angewandt werden, die von einer an der Arbeit beteiligten Person bedient werden (z. B. zum Heben, zum Materialtransport usw.).

### 3.1.4 Tätigkeit

#### 3.1.4.1

#### **Durchführungserlaubnis**

(en: authorization)

Genehmigung, die geplante Arbeit durchzuführen (schriftliche oder mündliche eindeutige Anweisung)

[QUELLE: EN 50110-1:2013, 3.4.9]

#### 3.1.4.2

#### **Arbeiten im spannungsfreien Zustand**

(en: dead working)

Arbeit an einem oder mehreren Abschnitten einer elektrischen Anlage, deren spannungsfreier Zustand zur Vermeidung elektrischer Gefahren hergestellt und sichergestellt ist

[QUELLE: EN 50110-1:2013, 3.4.8, modifiziert – „elektrischen Anlagen“ wurde durch „einem oder mehreren Abschnitten einer elektrischen Anlage“ ersetzt.]

#### 3.1.4.3

#### **Erden**

(en: earthing)

Verbinden von Teilen der Fahrleitung mit der Erde, um während Arbeiten im spannungsfreien Zustand elektrische Sicherheit zu erzielen

#### 3.1.4.4

#### **Trennen**

(en: isolation)

Funktion vorgesehen zur Abschaltung und Aufrechterhaltung der Sicherheit durch geeignete Unterbrechung von jeglicher elektrischen Energiequelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Trennen kann einen oder mehrere Teile der elektrischen Anlage einbeziehen.

[QUELLE: IEC 61140:2016, 3.41, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

#### 3.1.4.5

#### **Arbeiten unter Spannung**

(en: live working/live work)

Tätigkeit, bei der ein Arbeiter mit Körperteilen, Werkzeugen, Ausrüstungen oder Geräten unter Spannung stehende Teile berührt oder in die Gefahrenzone eindringt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Arbeiten unter Spannung erfolgt unter Anwendung spezieller Verfahren wie:

- Arbeiten auf Schutzabstand;

- Arbeiten mit Isolierhandschuhen;
- Arbeiten mit direkter Berührung;
- Arbeiten mit unter Spannung stehenden Werkzeugen (z. B. um Gegenstände von einer Oberleitung zu entfernen oder um Gegenstände an einer Oberleitung zu untersuchen);
- Arbeiten innerhalb von Begrenzungslinien bei unter Spannung stehenden Leitungen und Seitenverschiebungen.

[QUELLE: IEC 60050-651:2014, 651-21-01, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde ersetzt; Anmerkung 1 wurde durch eisenbahnspezifische Beispiele ergänzt; Anmerkung 2 zum Begriff und Anmerkung 3 zum Begriff wurden gelöscht.]

#### 3.1.4.6

##### **Kurzschließen**

(en: short circuiting)

Verbinden von Teilen der Fahrleitung mit der Rückleitung, um während Arbeiten im spannungsfreien Zustand elektrische Sicherheit zu erzielen

#### 3.1.4.7

##### **Arbeiten**

(en: work activity)

jede Form einer Tätigkeit, bei der die Möglichkeit einer elektrischen Gefährdung besteht

[QUELLE: EN 50110-1:2013, 3.4.1, modifiziert – „elektrotechnischer oder nichtelektrotechnischer“ wurde entfernt.]

#### 3.1.4.8

##### **Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen**

(en: working near hazardous-live-parts)

Tätigkeit, bei der ein Arbeiter mit Körperteilen, Werkzeugen oder anderen Gegenständen in die Annäherungszone gelangen kann, ohne in die Gefahrenzone einzudringen

Anmerkung 1 zum Begriff: Neuer, von IEC 60050-651:2014, 651-21-02 abgeleiteter Begriff.

### 3.1.5 Schutzvorrichtungen

#### 3.1.5.1

##### **physikalische Maßnahme**

(en: physical measure)

Teil, das verwendet wird, um die Bewegungen des Arbeiters in einer Weise einzuschränken, die zur Sicherstellung der Einhaltung des Arbeitsabstandes während des Arbeitens beiträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Maßnahme mindert die Abhängigkeit des Arbeiters von seinem Urteilsvermögen, um sicherzustellen, dass dieser den Mindestabstand einhält.

#### 3.1.5.2

##### **(elektrische) Schutzabdeckung**

(en: (electrically) protective barrier)

Teil, das Schutz gegen Berühren durch einen Menschen oder ein Nutztier mit einem aktiven Teil aus allen üblichen Zugriffsrichtungen bietet

[QUELLE: EN 61140:2016, 3.13]

#### 3.1.5.3

##### **Schutzvorrichtung**

(en: protective device)

Teil, das während des Arbeitens verwendet wird, um eine Person oder einen von ihr verwendeten Gegenstand physikalisch daran zu hindern, in die Gefahrenzone zu gelangen



Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Maßnahmen hängen nicht davon ab, wie der Arbeiter beurteilt, ob er vermeiden kann, in die Gefahrenzone zu gelangen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiele sind elektrische Schutzabdeckung, elektrisches Schutzhindernis, eine Einrichtung oder Ausrüstung zur Begrenzung der physikalischen Reichweite.

### 3.1.5.4

#### **elektrisches Schutzhindernis**

(en: (electrically) protective obstacle)

Teil, das unabsichtliches Berühren durch einen Menschen oder ein Nutztier mit einem aktiven Teil, nicht aber Berühren durch eine absichtliche Handlung, verhindert

[QUELLE: EN 61140:2016, 3.12]

## 3.2 Symbole

$D_A$	Mindest-Arbeitsabstand (während des Arbeitens) (siehe 3.1.3.3)
$D_E$	ergonomischer Abstand (während des Arbeitens) (siehe 3.1.3.2)
$D_L$	niedrigster Wert von $D_A$ (wenn $D_E = 0$ ) (siehe Anhang A)
$D_R$	Abstand zu den äußeren Begrenzungen der Gefahrenzone (siehe Anhang A)
$D_V$	Abstand zu den äußeren Begrenzungen der Annäherungszone (siehe Anhang A)
$M$	Spielraum (siehe Anhang A)

## 3.3 Abkürzungen

ABT	Anlagenbetreiber (siehe 3.1.2.1)
ALV	Anlagenverantwortlicher während der Durchführung von Arbeiten (siehe 3.1.2.2)
ARV	Arbeitsverantwortlicher (siehe 3.1.2.3)
OCL	Oberleitung (siehe 3.1.1.14)

# 4 Allgemeine Grundsätze

## 4.1 Elektrische Sicherheit bei Arbeiten

### 4.1.1 Allgemeines

Die nachfolgenden Hauptschritte müssen durchgeführt werden, um während des Arbeitens an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung die elektrische Sicherheit sicherzustellen:

- Planen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung;
- Herstellen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung;
- Aufrechterhalten der elektrisch sicheren Arbeitsumgebung während der Arbeiten;
- Wiederherstellen des geplanten Betriebszustandes.

Die in dieser Norm festgelegten Verantwortungen müssen ermittelt, dokumentiert und von Personen ausgeübt werden, die das erforderliche Niveau der fachlichen Qualifikation aufweisen.

### 4.1.2 Planen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung

Bevor Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung ausgeführt werden, müssen die elektrischen Risiken beurteilt werden.

Diese Beurteilung muss Folgendes einschließen:

- Festlegung der Arbeiten sowie der Art und Weise, wie diese auszuführen sind;
- Ermittlung der dabei entstehenden elektrischen Gefährdungen;
- Festlegung der Art und Weise, wie die Arbeiten auszuführen sind, um die elektrische Sicherheit sicherzustellen (siehe Abschnitt 5 und Abschnitt 6);
- Sicherstellung, dass der elektrische Schutz der unter Spannung stehenden Oberleitungsanlage für die Dauer der Arbeiten wirksam bleibt;
- Sicherstellung, dass Berührungsspannungen für die Dauer der Arbeiten innerhalb der in EN 50122-1:2011, Abschnitt 9, aufgeführten Grenzwerte bleiben;
- Festlegung, wann welche Schutzmaßnahmen erforderlich sind, um das Entstehen elektrischer Gefahren zu vermeiden;
- Festlegung der Verantwortung und des Verfahrens für die Umsetzung von Schutzmaßnahmen zur Vermeidung elektrischer Gefahren;
- Berücksichtigung der Komplexität der Arbeiten und Festlegung des erforderlichen Niveaus der fachlichen Qualifikation der an den Arbeiten Beteiligten (z. B. Elektrofachkräfte, elektrotechnisch unterwiesene Personen, Laien).

Der ARV muss jede Arbeit im Voraus planen und dabei die Regelungen für das Herstellen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung beachten.

Die in der Beurteilung ermittelten geplanten Arbeiten, maßgeblichen Risiken und dazugehörigen Schutzmaßnahmen müssen vor der Aufnahme der Arbeiten überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie weiterhin wirksam sind.

#### **4.1.3 Herstellen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung**

Vor der Aufnahme der Arbeiten müssen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung elektrischer Gefahren durchgeführt werden.

Die Anforderungen bei Arbeiten im spannungsfreien Zustand sind in 5.2 aufgeführt und bei Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen in 5.3. Falls neue elektrische Gefährdungen während des Herstellens der elektrisch sicheren Arbeitsumgebung festgestellt werden, müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen durchgeführt werden, um eine elektrische Gefahr zu vermeiden.

Die Verantwortung für das Herstellen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung darf an einen ALV oder einen ARV übertragen werden, so wie es während der Planung der Arbeiten entschieden wurde.

#### **4.1.4 Aufrechterhalten der elektrisch sicheren Arbeitsumgebung während der Arbeiten**

Während der Arbeiten muss die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen entsprechend dem für die Arbeiten erstellten Plan überprüft werden.

Falls neue elektrische Gefährdungen während der Arbeiten festgestellt werden, müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen zur Vermeidung einer elektrischen Gefahr umgesetzt und im Plan festgehalten werden.

Die Verantwortung für das Aufrechterhalten einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung darf an einen ALV oder einen ARV übertragen werden, so wie es während der Planung der Arbeiten entschieden wurde.

#### **4.1.5 Wiederherstellen des geplanten Betriebszustandes**

Nach der Beendigung der Arbeiten und vor dem Wiederherstellen des geplanten Betriebszustandes muss eine Überprüfung durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass;

- das Personal und dessen Werkzeug, Ausrüstung und Material sich an einer sicheren Stelle befinden;
- die elektrische Anlage in einem Zustand ist, dass sie wieder unter Spannung gesetzt werden kann.

Wenn die oben genannten Bedingungen erfüllt sind, müssen die Schutzmaßnahmen nach dem für die Arbeiten erstellten Plan wieder aufgehoben werden, und die elektrische Anlage kann wieder unter Spannung gesetzt werden.

## 4.2 Personal

Alle an den Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung beteiligten Personen müssen über die einschlägigen Sicherheitsanforderungen, -vorschriften und -anweisungen unterrichtet werden und diese befolgen.

Die nationale Gesetzgebung kann die Mindestkriterien für die fachliche Qualifikation von Personen vorgeben.

Wenn es keine nationalen Anforderungen für die fachliche Qualifikation von Personen gibt, müssen hierfür die folgenden Kriterien zur Beurteilung der fachlichen Qualifikation von Personen angewendet werden:

- Kenntnisse der Elektrotechnik;
- Erfahrung mit elektrotechnischer Arbeit;
- Kenntnis der Anlage, an der zu arbeiten ist, sowie praktische Erfahrung mit der vorgesehenen Arbeit;
- Kenntnis der Gefährdungen, die während des Arbeitens entstehen können, und der zu beachtenden Schutzmaßnahmen;
- die Fähigkeit, zu erkennen, wann es nicht sicher ist zu arbeiten.

Vor der Aufnahme der Arbeiten müssen deren Art und Schwierigkeitsgrad beurteilt werden, um je nach Erfordernis Elektrofachkräfte, elektrotechnisch unterwiesene Personen oder Laien für die Durchführung der Arbeiten auszuwählen.

Die Verantwortungen und die Kriterien für die fachliche Qualifikation der Verantwortlichen, der Elektrofachkräfte und der elektrotechnisch unterwiesenen Personen bezüglich der elektrischen Sicherheit müssen festgelegt und dokumentiert werden, es sei denn, dass dies gesetzlich geregelt ist.

Hat eine Person für eine Arbeit nicht die zur Vermeidung elektrischer Gefahren erforderlichen Fachkenntnisse oder Erfahrung, darf sie diese Arbeit nicht ausführen, es sei denn, sie untersteht dabei einer ausreichenden Aufsichtsführung.

## 4.3 Organisation

### 4.3.1 Allgemeines

Dieser Unterabschnitt beschreibt die Anforderungen an das folgende Personal:

- den Anlagenbetreiber (ABT);
- den Anlagenverantwortlichen (ALV);
- den Arbeitsverantwortlichen (ARV).

Die Zuständigkeit für das oben genannte Personal muss für den Anwendungsbereich, den Teil der Oberleitungsanlage und/oder ihrer Rückleitung und den Zeitraum festgelegt und dokumentiert werden.

Die Aufgaben des ABT, des ALV und des ARV dürfen von ein und derselben Person wahrgenommen werden.

Wenn die Arbeiten nach dem für die Arbeit erstellten Plan aufgeteilt sind, ist es zulässig, einen für die Sicherheit einer Teilarbeit Verantwortlichen zu benennen. Die Verantwortung bleibt jedoch bei der koordinierenden Person.

Jeder an den Arbeiten beteiligten Person, die aus Gründen der elektrischen Sicherheit Bedenken hat, eine Anweisung oder Arbeit auszuführen, muss die Möglichkeit gegeben werden, diese Bedenken unmittelbar

dem ARV mitzuteilen. Dieser muss die Sachlage untersuchen und erforderlichenfalls einer fachlich übergeordneten Stelle zwecks einer Entscheidung vorlegen.

Die Zuständigkeit für die Betreuung der Rückleitung kann auf mehrere Fachabteilungen verteilt sein (z. B. wenn die Fahrschienen Teil der Rückleitung sind oder wenn Gleisdrosseln für die Signaltechnik Teil der Rückleitung sind).

#### 4.3.2 Anlagenbetreiber (ABT)

Jede elektrische Anlage muss unter der Verantwortung einer Person, des ABT, stehen.

Falls zwei oder mehrere elektrische Anlagen, für die unterschiedliche ABT verantwortlich sind, miteinander in Verbindung stehen (z. B. verbundene oder benachbarte Anlagen), muss es formelle Regelungen hinsichtlich der Absprache und der Zusammenarbeit zwischen diesen Personen geben, um die elektrische Sicherheit sicherzustellen.

#### 4.3.3 Anlagenverantwortlicher (ALV)

Der ALV muss für seinen Teil der Anlage verantwortlich sein und dem ARV die Erlaubnis erteilen, die Arbeiten entsprechend dem für die Arbeit erstellten Plan aufzunehmen.

Falls zwei oder mehrere elektrische Anlagen miteinander in Verbindung stehen (z. B. verbundene oder benachbarte Anlagen), muss es formelle Regelungen hinsichtlich der Absprache und der Zusammenarbeit zwischen den ALV dieser Anlagen geben, um die elektrische Sicherheit sicherzustellen.

#### 4.3.4 Arbeitsverantwortlicher (ARV)

Jede Arbeit muss unter der Verantwortung eines ARV stehen.

Wenn die Arbeiten nach dem für die Arbeit erstellten Plan in mehrere Teilarbeiten aufgeteilt sind, ist es zulässig, einen für die Sicherheit einer Teilarbeit Verantwortlichen zu benennen. Die Verantwortung bleibt jedoch bei der koordinierenden Person.

Vor der Aufnahme der Arbeiten und während der Arbeiten muss der ARV:

- alle an den Arbeiten Beteiligten über alle elektrischen Gefährdungen, die bei der Risikobeurteilung festgestellt wurden, sowie gegebenenfalls über weitere Gefährdungen, die beim Herstellen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung festgestellt wurden, unterrichten;
- alle an den Arbeiten Beteiligten über alle für sie maßgeblichen Schutzmaßnahmen unterrichten;
- überprüfen, dass die Weisungen nachvollziehbar verstanden wurden;
- während der Durchführung der Arbeiten die Weisungen wiederholen, falls erforderlich (z. B. falls die Arbeiten lange dauern oder kompliziert sind);
- sicherstellen, dass alle maßgeblichen Anforderungen, Regeln und Weisungen eingehalten werden.

### 4.4 Kommunikation

Kommunikation umfasst jede Art der Informationsübergabe oder des Informationsaustausches zwischen Personen, d. h. mündlich (z. B. Telefon, Sprechfunk, direktes Gespräch), schriftlich (z. B. Telefax oder E-Mail) und optisch (z. B. Sichtgeräte, Anzeigetafeln, Leuchtanzeigen).

Während der in 4.1 beschriebenen Hauptschritte müssen die Informationen, die während des Arbeitens an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und ihrer zugehörigen Rückleitung ausgetauscht werden, mit den folgenden allgemeinen Regeln übereinstimmen:

- der Austausch erfolgt zwischen den vorgesehenen Personen entsprechend dem Plan für eine elektrisch sichere Arbeitsumgebung;
- es existiert eine Aufzeichnung des Austausches, die nachvollziehbar ist;

- die Informationen sind genau und eindeutig;
- Fehler schleichen sich während des Austauschs nicht ein.

Alle für die sichere Durchführung der Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung erforderlichen Informationen, z. B. Netzzustand, Zustand der Schaltgeräte (offen, geschlossen, geerdet) und Zustand der Sicherheitseinrichtungen, müssen durch eine schriftliche Meldung (einschließlich elektronischer Arten) übermittelt werden. Um bei der mündlichen Informationsübermittlung Fehler zu vermeiden, muss der Empfänger die Informationen gegenüber dem Absender wiederholen; dieser muss sicherstellen, dass sie korrekt empfangen und verstanden wurden. Es darf nicht erlaubt werden, auf Grund von Zeichengebung oder einer vorher getroffenen Zeitabsprache die Arbeiten an der Oberleitungsanlage aufzunehmen oder die Oberleitungsanlage nach der Beendigung der Arbeiten wieder unter Spannung zu setzen.

Falls das Personal verschiedene Sprachen spricht und um das Verstehen und die Verständlichkeit sicherzustellen, muss im Vorhinein die Sprache festgelegt werden, die die relevanten Beteiligten verstehen.

#### 4.5 Arbeitsstelle

Die Arbeitsstelle ist die feste oder mobile Stelle, an der die Arbeiter sich während der Durchführung ihrer Aufgaben befinden dürfen, z. B.:

- der Boden;
- die Plattform auf dem Dach eines Instandhaltungswagens, der sich auf dem Gleis befindet;
- eine feste Plattform an einem Mast zwecks Arbeiten an einem Schalter oder Trennschalter;
- eine mobile Plattform eines Hubgeräts;
- ein Dach eines Gebäudes oder ein Vordach eines Bahnhofs;
- eine Treppe oder eine feste oder mobile Leiter neben der Oberleitung;
- eine dreidimensional bewegliche Arbeitsbühne („Hubsteiger“);
- weitere Bauten (z. B. Maste oder Oberleitungen, Brücken).

Die Arbeitsstelle muss vor Ort entsprechend dem für die Arbeiten erstellten Plan eindeutig bestimmt werden, um die Begrenzungen in Bezug auf die elektrischen Gefährdungen festzulegen.

Wegen der elektrischen Gefährdungen müssen die Zugangsregelungen zur Arbeitsstelle festgelegt und, falls erforderlich, eindeutig gekennzeichnet sein.

Auf einer Risikobeurteilung (nach 4.1) basierende Schutzmaßnahmen müssen umgesetzt werden, um elektrische Gefahren zu vermeiden.

Die Einschränkungen der Bewegungen der Arbeiter, der Maschinen (z. B. Hubarbeitsbühne), der Werkzeuge und der Geräte müssen festgelegt werden, um elektrische Gefahren zu vermeiden.

Die Oberfläche, auf der die Arbeiter stehen, muss ausreichend stabil sein, um unbeabsichtigte Bewegungen zu vermeiden.

Unmittelbar nach der Festlegung der Begrenzungen der mobilen Arbeitsstellen müssen die verbleibenden angrenzenden elektrischen Gefahren und die erforderlichen Begrenzungen für die Arbeiter an der mobilen Arbeitsstelle bestimmt werden.

#### 4.6 Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte

Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte zur Vermeidung elektrischer Gefahren müssen mit den Anforderungen einschlägiger europäischer, nationaler oder internationaler Normen übereinstimmen, soweit solche existieren.

Beispiele für Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte sind:

- flexible oder starre Schutz- oder Isolierabdeckungen;

- isolierte Werkzeuge und Werkzeuge aus Isoliermaterial (z. B. Isolierhandschuhe);
- Steuerstände und Schaltstangen;
- Warnhinweise, -schilder, -flaggen und -leuchten;
- Spannungsprüfer und Spannungsprüfsysteme;
- Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen;
- PSA (persönliche Schutzausrüstung) zur Abschwächung des elektrischen Risikos, einschließlich der Auswirkung von Lichtbögen.

Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte müssen nach den Anweisungen und/oder der Anleitung des Herstellers oder des Lieferanten verwendet, gelagert und instandgehalten werden. Diese Anweisungen und/oder diese Anleitung müssen in der Sprache bzw. den Sprachen der Anwender geschrieben sein. Alle Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte, die für das sichere Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und ihrer zugehörigen Rückleitung vorgesehen sind, müssen für diese Verwendung geeignet sein. Die Ausrüstung kann enganliegende Kleidung oder zusätzliche PSA (persönliche Schutzausrüstung) einschließen.

Funktionsgestörte Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte dürfen nicht verwendet werden, solange sie nicht in den Zustand zurückgebracht worden sind, in dem sie die vom Hersteller festgelegten Anforderungen oder die in den einschlägigen europäischen, nationalen oder internationalen Normen enthaltenen Anforderungen erfüllen.

#### 4.7 Dokumentation für sicheres Arbeiten

Eine für das sichere Arbeiten erforderliche präzise Dokumentation der Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung muss zur Verfügung stehen; dies gilt sowohl für die Planung als auch für die Durchführung der Arbeiten (z. B. Zeichnungen der OCL sowie Rückleitungs-, Schalt-, Erdungs- und Isolationspläne, Handbücher über die elektrische Ausrüstung usw.).

#### 4.8 Schilder

Falls in der Risikobeurteilung festgehalten, müssen geeignete Schilder verwendet werden, um auf mögliche elektrische Gefährdungen aufmerksam zu machen. Die Schilder müssen mit einschlägigen internationalen, europäischen oder nationalen Normen übereinstimmen, soweit solche existieren.

#### 4.9 Maßnahmen für den Notfall während der Arbeiten

Es müssen Verfahren für einen Notfall bei Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage und/oder ihrer zugehörigen Rückleitung vorhanden sein. Das Verfahren muss die Regelungen festlegen, um bei einem Unfall oder einem Zwischenfall die elektrischen Gefährdungen an einer Arbeitsstelle zu bewältigen, einschließlich der Rollen und der Verantwortung der beteiligten Personen.

An jeder Arbeitsstelle müssen eine oder mehrere geschulte Personen anwesend sein, die bei elektrischem Schlag und/oder Verbrennungen Erste Hilfe leisten können. Es wird empfohlen, eine Anleitung zur Ersten Hilfe entsprechend der Gegebenheiten auf Plakaten oder Schaubildern an der Arbeitsstelle auszuhängen oder ein Merkblatt oder Sicherheitsunterlagen zur Ersten Hilfe an die Arbeiter auszuhändigen.

### 5 Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage

#### 5.1 Allgemeines

Hinsichtlich der Arbeitsverfahren für Arbeiten an oder in der Nähe einer Oberleitungsanlage unterscheiden sich diese, je nachdem ob es sich um:

- Arbeiten im spannungsfreien Zustand (siehe 5.2);
- Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen (siehe 5.3);
- Arbeiten unter Spannung (siehe 5.4)

handelt.

Alle drei Verfahren basieren auf der Verwendung von Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefahren.

Im (informativen) Anhang C wird der empfohlene Prozess zum Auswählen der Schutzmaßnahmen veranschaulicht.

Je nach den betrieblichen Anforderungen und der Risikobeurteilung der Arbeit werden das Verfahren für Arbeiten im spannungsfreien Zustand und das Verfahren für Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen oft gleichzeitig umgesetzt (z. B. bei Arbeiten im spannungsfreien Zustand an einer Oberleitung beim Vorhandensein einer unter Spannung stehenden Oberleitung an dem angrenzenden Gleis).

Die in 4.3 aufgeführten Verantwortungen müssen den relevanten Personen nach dem für die Arbeit erstellten Plan zugeordnet werden.

## **5.2 Arbeiten im spannungsfreien Zustand**

### **5.2.1 Allgemeines**

Dieser Unterabschnitt behandelt die Anforderungen zur Sicherstellung, dass die elektrischen Anlagen an der Arbeitsstelle spannungsfrei und für die Dauer der Arbeit gegen Wiedereinschalten gesichert sind.

Nachdem die betroffenen elektrischen Anlagen und Arbeitsstellen eindeutig bestimmt worden sind, müssen die folgenden fünf Sicherheitsregeln in der angegebenen Reihenfolge befolgt werden, es sei denn, es gibt Gründe, davon abzuweichen, und dies sicher erfolgen kann:

- von allen Spannungsquellen freischalten (siehe 5.2.2);
- gegen Wiedereinschalten sichern (siehe 5.2.3);
- Spannungsfreiheit feststellen (siehe 5.2.4);
- erden und kurzschließen (siehe 5.2.5);
- benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken (siehe 5.2.6).

### **5.2.2 Von allen Spannungsquellen freischalten**

Der Teil der Anlage, an dem die Arbeit auszuführen ist, muss von allen Spannungsquellen getrennt werden. Die Trennung muss durch eine Luftstrecke oder eine gleichwertige Isolation hergestellt werden, um sicherzustellen, dass die Isolationsstelle elektrisch nicht versagt.

### **5.2.3 Gegen Wiedereinschalten sichern**

Alle Schaltgeräte, die zur Trennung der elektrischen Anlage für die Arbeit erforderlich sind, müssen so gesichert sein, dass ein Wiedereinschalten verhindert wird, vorzugsweise durch physikalisches Sperren des Betätigungsmechanismus oder funktionelles Sperren, um eine Betätigung zu verhindern.

Falls das Schaltgerät ferngesteuert wird, darf die Fernwirkzentrale funktionelles Sperren (z. B. in der Form von Blockieren oder Kennzeichnen) durchführen, um eine Betätigung zu verhindern.

Falls physikalisches Sperren des Betätigungsmechanismus des Schaltgeräts verwendet wird und ein Restrisiko für eine unbefugte Betätigung verbleibt, muss ein Schild angebracht werden, um vor einer Betätigung zu warnen.

Alle Anzeige- und Verriegelungssysteme, die für diesen Zweck verwendet werden, müssen zuverlässig sein.

Bevor die Spannungsfreiheit der Anlage festgestellt wird, müssen die Teile der elektrischen Anlage, die nach dem Freischalten der Anlage und dem Sichern gegen Wiedereinschalten weiterhin geladen sind, z. B. Kondensatoren und Leitungen, mit geeigneten Geräten entladen werden.

ANMERKUNG Wenn Schaltgeräte ferngesteuert werden, braucht ihre Hilfsenergie nicht abgeschaltet werden, um die Anlage gegen Wiedereinschalten zu sichern.

#### 5.2.4 Spannungsfreiheit feststellen

Die Spannungsfreiheit muss an (oder so nahe wie möglich an) den Leitern der Oberleitungsanlage, an der die Arbeit auszuführen ist, festgestellt werden. Dieser Zustand muss für die abgeschalteten Teile der Anlage entsprechend den örtlichen Anweisungen festgestellt werden.

Die Spannungsfreiheit kann z. B. durch die Verwendung von in den Betriebsmitteln fest eingebauten und/oder separat angebrachten Spannungsprüfern festgestellt werden. Die letztgenannten Geräte müssen unmittelbar vor und nach Möglichkeit auch nach dem Gebrauch auf ihre Funktion geprüft werden.

ANMERKUNG In einigen DC- oder 15 kV AC-Anlagen erfolgt die Feststellung der Spannungsfreiheit durch leichtes Berühren des abgeschalteten Teils durch ein(e) tragbare(s) Erdungs- und Kurzschließvorrichtung/-gerät.

Sollte wider Erwarten eine Betriebsspannung festgestellt werden, muss das Verfahren unterbrochen werden, so dass eine Überprüfung durch den ALV erfolgen kann. Nach Abschluss dieser Überprüfung wird das Verfahren fortgesetzt, wenn es sicher ist, so zu handeln; sollte dies nicht der Fall sein, wird das Verfahren endgültig beendet.

Falls es die örtlichen Anweisungen erlauben und die zur Trennung verwendeten Schaltgeräte zuverlässig durch Erdungs- oder Kurzschließgeräte gesperrt werden, kann an dieser Stelle auf die Feststellung der Spannungsfreiheit verzichtet werden.

#### 5.2.5 Erden und Kurzschließen

Bei Arbeiten, die Arbeiten im spannungsfreien Zustand an oder in der Nähe von Oberleitungsanlagen erfordern, müssen Erdungs- oder Kurzschließvorrichtungen/-geräte an den Stellen angewandt werden, an denen sie das an der Arbeitsstelle beschäftigte Personal effektiv gegen die durch zufälliges Unterspannungssetzen entstehenden Gefährdungen aus jeder Spannungsquelle schützen.

Es muss immer sichergestellt sein, dass die für diesen Zweck verwendeten Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen/-geräte, Schalter und Leitungen sowie Verbinder für den Potenzialausgleich dem Fehlerstrom der elektrischen Anlage am Einbauort widerstehen können und entsprechend bemessen sind.

An AC-Strecken müssen die Teile, die spannungsfrei gemacht werden müssen, kurzgeschlossen und geerdet werden. An DC-Strecken müssen die Teile, die spannungsfrei gemacht werden müssen, mit der Rückleitung kurzgeschlossen und – falls erforderlich – geerdet werden. Die Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen/-geräte müssen zuerst mit dem Erdungspunkt bzw. den Schienen für die Rückleitung und dann mit den zu erdenden oder kurzzuschließenden Betriebsmitteln verbunden werden.

Falls Leiter unterbrochen oder verbunden werden müssen und dabei eine elektrische Gefährdung entstehen kann, müssen vor der Unterbrechung oder Verbindung der Leiter angemessene Schutzmaßnahmen wie Potenzialausgleich und/oder Erden an der Arbeitsstelle getroffen werden.

Es müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass die Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen/-geräte während der gesamten Dauer der Arbeit intakt bleiben.

Falls während der Arbeiten die Verbindungen für das Kurzschließen oder Erden entfernt werden müssen (z. B. um Messungen oder Prüfungen zu ermöglichen), müssen zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung einer Gefahr getroffen werden.

Die Stellungen der Schaltgeräte, die zum Erden und Kurzschließen einer elektrischen Anlage verwendet werden, müssen zuverlässig und dauerhaft angezeigt werden.

Abhängig von den Auslegungsmerkmalen des elektrischen Bahnenergieversorgungssystems und der durchzuführenden Arbeit an oder in der Nähe der Oberleitung kann Erden und/oder Kurzschließen erforderlich sein.



Falls Maßnahmen getroffen werden, die sicherstellen, dass ein Dachstromabnehmer eine Isolationsstelle nicht überbrücken und daher nicht unbeabsichtigt Leiter an der Arbeitsstelle unter Spannung setzen kann, sind keine zusätzliche Erdungs- oder Kurzschließgeräte zur Minderung dieses zufälligen Risikos des Unterspannungssetzens erforderlich.

**ANMERKUNG** Falls die Erdungs- oder Kurzschließgeräte sich in einer aus elektrisch durchgängigen Drähten und/oder Seilen gebildeten Zone befinden, kann die Anzahl von Geräten reduziert werden; unter Berücksichtigung der Abstände zwischen der Stelle, von der die das Unterspannungssetzen verursachende Spannung zufällig kommen kann (z. B. Überbrückung eines Streckentrenners durch einen Dachstromabnehmer), und dem nächsten Erdungs- oder Kurzschließgerät berücksichtigt werden (die Abstände hängen von der Spannung und dem Kurzschlussstrom der Anlage ab).

Jeder elektrische Unterabschnitt in der Arbeitszone muss einzeln oder gruppenweise geerdet oder kurzgeschlossen werden. Mehrere Unterabschnitte können gruppiert werden, um eine aus elektrisch durchgängigen Drähten und/oder Seilen gebildete Zone zu bilden; dies kann z. B. durch das Schließen von Lasttrennschaltern oder Trennschaltern zwischen zwei Unterabschnitten geschehen. Diese Lasttrennschalter oder Trennschalter sollten in der geschlossenen Position gesichert werden. Falls das Sichern nicht erfolgen oder sichergestellt werden kann, muss mindestens ein Erdungs- oder Kurzschließgerät in jedem Unterabschnitt verwendet werden.

Die Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen/-geräte müssen vorzugsweise von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein, zumindest bei Aufnahme der Arbeiten. Die Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen/-geräte sollten so nahe wie möglich an der Arbeitsstelle angebracht sein.

Falls tragbare Erdungs- und Kurzschließgeräte nicht von der Arbeitsstelle aus sichtbar sind, müssen Vorichtsmaßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass sie während der Arbeiten am Ort verbleiben (z. B. Bewachung oder Verwendung von Geräten, die nur mittels Werkzeugen oder Schlüssel entfernt werden können).

An Stellen mit fest eingebauten Erdungs- oder Kurzschließgeräten, an denen es nicht möglich ist, die Geräte von den Begrenzungen der Arbeitsstelle zu sehen, sollten örtliche Erdungsvorrichtungen, zusätzliche Anzeigergeräte oder eine andere gleichwertige Kennzeichnung verwendet werden.

### **5.2.6 Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken**

Falls gefährliche aktive Teile einer elektrischen Anlage benachbart zur Arbeitsstelle und Schutzmaßnahmen entsprechend der Risikobeurteilung erforderlich sind, müssen die in 5.3 ausführlich erläuterten Schutzmaßnahmen vor der Aufnahme der Arbeiten an dieser Stelle getroffen werden.

Dies erfordert große Aufmerksamkeit des ARV.

### **5.2.7 Freigabe zur Aufnahme der Arbeit nach der Durchführung der Schutzmaßnahmen**

Der ARV darf den Arbeitern die Freigabe zur Aufnahme der Arbeit nur erteilen, wenn alle in 5.2.2 bis 5.2.6 aufgeführten Anforderungen („die fünf Sicherheitsregeln“) erfolgreich umgesetzt worden sind.

Falls der ALV irgendeine der obigen Maßnahmen durchgeführt hat, muss eine nachvollziehbare Meldung erfolgen.

### **5.2.8 Wiedereinschalten nach Beendigung der Arbeiten**

Nachdem die Arbeit beendet und überprüft wurde, müssen alle Personen, die an der Arbeitsstelle nicht länger benötigt werden, diese verlassen. Alle bei den Arbeiten verwendeten Werkzeuge, Ausrüstungen und Geräte müssen entfernt werden. Erst dann können Sicherheitseinrichtungen (z. B. Sperren, Schilder und Schutzabdeckungen) sowie Erdungs- und Kurzschließgeräte entfernt und mit dem Verfahren zum Wiedereinschalten begonnen werden.

Sobald eine der zur Absicherung der elektrischen Anlage für die Arbeit getroffenen Handlungen rückgängig gemacht worden ist, muss dieser Teil der elektrischen Anlage als unter Spannung stehend betrachtet werden.

Bevor mit dem Verfahren zum Wiedereinschalten begonnen wird, muss der ARV dem ALV eine nachvollziehbare Meldung mit der Feststellung zukommen lassen, dass die unter seiner Verantwortung stehenden Arbeiten beendet worden sind.

### 5.3 Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen

#### 5.3.1 Allgemeines

Wenn die Arbeiten erfordern, dass eine Person oder ein von ihr verwendeter Gegenstand in die Annäherungszone gelangt oder wenn das Risiko eines zufälligen Gelangens in die Annäherungszone besteht, darf diese Arbeit nur durchgeführt werden, wenn Schutzmaßnahmen getroffen worden sind, die sicherstellen, dass es unmöglich ist, in die Gefahrenzone zu gelangen.

Falls möglich, müssen Schutzvorrichtungen physikalisch verhindern, dass etwas in die Gefahrenzone gelangen kann. Die Schutzvorrichtung kann z. B. eine elektrische Schutzabdeckung, ein elektrisches Schutzhindernis, eine Einrichtung zur Begrenzung der physikalischen Reichweite usw. sein. Falls Schutzvorrichtungen sich für die Arbeit nicht eignen, dürfen Schutzmaßnahmen getroffen werden, die auf dem Mindest-Arbeitsabstand und/oder einer Beaufsichtigung basieren. Der Mindest-Arbeitsabstand muss größer sein als die Gefahrenzone.

Schutz durch Schutzvorrichtungen (5.3.2) und Schutz durch den Mindest-Arbeitsabstand (5.3.3) können gleichzeitig verwendet werden.

#### 5.3.2 Schutz durch Schutzvorrichtungen

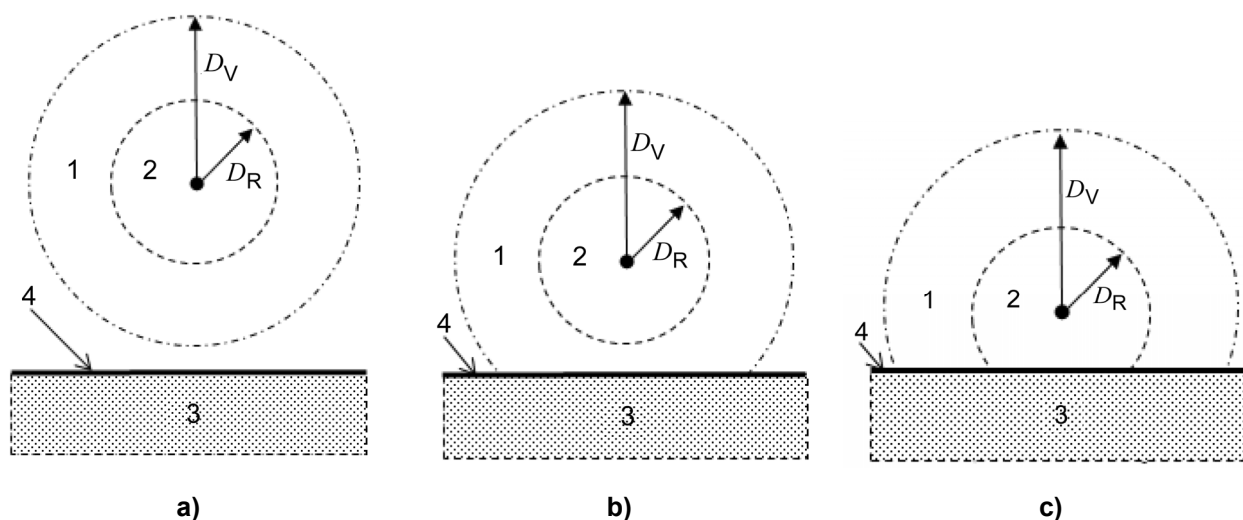
Wenn die Arbeitsstelle bestimmt worden ist, müssen zur Vermeidung elektrischer Gefahren die Einschränkungen der Bewegungen der Arbeiter, der Werkzeuge und der Geräte festgelegt werden. Schutzvorrichtungen müssen sicherstellen, dass diese Einschränkungen unabhängig von der Beurteilung der Arbeiter eingehalten werden.

Wenn eine Schutzvorrichtung verwendet wird, muss diese:

- die Arbeiter und die von ihnen verwendeten Gegenstände daran hindern, während der Arbeiten in die Gefahrenzone oder, wenn relevant, in die Annäherungszone zu gelangen;
- ausreichende mechanische Festigkeit, Stabilität und Haltbarkeit aufweisen, um den festgelegten Schutzgrad aufrechtzuerhalten; dabei müssen alle maßgeblichen Einwirkungen durch die Umgebung, die Arbeit und die Werkzeuge berücksichtigt werden;
- an ihrem Platz sicher befestigt sein, um sicherzustellen, dass unbeabsichtigtes Entfernen unwahrscheinlich ist. Beispielsweise kann das Entfernen der Schutzvorrichtung die Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs erfordern.

Die Schutzvorrichtung kann die Geometrie der Gefahrenzone, der Annäherungszone und der Arbeitszone als eine Funktion ihrer Position und ihrer Ausführung wie folgt ändern:

- wenn eine Schutzvorrichtung außerhalb der Annäherungszone verwendet wird, die die Arbeiter und die von ihnen verwendeten Gegenstände daran hindert, in die Annäherungszone zu gelangen, legt diese die Begrenzung der Arbeitszone fest (Bild 1a));
- wenn eine Schutzvorrichtung innerhalb der Annäherungszone verwendet wird, die die Arbeiter und die von ihnen verwendeten Gegenstände daran hindert, in die Gefahrenzone zu gelangen, legt diese die Begrenzung der Annäherungszone neu fest und sie legt die Begrenzung der Arbeitszone fest (Bild 1b));
- wenn eine Schutzvorrichtung innerhalb der Gefahrenzone verwendet wird, die die Arbeiter und die von ihnen verwendeten Gegenstände schützt, legt diese die Begrenzung der Gefahrenzone und die der Annäherungszone neu fest und sie legt die Begrenzung der Arbeitszone fest (Bild 1c)).



### Legende

- 1 Annäherungszone
- 2 Gefahrenzone
- 3 Arbeitszone
- 4 Schutzvorrichtung

**Bild 1 – Einfluss einer Schutzvorrichtung auf die Gefahrenzone und die Annäherungszone**

Wenn eine Schutzvorrichtung leitfähig ist und die Gefahr besteht, dass an ihr eine gefährliche Spannung anliegen kann, müssen auch Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen unzulässige Berührungsspannungen getroffen werden.

Wenn eine leitfähige Schutzvorrichtung in der Gefahrenzone angebracht und gegen unzulässige Berührungsspannungen geschützt wird, muss die Luftstrecke wenigstens die Basisisolierung aufweisen.

Wenn eine isolierende Schutzvorrichtung in der Gefahrenzone angebracht wird, muss diese eine verstärkte Isolierung aufweisen.

### 5.3.3 Schutz durch den Mindest-Arbeitsabstand

#### 5.3.3.1 Allgemeines

Falls keine Schutzvorrichtung verwendet wird, darf Schutz durch den Mindest-Arbeitsabstand vorgesehen werden.

Der Mindest-Arbeitsabstand für eine Arbeit muss bestimmt und eingehalten werden; dabei müssen die Art der Arbeit, die maßliche Unsicherheit, einschließlich der Fehlbeurteilung von Abständen durch die Arbeiter, sowie unbeabsichtigte und zufällige Bewegungen berücksichtigt werden. Bei dem gewählten Abstand müssen auch die Bewegungen der Oberleitungsanlage, einschließlich der Auswirkungen von Wetter, der Einwirkungen durch die Dachstromabnehmer usw., berücksichtigt werden.

In den meisten praktischen Fällen wird der Mindest-Arbeitsabstand ( $D_A$ ) für diese Arbeit größer sein als der Abstand  $D_L$  wie in Tabelle 1 aufgeführt, weil der ergonomische Abstand ( $D_E$ ) für die Arbeit oft größer als null ist.

Besondere Sorgfalt ist erforderlich, wenn Flüssigkeiten verwendet werden oder mit langen Gegenständen, z. B. großen Werkzeugen, Leitungsenden, Rohren, Leitern usw., hantiert wird.

Wenn es nicht möglich ist, in die Annäherungszone zu gelangen, weil die Übereinstimmung mit dem Mindest-Arbeitsabstand nicht von der Beurteilung des Abstandes von dem Arbeiter abhängt, müssen keine elektrotechnisch unterwiesenen Personen oder Elektrofachkräfte an der Arbeitsstelle anwesend sein.

Der für die Arbeiten festgelegte Mindest-Arbeitsabstand muss immer eingehalten werden. Dies gilt auch bei Arbeiten wie Ausschwenken von Lasten, Materialhandhabung und Betrieb von Hebezeugen, Betrieb und Bewegen von Zugangsplattformen für Arbeiter usw.

**ANMERKUNG** Einige Beispiele für typische Arbeiten, bei denen das Arbeitsverfahren und der Schutz durch einen angemessenen Mindest-Arbeitsabstand verwendet werden, sind:

- Gerüstarbeiten;
- Arbeiten mit Hubeinrichtungen, einschließlich Kräne, Baumaschinen und Förderbänder;
- Transportarbeiten und Materialhandhabung;
- Anstreichen und Renovierung von gleisseitigen Gebäuden und Bauwerken.

Wenn der Schutz durch den Mindest-Arbeitsabstand kleiner ist als der Abstand  $D_V$  oder wenn ein Risiko für ein Eindringen in die Annäherungszone besteht, werden für die Arbeiten Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen benötigt, wie in den Arbeitsverfahren beschrieben. Um die Bewegungen der Arbeiter einzuschränken kann, Beaufsichtigung und/oder eine physikalische Maßnahme entsprechend der Risikobeurteilung erforderlich sein.

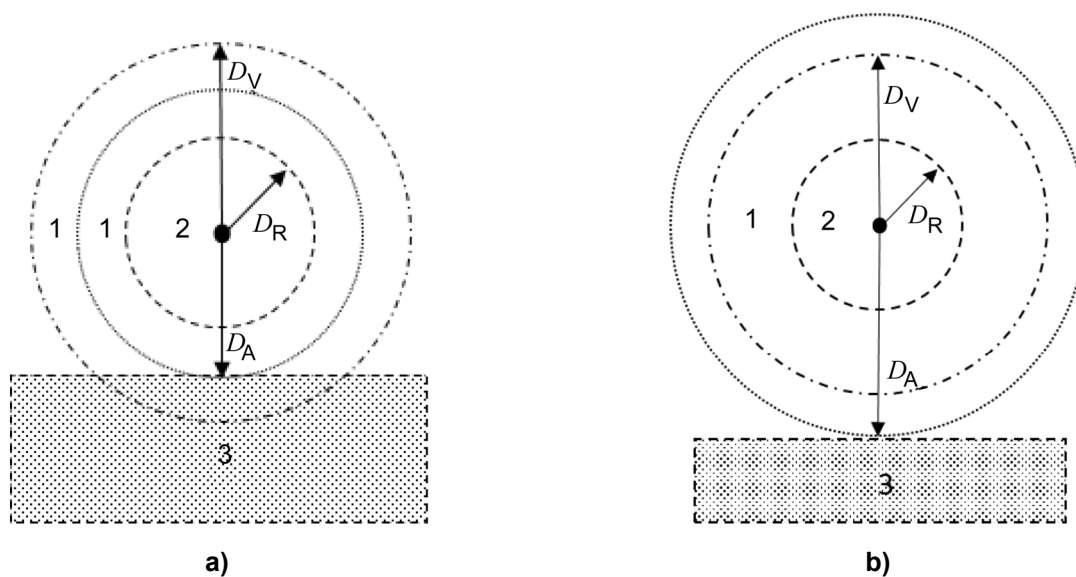
Die Verfahren müssen während des Arbeitens angepasst werden, um die Einhaltung des Mindest-Arbeitsabstandes sicherzustellen.

Vor der Aufnahme der Arbeiten muss der ARV das Personal anweisen, während des Arbeitens die Mindest-Arbeitsabstände  $D_A$  einzuhalten.

Die Begrenzung des Mindest-Arbeitsabstandes muss festgelegt werden, wobei unübliche Umstände oder Bedingungen berücksichtigt werden müssen. Diese Anweisungen müssen in regelmäßigen Abständen oder nach einer Änderung der Arbeitsbedingungen wiederholt werden.

Die Festlegung des Mindest-Arbeitsabstandes für eine Arbeit wird durch den Grad der Unsicherheit (z. B. Abmessungen der Werkzeuge, Bewegungen der Maschinen, zufällige Bewegungen) beeinflusst.

Bild 2a) stellt den Fall dar, dass der Abstand  $D_A$  wegen einer geringen Unsicherheit relativ klein ist; Bild 2b) stellt den Fall dar, dass der Abstand  $D_A$  wegen einer höheren Unsicherheit relativ groß ist.



#### Legende

- 1 Annäherungszone
- 2 Gefahrenzone
- 3 Arbeitszone

$D_R$  Abstand zu der äußeren Begrenzung der Gefahrenzone

$D_A$  Mindest-Arbeitsabstand (für eine Arbeit)

$D_V$  Abstand zu der äußeren Begrenzung der Annäherungszone

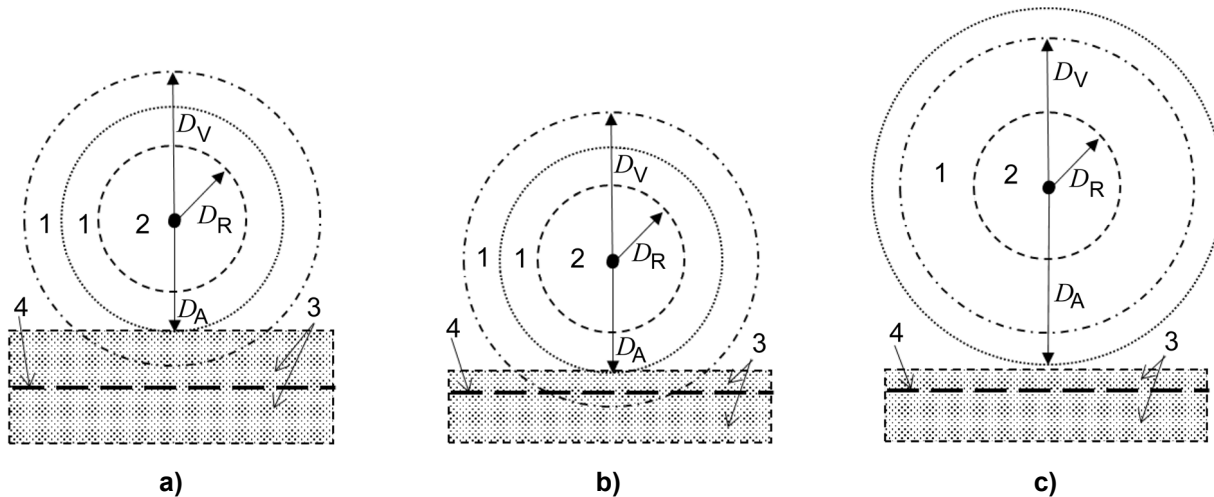
**Bild 2 – Abstände von gefährlichen aktiven Teilen bei der Anwendung des Schutzes durch den Mindest-Arbeitsabstand**

#### 5.3.3.2 Physikalische Maßnahme zur Einschränkung der Bewegungen der Arbeiter

Eine physikalische Maßnahme schränkt lediglich die Bewegungen der Arbeiter ein und kann sie dabei unterstützen, durch Einschränkung der Arbeitszone den Mindest-Arbeitsabstand  $D_A$  während des Arbeitens einzuhalten.

Diese Art von physikalischen Maßnahmen, die inner- oder außerhalb der Annäherungszone angeordnet werden, legt nicht die Begrenzung der Arbeitszone neu fest (siehe Bild 3).

Weitere Beispiele für die Verwendung physikalischer Maßnahmen zur Einschränkung der Bewegungen der Arbeiter, um den Mindest-Arbeitsstand einzuhalten, werden in Anhang B veranschaulicht.



### Legende

- 1 Annäherungszone
- 2 Gefahrenzone
- 3 Arbeitszone
- 4 physikalische Maßnahme zur Einschränkung der Bewegungen der Arbeiter

$D_R$  Abstand zu der äußeren Begrenzung der Gefahrenzone

$D_A$  Mindest-Arbeitsabstand (für eine Arbeit)

$D_V$  Abstand zu der äußeren Begrenzung der Annäherungszone

**Bild 3 – Abstände von gefährlichen aktiven Teilen bei der Anwendung physikalischer Maßnahmen zur Einschränkung der Bewegungen der Arbeiter**

### 5.3.4 Annäherung von gefährlichen aktiven Teilen durch Maschinen

Die Bewegungen von Maschinen müssen eingeschränkt werden, um sicherzustellen, dass die Maschinen nicht in die Gefahrenzone gelangen können.

Durch die Einschränkung der Bewegungen von Maschinen (z. B. Hubarbeitsbühne, Kran, Bagger, schienengebundenen Maschinen) sind elektrische Gefahren zu vermeiden. Schutzvorrichtungen (z. B. Einrichtungen zur Begrenzung der Reichweite) müssen sicherstellen, dass diese Einschränkungen unabhängig von der Beurteilung der Arbeiter eingehalten werden.

Alternativ ist der von der Beurteilung der Arbeiter abhängige Mindest-Arbeitsabstand entsprechend der Risikobeurteilung für die Arbeit zulässig.

Wenn eine Maschine in die Annäherungszone eindringen kann, muss diese:

- mit der Rückleitung verbunden sein;
- den Fehlerstrom wegen eines Kurzschlusses leiten und ihm widerstehen können, falls ein direkter Kontakt oder ein Überslag auftritt;
- mit den in EN 50122-1:2011, Abschnitt 9, angegebenen zulässigen Grenzwerten für Berührungsspannungen übereinstimmen, falls ein Fehler durch einen Kurzschluss auftritt.

### 5.4 Arbeiten unter Spannung

Wenn das Arbeiten unter Spannung erlaubt ist, wird es entsprechend den nationalen Vorschriften und Verfahren durchgeführt.

Arbeiten wie Erfassung der Spannung sowie die Anwendung tragbarer Erdungs- und Kurzschließgeräte zwecks des Arbeitens im spannungsfreien Zustand sind üblicherweise erlaubt.

## 5.5 Elektromagnetische Beeinflussung

Leiter oder leitfähige Teile in der Nähe von anderen aktiven Leitern können elektrisch durch induktive, kapazitive und galvanische Kopplung beeinflusst werden. Zusätzlich zu den in 5.2 und 5.3 aufgeführten Anforderungen und falls erforderlich, um Gefahren während der Arbeiten zu vermeiden, müssen u. a. die folgenden spezifischen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden:

- Erden in angemessenen Abständen, um das Potenzial zwischen den Leitern und der Erde auf ein Niveau zu reduzieren, das keine elektrische Gefährdung erzeugt;
- Potenzialausgleich an der Arbeitsstelle, um auszuschließen, dass Arbeiter sich selbst in eine Induktionsschleife setzen können.

In diesem Unterabschnitt bedeutet Erden entweder Erden oder Kurzschließen oder beides nach 3.1.4.3 und 3.1.4.6.

## 5.6 Umgebungsbedingungen

Bei ungünstigen Umgebungsbedingungen, die das Ergebnis der Risikobeurteilung beeinflussen können, (z. B. Blitz, starkem Regen, Nebel, heftigem Wind, Rauch usw.) müssen Einschränkungen hinsichtlich der Aufnahme und/oder der Fortführung von Arbeiten umgesetzt werden.

Wenn Blitz oder Donner wahrgenommen wird oder ein Gewitter aufzieht, müssen Arbeiten an Freileitungen von elektrischen Anlagen oder an Betriebsmitteln, die direkt mit Freileitungen verbunden sind, sofort eingestellt werden, um Gefahren zu vermeiden.

Wenn die Arbeit eingestellt wird, müssen die Beteiligten entsprechend den für die Arbeiten anzuwendenden Verfahren benachrichtigt werden.

Der ALV muss entscheiden, wann die Arbeit wieder aufgenommen werden kann, und sicherstellen, dass alle Schutzmaßnahmen weiterhin wirksam sind.

## 6 Arbeitsverfahren für Arbeiten an oder in der Nähe einer Rückleitung

### 6.1 Allgemeines

Eine elektrische Gefährdung an Teilen einer Rückleitung kann aus mehreren Gründen entstehen, einschließlich des Verlustes der Integrität; manchmal auch während des normalen Betriebs.

Hinsichtlich der Arbeitsverfahren für Arbeiten an oder in der Nähe einer Rückleitung unterscheiden sich diese, je nachdem ob es sich um:

- Arbeiten an oder in der Nähe von Teilen einer Rückleitung ohne Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes (siehe 6.2);
- Arbeiten an oder in der Nähe von Teilen einer Rückleitung mit Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes (siehe 6.3).

### 6.2 Arbeiten an oder in der Nähe von Teilen einer Rückleitung ohne Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes

Dieses Verfahren basiert auf einer Rückleitung (oder Teilen hiervon), die die in EN 50122-1:2011, Abschnitt 9, aufgeführten zulässigen Grenzwerte für Berührungsspannungen erfüllt.

Diese Teile sind üblicherweise am Boden angeordnet und schließen die Fahrschienen des Gleises als Teil der Rückleitung des Fahrstroms ein.

Dieses Verfahren wird bei Arbeiten an oder in der Nähe einer Rückleitung verwendet, wenn deren Integrität durch die Arbeit beeinträchtigt werden kann (z. B. Schneiden von Fahrschienen, Ausbau eines Potenzialausgleichsleiters, Ausbau von Gleisdrosseln usw.).

Wenn es in der Risikobeurteilung festgelegt ist, muss die Integrität der Rückleitung vor der Aufnahme der Arbeiten sowie während der Arbeiten an oder in der Nähe der Rückleitung durch eine Sichtprüfung an der Arbeitsstelle überprüft werden. Falls die Integrität der Rückleitung beeinträchtigt ist, muss das in 6.3 beschriebene Verfahren angewandt werden.

Das Unterbrechen der Rückleitung kann zur Lichtbogenbildung sowie zu unzulässigen Berührungsspannungen für die Arbeiter führen.

Bei einer geplanten Unterbrechung der Rückleitung können je nach den betrieblichen Anforderungen und der Risikobeurteilung der Arbeit die folgenden Schutzmaßnahmen gleichzeitig angewandt werden:

- Verwendung persönlicher Schutzausrüstung (PSA);
- Einbau von Potenzialausgleichsleitern, um unzulässige Berührungsspannungen zu verhindern;
- Überbrückung vor der Unterbrechung der Rückleitung.

Falls während der Arbeiten eine ungeplante Unterbrechung der Rückleitung eintritt, kann eine neue Gefährdung entstehen. Die Überbrückung der Unterbrechung in der Rückleitung durch einen menschlichen Körper und/oder Werkzeuge oder Maschinen kann einen Stromfluss durch diese bewirken.

Die Überbrückung einer Unterbrechung in der Rückleitung muss durch entsprechendes Werkzeug erfolgen, das in der Risikobeurteilung und durch das Arbeitsverfahren für diese Arbeit festgelegt wurde.

### **6.3 Arbeiten an oder in der Nähe von Teilen einer Rückleitung mit Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes**

#### **6.3.1 Allgemeines**

Dieses Verfahren wird bei Arbeiten an oder in der Nähe der Teile einer Rückleitung verwendet, die eine Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes darstellen. Beispielsweise kann die während des Betriebs vorhandene Spannung größer sein als die in EN 50122-1:2011, Abschnitt 9, aufgeführten zulässigen Grenzwerte für die Berührungsspannung. Diese Teile sind normalerweise außer Reichweite angeordnet.

**ANMERKUNG** Ein Beispiel für das oben genannte Teil ist ein Rückleiter, der mit einem Booster-Transformator einer elektrischen Anlage verbunden ist.

Der ARV muss die Arbeiten planen, bevor irgendeine Arbeit aufgenommen wird; dabei muss er die Regelungen für das Herstellen einer elektrisch sicheren Arbeitsumgebung beachten.

Abgeleitet von den in Abschnitt 5 beschriebenen Arbeitsverfahren, werden die Arbeitsverfahren in zwei unterschiedliche Verfahren für Arbeiten an oder in der Nähe einer Rückleitung eingeteilt:

- Arbeiten an oder in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen, die für die Arbeiten spannungsfrei geschaltet sind (siehe 6.3.2);
- Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen (siehe 6.3.3).

Diese zwei Verfahren basieren auf der Verwendung von Schutzmaßnahmen gegen elektrische Gefahren.

#### **6.3.2 Arbeiten an oder in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen, die für die Arbeiten spannungsfrei geschaltet sind**

Falls unzulässige Berührungsspannungen vorhanden sind, müssen die Arbeiten an oder in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen der Rückleitung, die für die Arbeiten spannungsfrei geschaltet sind, nach 5.2 durchgeführt werden.



Wenn es nicht durchführbar ist, die unzulässige Berührungsspannung durch Schalten wie in 5.2.1 beschrieben zu beseitigen, ist es erlaubt, in 5.2.1, 5.2.2 und 5.2.3 aufgeführte Anforderungen auszulassen, wenn in der Risikobeurteilung bestätigt wird, dass es annehmbar ist, diese auszulassen.

**ANMERKUNG** Wegen der Ausführung einiger elektrischen Anlagen können die fünf Sicherheitsregeln für das gesamte Verfahren bei Arbeiten im spannungsfreien Zustand (wie in 5.2) an einigen Teilen der Rückleitung nicht durchgeführt werden (z. B. kann ein Rückleiter in einem Booster-Transformator einer elektrischen Anlage nicht abgetrennt und gegen Wiederanschießen gesichert werden).

### 6.3.3 Arbeiten in der Nähe von gefährlichen aktiven Teilen

Dieses Verfahren wird bei Arbeiten an den Teilen der Rückleitung verwendet, die eine Gefährdung durch einen elektrischen Schlag während des normalen Betriebszustandes darstellen, wenn entweder die Arbeit es erfordert, dass eine Person oder ein von ihr verwendeter Gegenstand in die Annäherungszone gelangt, oder wenn das Risiko besteht, dass eine Person oder ein von ihr verwendeter Gegenstand zufällig in die Annäherungszone gelangen kann.

Diese Arbeit darf nur ausgeführt werden, wenn Schutzmaßnahmen nach 5.3 getroffen worden sind, die sicherstellen, dass es nicht möglich ist, in die Gefahrenzone zu gelangen.

Falls Schutz durch den Mindest-Arbeitsabstand verwendet wird, müssen die anzuwendenden Abstände nach 5.3.3 festgelegt werden.

## 7 Empfohlene Abstände in der Luft bei Arbeiten

Dieser Abschnitt enthält Empfehlungen zur Bemaßung in Bezug auf gefährliche aktive Teile. In Anhang A werden die Abstände und die Berechnungsverfahren veranschaulicht.

In Tabelle 1 sind die Werte der im (informativen) Anhang A festgelegten Abstände  $D_L$  und  $D_V$  aufgeführt.

$D_L$  ist der niedrigste Wert des Mindest-Arbeitsabstandes ( $D_A$ ), wenn der ergonomische Abstand für die Arbeit ( $D_E$ ) gleich null ist (siehe Bild A.1).

**Tabelle 1 – Empfohlene Mindestabstände für  $D_L$  und  $D_V$  (wenn  $D_E$  gleich null ist)**

$U_n$ kV	$D_L$ mm	$D_V$ mm
1,5 DC	250	1 250
3 DC	250	1 250
15 oder 2 x 15 AC	400	1 400
25 oder 2 x 25 AC	500	1 500

## Anhang A (informativ)

### Verfahren zur Berechnung von Abständen in der Luft bei Arbeiten

#### A.1 Berechnung der äußeren Begrenzung der Gefahrenzone $D_R$

Der Abstand, der die Begrenzungszone  $D_R$  begrenzt, wird wie folgt berechnet:

**Schritt 1:** Berechnung der Schaltüberspannung  $U_{90re}$  mittels der folgenden Formeln:

Bei elektrischen Gleichspannungsanlagen:

$$U_{90re} \equiv U_{max2} \times 2,7 \times 1,1 \quad (1)$$

Bei elektrischen Wechselspannungsanlagen:

$$U_{90re} \equiv U_{max2} \times \sqrt{2} \times 2,7 \times 1,1 \quad (2)$$

Dabei ist

$U_{max2}$  die höchste Spannung, die 5 min an der elektrischen Anlage anliegt, ausgedrückt in Kilovolt (kV) (siehe EN 50163:2004, Tabelle 1);

$U_{90re}$  der geforderte Isolationspegel, der gleich der geforderten statistischen Stehspannung für die Vorzugs-Schaltstoßspannung 250/2 500  $\mu$ s ist, ausgedrückt in Kilovolt (kV).

ANMERKUNG 1 Der Faktor 2,7 in der Formel entspricht dem Wert des Schaltüberspannungsfaktors in EN 50110-1:1996, Tabelle A.2, Anmerkung 1.

ANMERKUNG 2 Der Faktor 1,1 ist ein statistischer Sicherheitsfaktor (siehe EN 61472:2013, 4.2).

**Schritt 2:** Berechnung der geforderten Schaltstoßspannung bei Anwendung der verstärkten Isolierung  $U_{90reri}$  durch Erhöhung von  $U_{90re}$  um 60 % (aus EN 50124-1:2017, 5.2.3):

$$U_{90reri} \equiv U_{90re} \times 1,6 \quad (3)$$

**Schritt 3:** Auswählen des niedrigsten Wertes von  $U_{Ni}$  in EN 50124-1:2017, Tabelle A.3, der die folgende Anforderung erfüllt:

$$U_{Ni} \geq U_{90reri} \quad (4)$$

**Schritt 4:** Auswählen des Mindestwertes der Luftstrecke in EN 50124-1:2017, Tabelle A.3, entsprechend dem Spannungspegel und dem höchsten Verschmutzungsgrad (PD4B).

**Schritt 5:** Übernahme des Ergebnisses des Schrittes 4 als  $D_R$ .

Für die gesamte elektrische Anlage sind die Ergebnisse der Berechnungsschritte in Tabelle A.1 zusammengefasst.

## A.2 Festlegung der Arbeitsabstände $D_L$ und $D_A$

Der niedrigste Wert des Mindest-Arbeitsabstandes  $D_L$  stellt einen Erfahrungswert dar. Er ist größer als die äußere Begrenzung der Gefahrenzone und besteht aus dem elektrischen Schutzabstand  $D_R$  und einem Spielraum  $M$ , der auf Erfahrung und üblicher Praxis basiert.

Der während des Arbeitens einzuhaltende Mindest-Arbeitsabstand  $D_A$  wird durch das Addieren eines ergonomischen Abstandes  $D_E$  zu dem niedrigsten Wert des Mindest-Arbeitsabstandes  $D_L$ , der ein Ergebnis der Risikobeurteilung für die Arbeit ist, bestimmt.

Der ergonomische Abstand berücksichtigt Folgendes:

- die Art der Arbeit;
- die maßliche Unsicherheit, einschließlich der Fehlbeurteilung von Abständen durch die Arbeiter;
- unbeabsichtigte und zufällige Bewegungen in Richtung gefährlicher aktiver Teile, einschließlich verwendeter Werkzeuge und Maschinen (z. B. von oben, von unten oder seitlich);
- Bewegungen der Oberleitungsanlage, einschließlich der Auswirkungen von Wetter und der Einwirkungen durch die Dachstromabnehmer;
- Einfluss von Beleuchtung und Sichtverhältnissen (Tag/Nacht, Beleuchtungsrichtung, eingeschränkte Sichtverhältnisse wegen Regen, Nebel, Schneefall usw.).

Wenn der ergonomische Abstand bei Arbeiten gleich null ist, dann ist  $D_A$  gleich  $D_L$  (siehe Abschnitt 7).

## A.3 Festlegung von $D_V$

Der die Annäherungszone begrenzende Abstand  $D_V$  wird durch das Addieren eines Abstandes von 1 000 mm bestimmt, was ungefähr 150 mm länger als eine Armlänge ist.

Dieser Wert ist für jede elektrische Anlage ein fester Wert und von der Arbeit unabhängig.

In den Tabellen 1 und A.1 sind die Werte für die gesamte elektrische Anlage aufgeführt.

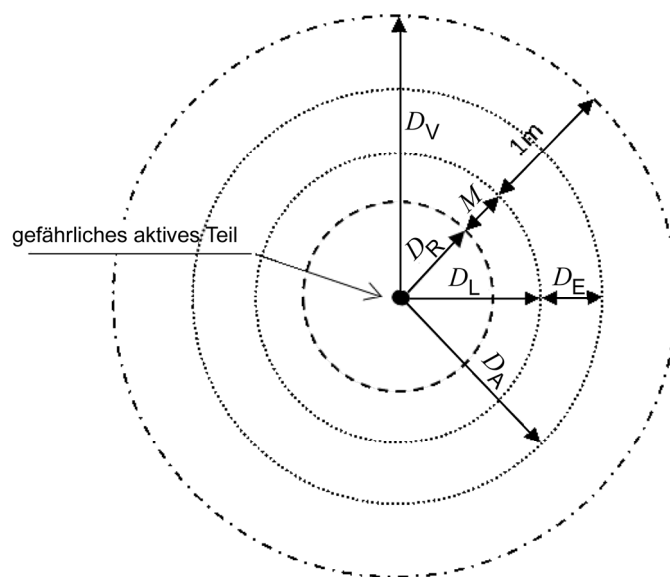
## A.4 Überblick über die Abstände

In Tabelle A.1 sind die Werte der Abstände in Luft für die Arbeitsverfahren zusammengefasst.

Bild A.1 veranschaulicht die in diesem Anhang aufgeführten Maße.

**Tabelle A.1 – Überblick über die Berechnung der Abstände  $D_L$  und  $D_V$**

Referenz- Unterabschnitt	A.1 Schritt 1	A.1 Schritt 1	A.1 Schritt 2	A.1 Schritt 3	A.1 Schritte 4–5	A.2	A.3
$U_n$ kV	$U_{\max 2}$ kV	$U_{90re}$ kV	$U_{90rer1}$ kV	$U_{NI}$ kV	$D_R$ nach PD4B mm	$D_L$ mm	$D_V$ mm
1,5 DC	1,95	5,792	9,267	10	26	250	1 250
3 DC	3,9	11,583	18,533	20	48	250	1 250
15 oder 2 × 15 AC	18	75,604	120,966	125	235	400	1 400
25 oder 2 × 25 AC	29	121,806	194,890	200	370	500	1 500



### Legende

- $D_R$  Abstand zu der äußeren Begrenzung der Gefahrenzone
- $M$  Spielraum
- $D_A$  Mindest-Arbeitsabstand (für eine Arbeit)
- $D_E$  ergonomischer Abstand (für eine Arbeit)
- $D_L$  niedrigster Wert von  $D_A$  (wenn  $D_E = 0$ )
- $D_V$  Abstand zu der äußeren Begrenzung der Annäherungszone

**Bild A.1 – Veranschaulichung von Abständen**

## Anhang B (informativ)

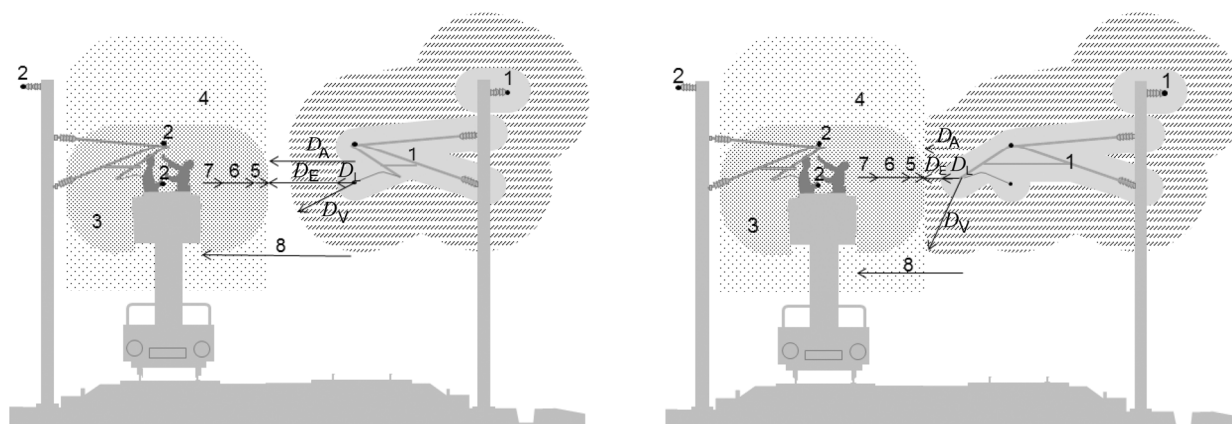
### Beispiele für physikalische Maßnahmen zur Einschränkung der Bewegungen der Arbeiter

#### B.1 Allgemeines

Um die Bewegungen der Arbeiter in Richtung gefährlicher aktiver Teile einzuschränken, kann – wie in 5.3.3.2 beschrieben – eine physikalische Maßnahme getroffen werden. Diese physikalische Maßnahme muss die Bewegungen der Arbeiter in Richtung gefährlicher aktiver Teile der Oberleitungen einschränken, auch bei unbeabsichtigten und zufälligen Bewegungen der Arbeiter. Es muss verhindert werden, dass diese in die Gefahrenzone ( $D_R$ ) gelangen können, auch wenn sie absichtlich in der Annäherungszone ( $D_V$ ) arbeiten.

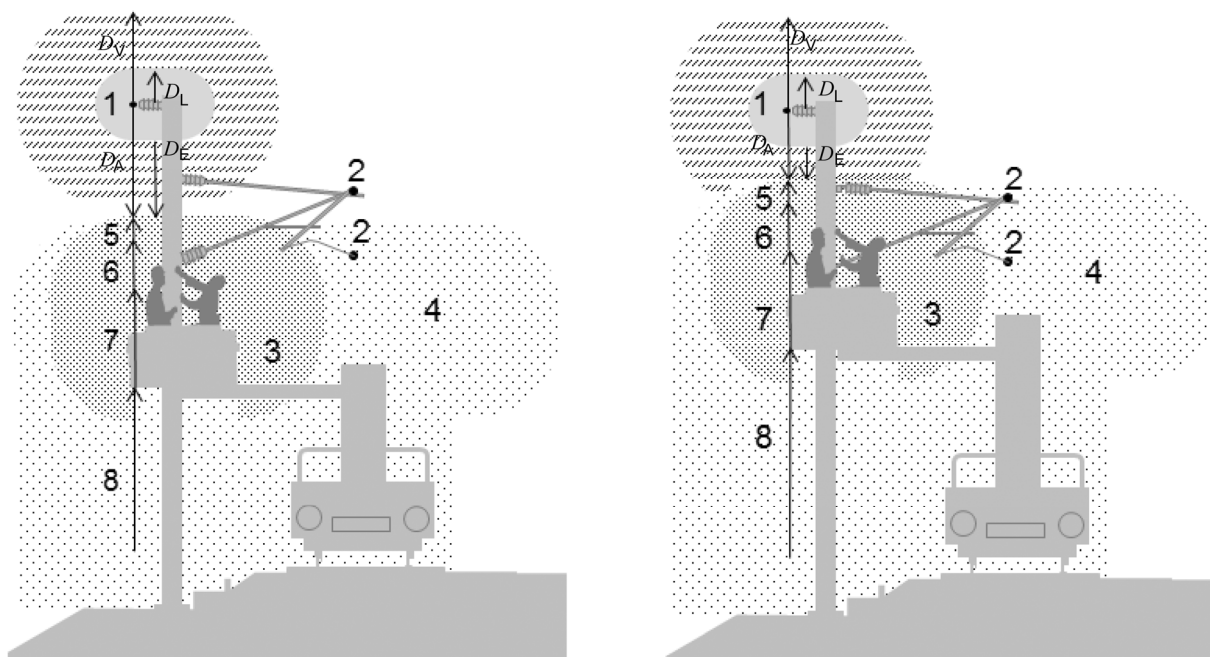
Bei Arbeiten an einer spannungsfreien Oberleitung neben einer unter Spannung stehenden Oberleitung ist das typische Beispiel für die physikalische Maßnahme ein Geländer um die Plattform auf dem Dach des Instandhaltungswagens (siehe Bild B.1). Durch das Geländer wird ein horizontaler Mindestabstand zwischen der Standfläche und dem gefährlichen aktiven Teil eingehalten. Empfohlene Werte werden als die Summe aus dem Hinauslehnen der Arbeiter, der Armlänge, den Abmessungen der Werkzeuge und dem Mindest-Arbeitsabstand für eine Arbeit ( $D_A$ ) berechnet. Reduzierte Werte, die sich aus der Summe der Armlänge und dem Abstand  $D_A$  ergeben, können gebilligt werden, falls das Ergebnis der Risikobeurteilung für die Arbeit bestätigt, dass das Restrisiko annehmbar ist.

Falls es gefährliche aktive Teile über der Standfläche der Arbeitsstelle gibt, ist das typische Beispiel für die physikalische Maßnahme die Einschränkung der Höhe der Standfläche zusammen mit der Weisung, die Standfläche nicht zu verlassen. Ein vertikaler Mindestabstand zwischen der Standfläche und den gefährlichen aktiven Teilen ergibt sich durch die Summe aus dem Abstand  $D_A$  und einem vertikalen Abstand, der die Arbeitszone beschränkt (siehe Bild B.2). Empfohlene Werte werden als die Summe aus der Schulterhöhe der Arbeiter, der Armlänge, den Abmessungen der Werkzeuge und dem Abstand  $D_A$  berechnet. Reduzierte Werte, die sich aus der Summe der Armlänge und dem Abstand  $D_A$  ergeben, können gebilligt werden, falls das Ergebnis der Risikobeurteilung für die Arbeit bestätigt, dass das Restrisiko annehmbar ist.

a) Arbeitsszenario wenn  $D_A > D_V$ b) Arbeitsszenario wenn  $D_V > D_A > D_L$ 

## Legende

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1 gefährliches aktives Teil | 5 Abmessung des Werkzeugs   |
| 2 spannungsfreier Leiter    | 6 Armlänge  |
| 3 Arbeitszone               | 7 Spielraum für das Hinauslehnen  |
| 4 zugelassene Arbeitszone   | 8 horizontaler Abstand zwischen der Standfläche und dem gefährlichen aktiven Teil |

Bild B.1 – Arbeitsabstand ( $D_A$ ) und Arbeitszone (horizontale Abstände)a) Arbeitsszenario wenn  $D_A > D_V$ b) Arbeitsszenario wenn  $D_V > D_A > D_L$ 

## Legende

- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1 gefährliches aktives Teil | 5 Abmessung des Werkzeugs |
| 2 spannungsfreier Leiter    | 6 Armlänge                |
| 3 Arbeitszone               | 7 Schulterhöhe            |
| 4 zugelassene Arbeitszone   | 8 Höhe der Standfläche    |

Bild B.2 – Arbeitsabstand ( $D_A$ ) und Arbeitszone (vertikale Abstände)

## B.2 Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und dem gefährlichen aktiven Teil, wenn die Arbeitszone in $D_V$ hineinreicht

In Tabelle B.1 sind die empfohlenen Werte für den vertikalen und den horizontalen Abstand zwischen den oben genannten physikalischen, in B.1 festgelegten Maßnahmen und den gefährlichen aktiven Teilen aufgeführt.

In diesem Beispiel beziehen sich die in Tabelle B.1 aufgeführten Werte auf Arbeiten an der Oberleitung, bei denen der ergonomische Abstand null ist; dabei gilt:  $D_A = D_L$ .

**Tabelle B.1 – Empfohlene Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen bei Verwendung von kleineren Werkzeugen**

Spannung der Anlage (kV)	Mindest-Arbeitsabstand $D_A = D_L$ (m)	horizontaler Mindestabstand (m)	vertikaler Mindestabstand (m)
1,5 DC	0,25	1,80	3,05
3 DC	0,25	1,80	3,05
15 oder 2 × 15 AC	0,40	1,95	3,20
25 oder 2 × 25 AC	0,50	2,05	3,30

Die Werte der horizontalen Abstände basieren auf dem Spielraum für das Hinauslehnen (0,4 m), der Armlänge (0,85 m) und der Abmessung eines kleineren Werkzeugs (0,30 m).

Die Werte der vertikalen Abstände basieren auf der Schulterhöhe einer Person (1,65 m), der Armlänge (0,85 m) und der Abmessung eines kleineren Werkzeugs (0,30 m).

Unterschiedliche Werte können gebilligt werden; dabei werden die Arbeit und die Verfahren (z. B. Abmessungen der Werkzeuge, Beaufsichtigung, zusätzliche Schutzmaßnahmen) berücksichtigt.

In diesem Beispiel werden in Tabelle B.2 reduzierte Werte für den vertikalen und den horizontalen Abstand bei Arbeiten an der Oberleitung aufgeführt, bei denen der ergonomische Abstand null ist; dabei gilt:  $D_A = D_L$ .

**Tabelle B.2 – Reduzierte Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen**

Spannung der Anlage (kV)	Mindest-Arbeitsabstand $D_A = D_L$ (m)	horizontaler Mindestabstand (m)	vertikaler Mindestabstand (m)
1,5 DC	0,25	1,10	2,25
3 DC	0,25	1,10	2,25
15 oder 2 × 15 AC	0,40	1,25	2,40
25 oder 2 × 25 AC	0,50	1,35	2,50

Die Werte der horizontalen Abstände basieren auf einem Arbeitsverfahren, bei dem sowohl das Hinauslehnen von der Standfläche aus als auch die Verwendung von Werkzeug über das Geländer hinaus in Richtung der gefährlichen aktiven Teile ausgeschlossen sind. Sie werden als die Summe aus dem Abstand  $D_A$  und der Armlänge (0,85 m) berechnet.

In Tabelle B.2 sind reduzierte, vertikale Abstände für den Fall, dass das Arbeitsverfahren die Höhe der Arbeitszone (von 2,00 m) über die Standfläche begrenzt, aufgeführt.

### B.3 Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und dem gefährlichen aktiven Teil, wenn die Arbeitszone nicht in $D_V$ hineinreicht

In Tabelle B.3 sind die empfohlenen Werte für den vertikalen und den horizontalen Abstand zwischen den oben genannten physikalischen, in B.2 festgelegten Maßnahmen und den gefährlichen aktiven Teilen aufgeführt.

Die beispielhaften Werte beziehen sich auf Arbeiten an der Oberleitung, bei denen gilt:  $D_A \geq D_V$ .

**Tabelle B.3 – Empfohlene Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen bei Verwendung von kleineren Werkzeugen**

Spannung der Anlage (kV)	Mindest-Arbeitsabstand $D_A = D_V$ (m)	horizontaler Mindestabstand (m)	vertikaler Mindestabstand (m)
1,5 DC	1,25	2,80	4,05
3 DC	1,25	2,80	4,05
15 oder $2 \times 15$ AC	1,40	2,95	4,20
25 oder $2 \times 25$ AC	1,50	3,05	4,30

Die Werte der horizontalen Abstände basieren auf dem Spielraum für das Hinauslehnen (0,4 m), der Armlänge (0,85 m) und der Abmessung eines kleineren Werkzeugs (0,30 m).

Die Werte der vertikalen Abstände basieren auf der Schulterhöhe einer Person (1,65 m), der Armlänge (0,85 m) und der Abmessung eines kleineren Werkzeugs (0,30 m).

Unterschiedliche Werte können gebilligt werden; dabei werden die Arbeit und die Verfahren (z. B. Abmessungen der Werkzeuge, Beaufsichtigung, zusätzliche Schutzmaßnahmen) berücksichtigt.

In Tabelle B.4 sind reduzierte Werte für den vertikalen und den horizontalen Abstand bei Arbeiten an der Oberleitung aufgeführt; dabei gilt:  $D_A = D_V$ .

**Tabelle B.4 – Reduzierte Abstände zwischen der physikalischen Maßnahme und den gefährlichen aktiven Teilen**

Spannung der Anlage (kV)	Mindest-Arbeitsabstand $D_A = D_V$ (m)	horizontaler Mindestabstand (m)	vertikaler Mindestabstand (m)
1,5 DC	1,25	2,10	3,25
3 DC	1,25	2,10	3,25
15 oder $2 \times 15$ AC	1,40	2,25	3,40
25 oder $2 \times 25$ AC	1,50	2,35	3,50

Die Werte der horizontalen Abstände basieren auf einem Arbeitsverfahren, bei dem sowohl das Hinauslehnen von der Standfläche aus als auch die Verwendung von Werkzeug über das Gelände hinaus in Richtung der gefährlichen aktiven Teile ausgeschlossen sind. Sie werden als die Summe aus dem Abstand  $D_A$  und der Armlänge (0,85 m) berechnet.

In Tabelle B.4 sind reduzierte, vertikale Abstände für den Fall, dass das Arbeitsverfahren die Höhe der Arbeitszone (von 2,00 m) über die Standfläche begrenzt, aufgeführt.



## Anhang C (informativ)

### Veranschaulichung des Prozesses zum Auswählen von Schutzmaßnahmen

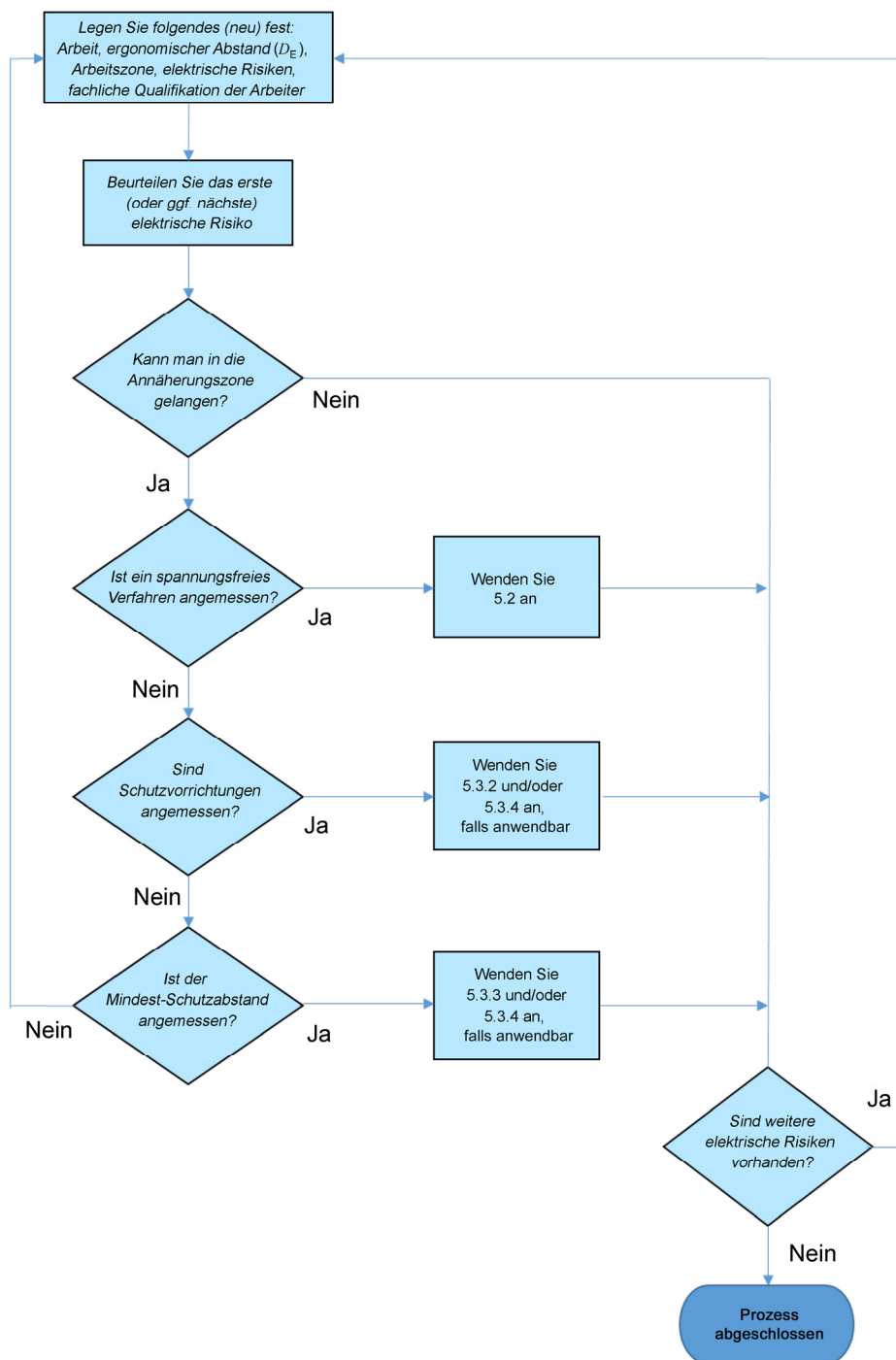


Bild C.1 – Veranschaulichung des Prozesses zum Auswählen von Schutzmaßnahmen

## Literaturhinweise

- [1] ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*
- [2] IEC Guide 116:2010, *Guidelines for safety related risk assessment and risk reduction for low voltage equipment*
- [3] HD 637 S1, *Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV*
- [4] EN ISO 12100-1, *Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (ISO 12100-1)*
- [5] EN 13306, *Instandhaltung - Begriffe der Instandhaltung*
- [6] EN 50110-1:2013, *Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- [7] EN 50110-2, *Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 2: Nationale Anhänge*
- [8] EN 50119, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb*
- [9] EN 50124-1:2017, *Bahnanwendungen – Isolationskoordination – Teil 1: Grundlegende Anforderungen – Luft- und Kriechstrecken für alle elektrischen und elektronischen Betriebsmittel*
- [10] EN 50163:2004, *Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen (IEC 60850:2000, nicht entsprechend)*
- [11] EN 50191, *Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen*
- [12] EN 50345, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrischer Zugbetrieb – Baugruppen aus isolierenden Kunststoffseilen im Fahrleitungsbau*
- [13] IEC 60050-151:2001, *Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*
- [14] IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*
- [15] IEC 60050-601, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*
- [16] IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*
- [17] IEC 60050-651:1999, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 651: Live working*
- [18] IEC 60050-811, *International electrotechnical vocabulary – Part 811: Electric traction*
- [19] IEC 60050-826:2004, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations*
- [20] EN 60071-1, *Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 60071-1)*
- [21] EN 60071-2, *Isolationskoordination – Teil 2: Anwendungsrichtlinie (IEC 60071-2)*
- [22] EN 60529, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529)*
- [23] EN 60743, *Arbeiten unter Spannung – Terminologie für Werkzeuge, Geräte und Ausrüstungen (IEC 60743)*

- [24] EN 60832 (alle Teile), *Arbeiten unter Spannung – Isolierende Stangen und auswechselbare Arbeitsköpfe (IEC 60832, alle Teile)*
- [25] EN 60855, *Arbeiten unter Spannung – Isolierende schaumgefüllte Rohre und massive Stäbe (IEC 60855)*
- [26] EN 60895, *Arbeiten unter Spannung – Leitfähige Kleidung für die Verwendung bei Nenn-Wechselspannungen bis 800 kV und Gleichspannungen bis 600 kV (IEC 60895)*
- [27] EN 60900, *Arbeiten unter Spannung – Handwerkzeuge zum Gebrauch bis AC 1 000 V und DC 1 500 V (IEC 60900)*
- [28] EN 60903, *Arbeiten unter Spannung – Handschuhe aus isolierendem Material (IEC 60903)*
- [29] EN 60984, *Isolierende Ärmel zum Arbeiten unter Spannung (IEC 60984)*
- [30] EN 61057, *Hubarbeitsbühnen mit isolierender Hubeinrichtung zum Arbeiten unter Spannung über AC 1 kV (IEC 61057)*
- [31] CLC/TS 61111<sup>N5</sup>, *Matten aus isolierendem Material für elektrische Anwendungen (IEC 61111)*
- [32] CLC/TS 61112:2006<sup>N6</sup>, *Abdecktücher aus isolierendem Material zum Arbeiten unter Spannung (IEC 61112)*
- [33] EN 61140:2016, *Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel (IEC 61140:2016)*
- [34] EN 61219, *Arbeiten unter Spannung – Erdungs- oder Erdungs- und Kurzschließvorrichtung mit Stäben als kurzschließendes Gerät – Staberdung (IEC 61219)*
- [35] EN 61229, *Starre Schutzabdeckungen zum Arbeiten unter Spannung in Wechselspannungsanlagen (IEC 61229)*
- [36] EN 61230, *Arbeiten unter Spannung – Ortsveränderliche Geräte zum Erden oder Erden und Kurzschließen (IEC 61230)*
- [37] EN 61235, *Arbeiten unter Spannung – Isolierende hohle Rohre für elektrotechnische Zwecke (IEC 61235)*
- [38] EN 61236, *Arbeiten unter Spannung – Mastsättel, Stangenschellen und Zubehör (IEC 61236)*
- [39] EN 61243-1, *Arbeiten unter Spannung – Spannungsprüfer – Teil 1: Kapazitive Ausführung für Wechselspannungen über 1 kV (IEC 61243-1)*
- [40] IEC 61865, *Overhead lines–Calculation of the electrical component of distance between live parts and obstacles – Method of calculation*

<sup>N5</sup> Nationale Fußnote: Ersetzt durch EN 61111:2009-06, *Arbeiten unter Spannung – Elektrisch isolierende Matten*

<sup>N6</sup> Nationale Fußnote: Ersetzt durch EN 61112:2009-06, *Arbeiten unter Spannung – Elektrisch isolierende Abdecktücher*