

**DIN EN 50122-2**  
**(VDE 0115-4)**
**DIN**

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

**VDE**

ICS 29.120.50; 29.280

Einsprüche bis 2021-06-23

Vorgesehen als Ersatz für  
**DIN EN 50122-2**  
**(VDE 0115-4):2011-09**

**Entwurf**

**Bahnanwendungen –**  
**Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung –**  
**Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch**  
**Gleichstrombahnen;**  
**Deutsche und Englische Fassung prEN 50122-2:2020**

Railway applications –

Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit –

Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by DC traction systems;

German and English version prEN 50122-2:2020

Applications ferroviaires –

Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour –

Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu;

Version allemande et anglaise prEN 50122-2:2020

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-04-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [dke@vde.com](mailto:dke@vde.com) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 66 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

## Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ... .

## Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 50122-2:2020 „Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrombahnen;“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und der Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung der prEN 50122-2:2020 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Das europäische Dokument prEN 50122-2:2020 „Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by DC traction systems;“ wurde vom SC 9XC „Electric supply and earthing systems for public transport equipment and ancillary apparatus (Fixed installations)“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC den Nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen späteren „Schluss-Entwurf“ FprEN nur 8 Wochen beträgt und zum „Schluss-Entwurf“ FprEN keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der „Entwurf“ prEN als Deutscher Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der formellen Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.2 „Ortsfeste Anlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) und DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

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.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4):2011-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Harmonisierung mit EN 50122-1:2020;
- b) Verweise von EN 50162 wurden geändert zu ISO/FDIS 21857:2020;
- c) Verbesserung von Messmethoden in Anhang A; neuer Anhang D „Laborprüfung von Materialien für die Isolation von Schienen“.

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen –  
Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung –  
Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch  
Gleichstrombahnen**

Railway applications –  
Fixed installations – Electrical safety,  
earthing and the return circuit –  
Part 2: Provisions against the effects of  
stray currents caused by DC traction  
systems

Applications ferroviaires –  
Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la  
terre et circuit de retour –  
Partie 2: Mesures de protection contre les effets  
des courants vagabonds issus de la traction  
électrique à courant continu

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wird den CENELEC-Mitgliedern zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.  
CENELEC Termin: 2021-02-19

Er wurde von CLC/SC 9XC erstellt.

Wenn aus diesem Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CENELEC-Mitglieder 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.

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wurde von CENELEC in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. 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.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.



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**

© 2020 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren,  
sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Projekt: 68105

Ref. Nr. prEN 50122-2:2020 D  
**Documents**  
Document Sharing Hub

Inhalt

Seite

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Europäisches Vorwort.....                                                                                          | 4  |
| 1 Anwendungsbereich.....                                                                                           | 5  |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                     | 5  |
| 3 Begriffe .....                                                                                                   | 6  |
| 4 Kennzeichnung von Gefährdungen und Risiken.....                                                                  | 6  |
| 5 Kriterien für die Beurteilung und die Zulässigkeit von Streuströmen .....                                        | 7  |
| 5.1 Allgemeines .....                                                                                              | 7  |
| 5.2 Kriterien zum Schutz der Gleise .....                                                                          | 7  |
| 5.3 Kriterien für Anlagen mit Bauwerken aus Stahlbeton oder Metall.....                                            | 9  |
| 5.4 Besondere Untersuchungen und Maßnahmen .....                                                                   | 9  |
| 6 Gestaltungsvorgaben .....                                                                                        | 10 |
| 6.1 Allgemeines .....                                                                                              | 10 |
| 6.2 Rückleitung.....                                                                                               | 10 |
| 6.3 Nicht der Traktion dienende elektrische Betriebsmittel .....                                                   | 12 |
| 6.4 Gleise anderer Bahnsysteme .....                                                                               | 12 |
| 6.5 Rückleitersammelschiene im Unterwerk .....                                                                     | 12 |
| 6.6 Bahnübergänge .....                                                                                            | 12 |
| 6.7 Gemeinsame Energieversorgung für Straßenbahn und Obus.....                                                     | 12 |
| 6.8 Wechsel von der Hauptstrecke in eine Abstellanlage und in Werkstätten.....                                     | 12 |
| 7 Maßnahmen an beeinflussten metallenen Bauwerken .....                                                            | 13 |
| 7.1 Allgemeines .....                                                                                              | 13 |
| 7.2 Leitfähige öffentliche Bauwerke .....                                                                          | 13 |
| 7.3 Annäherung von Rohren oder Kabeln.....                                                                         | 15 |
| 7.4 Spannungsbegrenzungseinrichtungen.....                                                                         | 15 |
| 8 Schutzmaßnahmen für metallene Bauwerke .....                                                                     | 15 |
| 9 Abstellanlagen und Werkstätten.....                                                                              | 15 |
| 10 Prüfungen und Messungen .....                                                                                   | 16 |
| 10.1 Grundsätze .....                                                                                              | 16 |
| 10.2 Überwachung der Schienenisolation.....                                                                        | 16 |
| Anhang A (informativ) Messung von Streustromkennwerten .....                                                       | 18 |
| A.1 Schienenwiderstand .....                                                                                       | 18 |
| A.2 Ableitungsbelag zwischen Fahrschienen und beeinflussten metallenen Bauwerken .....                             | 19 |
| A.3 Ableitungsbelag für Gleisabschnitte ohne öffentliche Bauwerke .....                                            | 20 |
| A.4 Örtlicher Ableitungsbelag für Gleisabschnitte ohne öffentliches Bauwerk.....                                   | 21 |
| A.5 Isolierstöße .....                                                                                             | 23 |
| A.6 Isolierfugen zwischen beeinflussten metallenen Bauwerken .....                                                 | 24 |
| Anhang B (informativ) Streustrombeurteilung – Bewertung der Schienenisolierung anhand des Schienenpotentials ..... | 26 |

|                       |                                                                                          |    |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| B.1                   | Kontinuierliche Überwachung des Schienenpotentials .....                                 | 26 |
| B.2                   | Wiederholungsmessungen des Schienenpotentials zur Überwachung des Ableitungsbelags ..... | 27 |
| Anhang C (informativ) | Abschätzung des Streustromaustauschs und Einfluss auf metallene Bauwerke .....           | 28 |
| C.1                   | Abschätzung der Streuströme von den Fahrschienen in die Erde .....                       | 28 |
| C.2                   | Abschätzung der Längsspannung in beeinflussten metallenen Bauwerken .....                | 29 |
| Anhang D (informativ) | Laborprüfungen von Materialien für die Schienenisolierung .....                          | 31 |
| D.1                   | Allgemeines .....                                                                        | 31 |
| D.2                   | Prüfverfahren .....                                                                      | 31 |
| D.3                   | Abnahmekriterien der Prüfungen .....                                                     | 32 |
| Anhang E (informativ) | Befestigungssysteme .....                                                                | 33 |
| Literaturhinweise     | .....                                                                                    | 34 |

## **Bilder**

|          |                                                                                                                            |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild A.1 | – Ermittlung des Schienenwiderstands einer 10 m langen Schiene .....                                                       | 18 |
| Bild A.2 | – Messanordnung zur Ermittlung des Ableitungsbelags $G'_{RS}$ zwischen Schienen und beeinflussten metallenen Bauwerk ..... | 19 |
| Bild A.3 | – Ermittlung des Ableitungsbelags $G'_{RE}$ für Gleisabschnitte ohne öffentliche Bauwerke .....                            | 20 |
| Bild A.4 | – Messanordnung zur Ermittlung des örtlichen Ableitungsbelags .....                                                        | 22 |
| Bild A.5 | – Prüfung von Isolierstöße .....                                                                                           | 23 |
| Bild A.6 | – Prüfung der Isolierstöße in beeinflussten metallenen Bauwerken .....                                                     | 24 |
| Bild B.1 | – Kontinuierliche Überwachung des Schienenpotentials .....                                                                 | 26 |

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 50122-2:2020) wurde vom CLC/SC 9XC „Elektrische Versorgungs- und Erdungssysteme für öffentliche Transporteinrichtungen und Hilfsausrüstungen (ortsfixe Installationen)“ ausgearbeitet.

Dieses Dokument wird der Umfrage unterworfen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene angekündigt werden muss (doa): dor + 6 Monate
- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): dor + 12 Monate
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow) dor + 36 Monate  
(Bei der Abstimmung zu bestätigen oder zu ändern)

Dieses Dokument wird EN 50122-2:2010 und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden) ersetzen.

Gegenüber EN 50122-2:2010 wurden in prEN 50122-2:2020 die folgenden wesentlichen Änderungen vorgenommen:

- Harmonisierung mit prEN 50122-1:2020;
- Verweise von EN 50162 wurden geändert zu ISO/FDIS 21857:2020;
- Verbesserung von Messmethoden in Anhang A;
- neuer Anhang D „Laborprüfung von Materialien für die Isolation von Schienen“.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen für Schutzmaßnahmen gegen die Auswirkungen von Streuströmen fest, die durch den Betrieb von Gleichstrombahnen verursacht werden.

Da sich nach Erfahrungen über mehrere Jahrzehnte keine offensichtlichen Korrosionswirkungen durch Wechselstrombahnen gezeigt haben und gegenwärtige Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, behandelt dieses Dokument nur Streuströme, die durch den Betrieb von Gleichstrombahnen verursacht werden.

Dieses Dokument gilt für alle metallenen ortsfesten Anlagen, welche Teil eines Bahnsystems sind, und auch alle anderen metallenen Bauteile, die irgendwie mit dem Erdreich in Verbindung stehen und Streuströme führen können, die vom Bahnbetrieb verursacht werden.

Dieses Dokument betrifft alle neuen Gleichstrom-Bahnstrecken und alle größeren Änderungen an vorhandenen Gleichstrom-Bahnstrecken. Die Grundsätze können auch für vorhandene elektrische Bahnen angewendet werden, wenn es notwendig ist, die Auswirkungen von Streuströmen zu berücksichtigen.

Dieses Dokument legt keine Arbeitsregeln für die Instandhaltung fest, enthält jedoch Auslegungsanforderungen, um Instandhaltungsarbeiten zu ermöglichen.

Der Anwendungsbereich umfasst:

- a) Eisenbahnen;
- b) geführte Nahverkehrsbahnen wie
  - 1) Straßenbahnen,
  - 2) Hoch- und Untergrundbahnen,
  - 3) Bergbahnen,
  - 4) Obusanlagen und
  - 5) Magnetbahnen, die eine Fahrleitungsanlage benutzen;
- c) Materialbahnen.

Dieses Dokument gilt nicht für

- d) Grubenbahnen unter Tage;
- e) Krananlagen, Schiebebühnen u. ä. Transportgeräte auf Schienen, fliegende Bauten (z. B. Schaustellernanlagen), sofern sie nicht aus Fahrleitungsanlagen gespeist werden und nicht durch das Bahnenergieversorgungssystem elektrischer Bahnen gefährdet sind;
- f) Luftseilbahnen;
- g) Standseilbahnen.

## 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 50122-1:2020**, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag*

**EN 50122-3**, *Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 3: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnsystemen*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 50122-1:2020.

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>

### 4 Kennzeichnung von Gefährdungen und Risiken

Gleichstrombahnen können Streuströme verursachen, welche die betreffenden Bahnanlagen und/oder bahnfremde Anlagen ungünstig beeinflussen können, wenn die Rückleitung nicht ausreichend gegen Erde isoliert ist.

**ANMERKUNG** Wenn der Speisestromkreis nicht ausreichend gegen Erde isoliert ist, kann auch er Streuströme erzeugen, aber seine Isolierung wird normalerweise so ausgelegt, installiert und gewartet, dass sie stark genug ist, um elektrische Sicherheitsrisiken zu vermeiden.

Die Hauptauswirkungen von Streuströmen können Korrosion und die nachfolgende Zerstörung von metallene Bauwerke an Stellen sein, wo die Streuströme aus den metallenen Bauwerke austreten können. Außerdem besteht die Gefahr von Überhitzung, Lichtbogenbildung und Brand und damit Folgegefahren für Personen und Betriebsmittel innerhalb und außerhalb des elektrischen Gleichstrom-Bahnenergieversorgungssystems.

Die folgenden Systeme, die Streuströme erzeugen können, müssen betrachtet werden:

- Gleichstrombahnstrecken, welche die Fahrschienen zum Leiten des Bahnrückstroms nutzen, einschließlich der Gleisabschnitte anderer Bahnsysteme, die mit den Gleisen einer Gleichstrombahnstrecke verbunden sind;
- Gleichstrom-Obussysteme, die die Energieversorgung mit einem System teilen, das die Fahrschienen benutzt, die den Bahnrückstrom führen;
- Gleichstrombahnstrecken, welche die Fahrschienen nicht zum Leiten des Bahnrückstroms nutzen und bei denen Gleichstrom zur Erde oder zur Erdungsanlage fließen kann.

Alle Bauteile und Anlagen, die durch Streuströme beeinflusst werden können, müssen betrachtet werden, wie z. B.

- Fahrschienen;
- metallene Rohrleitungen;
- Kabel mit metallener Bewehrung und/oder Metallmantel;
- metallene Tank- und Kesselanlagen;
- Erdungsanlagen;
- beeinflusste metallene Bauwerke;
- erdverlegte metallene Bauwerke;
- Signal- und Telekommunikationsanlagen;
- Wechselstrom- und Gleichstrom-Versorgungsanlagen, die nicht der Traktion dienen;
- kathodische Schutzanlagen.

Alle Maßnahmen, die angewendet werden, um die Auswirkungen von Streuströmen zu beherrschen, müssen nach diesem Dokument überprüft, verifiziert und validiert werden.

Die Planung der Anlage muss rechtzeitig abgeschlossen sein, damit die Ergebnisse bei den wesentlichen Anlagenparametern, welche die Auswirkungen des Streustroms beeinflussen, berücksichtigt werden können, wie der Abstand der Unterwerke und der Aufbau der Bauwerke, siehe auch 5.4 und Abschnitt 6.

Die für die Planung und Errichtung der Bahninfrastruktur verantwortliche Organisation muss sicherstellen, dass die elektrischen Anforderungen für die zur Bahn gehörenden Bauwerke erfüllt werden.

Bei wesentlichen Veränderungen bestehender Strecken müssen die Auswirkungen auf die Streustromverhältnisse durch Berechnungen und/oder Messungen bewertet werden.

Wenn die Streustrombedingungen die elektrische Sicherheit beeinflussen, müssen Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag nach prEN 50122-1 Vorrang vor den Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Streuströmen haben.

## 5 Kriterien für die Beurteilung und die Zulässigkeit von Streuströmen

### 5.1 Allgemeines

Die Höhe der Streuströme und deren Auswirkungen hängen von der Systemauslegung der gesamten Bahnenergieversorgung ab. Streuströme, die aus der Rückleitung austreten, können die Rückleitung selbst und die angrenzenden Anlagen beeinflussen, siehe Abschnitt 4.

Außer den Betriebsströmen sind die wichtigsten Kennwerte für die Höhe von Streuströmen

- der Ableitungsbelag der Gleise und der anderen Teile der Rückleitung;
- der Abstand der Unterwerke;
- der Längswiderstand der Fahrschienen;
- der Abstand der Gleisquerverbinder.

Wenn die Bahnanlage den Anforderungen und Maßnahmen des vorliegenden Dokuments entspricht, kann davon ausgegangen werden, dass die Anlage hinsichtlich Streustromgefährdung akzeptabel gestaltet ist.

ANMERKUNG Bauwerke Dritter in der Nähe des Eisenbahnsystems können zusätzliche Maßnahmen erfordern.

Die wichtigste Einflussgröße für Streuströme, die aus den Gleisen austreten, ist die Kombination von Ableitungsbelag zwischen Gleis und Erde und dem Schienenpotential. Die Korrosionsgeschwindigkeit ist der Haupt Gesichtspunkt für die Risikobewertung.

Einflussgrößen, die das Schienenpotential beeinflussen, sind der Bahnstrom, der Längswiderstand der Fahrschienen, der Widerstand gegen Erde und die Länge der Speiseabschnitte. Hierbei wird vorausgesetzt, dass keine direkte elektrische Verbindung, weder zufällig noch absichtlich, mit Erdungsanlagen und Erde besteht.

### 5.2 Kriterien zum Schutz der Gleise

Erfahrung über mehr als drei Jahrzehnte zeigt, dass es in diesem Zeitraum zu keinen Schäden an den Gleisen kommt, wenn der mittlere Streustrom je Längeneinheit den folgenden Wert nicht überschreitet:

$$I'_{\max} = 2,5 \text{ mA/m}$$

(zeitlich gemittelter Streustrom je Längeneinheit einer eingleisigen Strecke).

Bei einer zweigleisigen Strecke wird der Wert für den höchsten mittleren Streustrom je Längeneinheit mit zwei multipliziert. Bei mehr als zwei Gleisen steigt der Wert entsprechend an. Bei der Mittelwertbildung werden nur positive Anteile des Streustroms über 24 h oder eines Vielfachen davon berücksichtigt.

Für Streustrombetrachtungen ist die positive Verschiebung des Schienenpotentials  $\Delta U_{RE}$  relevant. Dies ist die Differenz des Schienenpotentials  $U_{RE}$ , die während des Betriebs und im Stillstand auftritt.

ANMERKUNG 1 Im Ruhezustand kann eine Spannung  $U_{RE}$  vorhanden sein, die z. B. durch die elektrochemische Spannungsreihe der Elemente oder durch ein angeschlossenes kathodisches Schutzsystem verursacht wird.

Wenn davon ausgegangen werden kann, dass die folgenden Werte für den zeitlich gemittelten Ableitungsbelag  $G'_{RE}$  und die mittlere Verschiebung des Schienenpotentials  $\Delta U_{RE}$  während der Anlagenlebensdauer eingehalten werden, müssen keine weiteren Untersuchungen nach 5.4 durchgeführt werden:

$$- \quad G'_{RE} \leq 0,5 \text{ S/km je Gleis und } \Delta U_{RE} \leq + 5 \text{ V bei offenem Oberbau} \quad (1)$$

$$- \quad G'_{RE} \leq 2,5 \text{ S/km je Gleis und } \Delta U_{RE} \leq + 1 \text{ V bei geschlossenem Oberbau} \quad (2)$$

Bei der Mittelwertbildung sind nur die gesamten positiven Anteile der Verschiebung des Schienenpotentials  $\Delta U_{RE}$  über 24 h oder Vielfache zu berücksichtigen. Diese werden dann durch die Gesamtzahl der Messungen über die Aufzeichnungszeit geteilt.

Ein Richtwert für die Abtastrate ist zwei Messwerte pro Sekunde.

Werden die Anforderungen in Gleichungen (1) und (2) nicht erfüllt, muss ein alternativer Maximalwert für  $G'_{RE}$  mit Gleichung (3) berechnet und für die Konstruktion angewendet werden.

$$G'_{RE} = \frac{I'}{\Delta U_{RE}} \quad (3)$$

Dabei sind

|                 |                                                                                                           |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I'$            | 2,5 mA/m je Gleis oder der Wert im Ergebnis der Untersuchung nach 5.4;                                    |
| $G'_{RE}$       | ist der Ableitungsbelag zwischen Schienen und Erde in Siemens pro Kilometer (S/km, wobei 1 S/km = 1/Ωkm); |
| $\Delta U_{RE}$ | mittlere Schienenpotentialverschiebung in Volt (V).                                                       |

Für Gleise in geschlossener Bettung ist ein zeitlich gemittelter Ableitungsbelag von  $G'_{RE} < 0,5 \text{ S/km}$  wegen wechselnder Feuchtigkeit nicht praktikabel und empfehlenswert. Wenn dieser mittlere Ableitungsbelag es nicht erlaubt, das Kriterium von  $I' = 2,5 \text{ mA/m}$  zu erfüllen, sollte das Bahnenergieversorgungssystem optimiert werden.

Bei einer zweigleisigen Strecke sollte der Wert für den größten Ableitungsbelag mit zwei multipliziert werden. Bei mehr als zwei Gleisen erhöhen sich die Werte entsprechend.

Da die direkte Messung der Streuströme schwierig ist, misst man üblicherweise das Schienenpotential. Der zulässige Ableitungsbelag kann für eine eingleisige Strecke nach Gleichung (3) berechnet werden.

ANMERKUNG 2 Für Auslegungszwecke können mit einer Simulation der Bahnenergieversorgung für den planmäßigen Zugbetrieb Werte für den Streustrombelag ermittelt werden. Ein Berechnungsverfahren für einseitig gespeiste Ausläuferstrecken ist in Abschnitt C.1 angegeben. Dabei handelt es sich um ein konservatives Verfahren, da die tatsächlichen Werte geringer sind.

Nach Beendigung des Baus muss nachgewiesen werden, dass der zulässige Ableitungsbelag nach Gleichungen (1), (2) oder (3) erfüllt ist. Anhang A beschreibt bewährte Messverfahren.

Während des Betriebs müssen die Grenzwerte für den Ableitungsbelag mit Gleichungen (1), (2) oder (3) übereinstimmen.

### 5.3 Kriterien für Anlagen mit Bauwerken aus Stahlbeton oder Metall

In Anlagen mit Bauwerken aus Stahlbeton oder Metall wie

- armierter Unterbau,
- Tunnel oder
- Viadukte,

muss der Einfluss auf die Bauwerke zu berücksichtigt werden.

Das Beurteilungskriterium ist die Spannungsverschiebung des Bauwerks gegen Erde.

Nach ISO/FDIS 21857:2020 gibt es keinen Grund zur Besorgnis, wenn der Mittelwert der positiven Potentialverschiebung zwischen Bauwerk und Erde für Stahlbetonbauwerke + 200 mV nicht überschreitet. Ein Zuschlag kann entsprechend der künftig erwarteten Zunahme des Verkehrs berücksichtigt werden. Bei erdverlegten Stahlkonstruktionen hängt die zulässige Potentialverschiebung vom spezifischen Erdbodenwiderstand und von der Metallart ab. Zu beiden Anforderungen siehe ISO/FDIS 21857:2020.

ANMERKUNG Die Erfahrung zeigt, dass in dem Fall, dass die in diesem Dokument angegebenen Anforderungen erfüllt werden, die durch Streuströme verursachten Auswirkungen auf Nicht-Eisenbahnanlagen akzeptabel sind.

Um an stahlbewehrtem Beton oder metallenen Bauwerken unzulässige Streustromauswirkungen zu vermeiden, sollte die Längsspannung zwischen zwei beliebigen Punkten dieser durchverbundenen Bauwerke berechnet werden. Die maximale Längsspannung muss kleiner sein als die zulässige positive Potentialverschiebung. Ein Berechnungsbeispiel kann C.2 entnommen werden. Dabei handelt es sich um ein konservatives Verfahren, mit dem sichergestellt ist, dass die tatsächlichen Werte für das Bauwerkspotential gegen Erde niedriger sind.

### 5.4 Besondere Untersuchungen und Maßnahmen

Werden die Anforderungen in 5.2 und 5.3 nicht erreicht oder andere Bauweisen geplant sind, muss in einer frühen Planungsphase eine Untersuchung erfolgen. Die Untersuchung wird auch bei bedeutenden Veränderungen bestehender Strecken notwendig, wenn es wahrscheinlich ist, dass sich die Streustromverhältnisse verschlechtern.

Der mögliche Einfluss der Streustromkorrosion muss untersucht werden, wobei folgende Aspekte einbezogen werden, wie

- Isolation der Schienen gegen Erde und der mit ihnen verbundenen metallene Bauwerke,
- Feuchtigkeit im Gleisbett,
- Längswiderstand der Fahrschienen,
- Anzahl und Abstand der Unterwerke,
- Auswirkungen unterschiedlicher Leerlaufspannungen der Unterwerke,
- Leerlaufspannung der Unterwerke und deren Innenwiderstand,
- Fahrplan und Fahrzeuge,
- angrenzende metallene Bauwerke.

Die Abschnitte 6 und 7 enthalten geeignete Korrekturmaßnahmen.

## 6 Gestaltungsvorgaben

### 6.1 Allgemeines

Alle Maßnahmen, die angewendet werden, um die Auswirkungen des Streustroms zu beherrschen, müssen nach den Bestimmungen dieses Dokuments geprüft und bestätigt werden.

Die Auslegung der Anlage muss abgeschlossen sein, so dass die Ergebnisse bei den wesentlichen Anlagenparametern, welche die Auswirkungen des Streustroms beeinflussen, berücksichtigt werden können, wie der Abstand der Unterwerke und der Aufbau der Bauwerke.

### 6.2 Rückleitung

#### 6.2.1 Allgemeines

Zur Verringerung von Streustrom, der durch ein elektrisches Gleichstrom-Bahnenergieversorgungssystem verursacht wird, muss der Bahnrückstrom möglichst in der vorgesehenen Rückleitung fließen.

Da die Rückleitung eines elektrischen Gleichstrom-Bahnenergieversorgungssystems üblicherweise nicht mit Erde verbunden ist müssen die Anforderungen der elektrischen Sicherheit hinsichtlich des Schienopotentials nach prEN 50122-1:2020, 6.2.2 und Abschnitt 9, erfüllt werden.

#### 6.2.2 Widerstand der Fahrschienen

Der Längswiderstand der Fahrschienen muss gering sein. Deshalb müssen Schienenstöße geschweißt oder durch Schienenlängsverbinder so niederohmig überbrückt werden, dass der Längswiderstand der Schienen um nicht mehr als 5 % erhöht wird. Dazu gehören nicht die Isolierstöße der Zugsicherungsanlage.

Im Fall von Gleisdrosseln an Isolierstößen kann der Gesamtwiderstand um mehr als 5 % erhöht sein.

Der Längswiderstand kann verringert werden durch Verwendung von Schienen mit größerem Querschnitt oder durch Querverbinder an den Fahrschienen, wenn das Zugsicherungssystem dies zulässt.

#### 6.2.3 Gleisanlage

Wenn die Fahrschienen der Rückleitung dienen, ist ein hoher Isolationswert der Fahrschienen und der gesamten Rückleitung gegen Erde erforderlich.

Der Oberbau muss so ausgelegt werden, dass die Isolationsqualität der Schienen gegen Erde nicht durch Wasser herabgesetzt wird. Um die Werte nach Gleichungen (1), (2) und (3) in 5.2 zu erreichen, ist die Entwässerung des Unterbaus der Fahrschienen von Bedeutung.

Die für den Ableitungsbelag angegebenen Werte, wie in 5.2 festgelegt, gelten für ein Gleis aus zwei Fahrschienen auch mit Spurstangen sowie metallenen verbundenen Anlagenteilen bei trockenen Verhältnissen.

ANMERKUNG 1 Unter trockenen Verhältnissen versteht man in diesem Zusammenhang mindestens 24 h ohne z. B.

- Regen oder
- Waschwasser.

ANMERKUNG 2 Nach dem Betonieren wird abgewartet bis der Beton abgebunden hat. Dies dauert normalerweise mindestens einen Monat. Das Abbinden des Betons ist stark von den Umgebungsverhältnissen abhängig.

BEISPIEL 1 Mit folgenden Maßnahmen können die geforderten Werte des Ableitungsbelags  $G'_{RE}$  für Schienen in offenem Oberbau erreicht werden:

- sauberer Schotter;

- Holzschwellen oder Stahlbetonschwellen mit isolierenden Befestigungen;
- Abstand zwischen Fahrschienen und Schotter.

BEISPIEL 2 Mit folgenden Maßnahmen können die geforderten Werte des Ableitungsbelags  $G'_{RE}$  für Schienen in geschlossenem Oberbau erreicht werden:

- Verlegen der Fahrschienen in einer isolierenden Umhüllung ([Anhang D](#) und [Anhang E](#) enthalten Hinweise zur Prüfung von Ummantelungen und Befestigungssystemen der Schienen);
- Einbringen isolierender Zwischenlagen zwischen den Gleisen und dem Tragsystem;
- wirkungsvolle Entwässerung.

#### 6.2.4 Rückleiter

Rückleiter werden, falls erforderlich, parallel zu den Fahrschienen verlegt und müssen mit diesen in regelmäßigen Abständen verbunden sein, so dass die Schienenpotential- und Streustromkriterien eingehalten werden. Die Rückleiter müssen gegen Erde isoliert werden.

#### 6.2.5 Rückleitungsanschlussleiter

Rückleitungsanschlussleiter verbinden die Fahrschienen mit dem Unterwerk. Sie müssen einen isolierenden äußeren Mantel besitzen, so dass keine Streuströme aus- oder eintreten können.

Wenn eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine mechanische Beschädigung besteht, sollten Rückleitungskabel einen zusätzlichen Schutz erhalten.

Die Anforderungen von prEN 50122-1:2020, 10.3 bleiben davon unberührt.

#### 6.2.6 Elektrische Trennung zwischen Rückleitung und Anlagenteilen mit Erderwirkung

Um die Streuströme zu reduzieren darf kein Teil der Rückleitung eine direkt leitende Verbindung zu Anlagen, Bauteilen oder metallene Bauwerke haben, die nicht gegen Erde isoliert sind.

Wenn eine Verbindung mit der Rückleitung zum Schutz gegen elektrischen Schlag unvermeidbar ist, müssen Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen des Streustroms ergriffen werden. Diese können z. B. sein:

- offene Verbindung mit der Rückleitung, in diesem Fall muss die Spannungsbegrenzungseinrichtung den Anforderungen in prEN 50122-1:2020, [Anhang G](#) genügen;
- Isolation der mit den Fahrschienen verbundenen Anlagen oder Bauteilen gegen Fundamente oder Bauteile, die geerdet sind;
- Isolation der Bewehrung des Bauwerks gegen Erde.

Bei einer direkten leitenden Verbindung zu Anlagen, Bauteilen oder metallene Bauwerke, die nicht gegen Erde isoliert sind, sollten die Werte nach [Gleichungen \(1\), \(2\) und \(3\)](#) in 5.2 für die Rückleitung und mit ihr verbundenen Bauteilen eingehalten werden.

Für Ausnahmen für Werkstätten und ähnliche Orte siehe [Abschnitt 9](#).

Für den Bahnrückstrom kann eine gegen Erde isolierte Rückleitungsstromschiene, die so genannte vierte Schiene, benutzt werden. Wenn diese ein aktives Teil und nicht mit den Fahrschienen verbunden ist, treten üblicherweise keine Streuströme auf. Bei Stromschieneanlagen mit einer dritten und einer vierten Schiene muss jede Stromschiene für die Nennspannung der Anlage nach EN 50163 gegen Erde isoliert werden.

#### 6.2.7 Schienenquerverbinder und Gleisverbinder

Schienenquerverbinder, Spurstangen, Gleisverbinder und andere Verbinder, die mit Erde in Verbindung kommen können, müssen isoliert ausgeführt sein.

### 6.3 Nicht der Traktion dienende elektrische Betriebsmittel

Elektrische Betriebsmittel, die nicht der Traktion dienen, müssen nach prEN 50122-1:2020, [Abschnitt 7](#) ausgeführt werden.

### 6.4 Gleise anderer Bahnsysteme

Im Allgemeinen dürfen die Gleise anderer Bahnsystemen keine unmittelbar leitende Verbindung zu Gleise von elektrischen Gleichstrom-Bahneenergieversorgungssystemen haben.

Gleise ohne Fahrleitung dürfen in besonderen Fällen mit der Rückleitung verbunden werden, wenn sie die Anforderungen nach [6.2.3](#) erfüllen.

Wenn Fahrschienen von elektrischen Gleichstrom- und Wechselstrom-Bahneenergieversorgungssystemen gemeinsam benutzt werden, müssen zusätzliche Maßnahmen gegen die Gefahr von Streuströmen und gegen unzulässige Berührungsspannungen ergriffen werden, siehe [EN 50122-3](#).

Alle zusätzlichen Maßnahmen dürfen sich nicht auf andere Sicherheitskriterien auswirken, besonders nicht auf Maßnahmen zur Begrenzung der Berührungsspannung sowie Maßnahmen für den Betrieb der Energieversorgung, der Gleisstromkreise und der Kommunikationsanlagen.

### 6.5 Rückleitersammelschiene im Unterwerk

Das Unterwerk muss so ausgeführt werden, dass kein Gleichstrom in der Bauwerkserde des Unterwerks fließt. Bei Instandhaltungsarbeiten mit Erdung von Betriebsmitteln müssen die Gefahren durch Streustrom berücksichtigt werden. Die Rückleitersammelschienen in Unterwerken und ähnlichen Anlagen müssen gegen Erde isoliert betrieben werden. Wenn es aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, muss zwischen Rückleitersammelschiene und Erde eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (mindestens Typ O) nach prEN 50122-1:2020, [Anhang G](#), vorgesehen werden. Für Unterwerke in Abstellanlagen und Werkstätten siehe [Abschnitt 9](#).

### 6.6 Bahnübergänge

Bei Bahnübergängen mit geschlossenem Oberbau muss darauf geachtet werden, dass der Ableitungsbelag nicht wesentlich größer als der Wert der angrenzenden Gleise ist.

### 6.7 Gemeinsame Energieversorgung für Straßenbahn und Obus

Wenn Obusse und Straßenbahnen vom selben Unterwerk versorgt werden, darf nach prEN 50122-1:2020, 5.7.3 ein Stangenstromabnehmer mit der Schienenrückleitung verbunden werden. In diesem Fall muss geprüft werden, ob die Schutzmaßnahmen zur Verringerung von Auswirkungen von Streuströmen für beide Anlagen noch ausreichend sind.

Die Isolation der Fahrschienen muss mit anderen Maßnahmen koordiniert werden, die sicherstellen, dass beim Betrieb, bei einem Kurzschluss und bei einem Erdschluss die zulässigen Berührungsspannungen nicht prEN 50122-1:2020, [Abschnitt 9](#) überschritten werden.

### 6.8 Wechsel von der Hauptstrecke in eine Abstellanlage und in Werkstätten

Siehe [Abschnitt 9](#).

## 7 Maßnahmen an beeinflussten metallenen Bauwerken

### 7.1 Allgemeines

Der Widerstand zwischen leitfähigen Bauwerken, die nicht gegen Erde isoliert sind, und der Schienenrückleitung muss hoch sein. Mit Ausnahme von Abstellanlagen und Werkstätten dürfen Erde und Rückleitungssystem nicht miteinander verbunden sein (siehe [Abschnitt 9](#)). Eine direkte Verbindung zur Erde kann bei elektrischen Gleichstrom-Bahnenenergieversorgungssystemen in bestimmten Industrieanlagen zulässig sein, wobei die besonderen Umgebungsbedingungen beispielsweise in Kohletagebauen berücksichtigt werden müssen.

### 7.2 Leitfähige öffentliche Bauwerke

#### 7.2.1 Grundlegende Vorgehensweise

Bei stahlarmierten oder metallenen öffentlichen Bauwerken wie

- Tunnel
- Brücken,
- Viadukte (einschließlich der vor- und nachgespannten Kabel),
- Gebäuden und
- fester Fahrbahn

kann es notwendig sein, Maßnahmen zur Begrenzung möglicher Auswirkungen von Streuströmen zu ergreifen. Die Anforderungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag müssen dabei berücksichtigt werden.

BEISPIEL Die Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen von Streuströmen in Tunnelbauwerken mit leitfähigen Bauteilen können davon abhängen, ob:

- die vorherrschende Quelle des Streustroms innerhalb oder außerhalb des Tunnels liegt;
- die höchste Priorität dem Schutz der metallenen Bauwerke des Tunnels gilt oder dem Schutz anderer metallenen Bauwerke außerhalb des Tunnels und der Bahn.

#### 7.2.2 Längsverbindung

Bei leitfähigen öffentlichen Bauwerken können Streuströme in diese hineinfließen und von dort Beeinflussungen anderer leitender Bauwerke Dritter außerhalb der Bahnanlage verursachen. In diesem Fall muss die Auswirkung einer solchen Beeinflussung durch den Potentialausgleich im unteren Teil der einzelnen Tunnelabschnitte oder andere leitfähige Bauwerke reduziert werden um die Spannungsanforderungen nach [5.3](#) zu erreichen. Dieser Potentialausgleich muss erreicht werden durch

- eine ausreichende Anzahl von Bewehrungsstäben;
- miteinander verbundenen Matten;
- andere leitfähige Bauteile;
- wenn erforderlich, zusätzliche Leiter mit geeignetem Querschnitt, die innerhalb des Tunnels verlegt sind.

Einzelne öffentliche Bauwerksabschnitte dürfen in besonderen Fällen von dem Potentialausgleich des öffentlichen Bauwerks ausgenommen werden. Der Potentialausgleich der anderen öffentlichen Bauwerksabschnitte kann durch eine Verbindung, die den abgetrennten öffentlichen Bauwerksabschnitt überbrückt, erreicht werden.

Drahtumwicklung allein wird für Streustromschutzmaßnahmen nicht empfohlen.

### 7.2.3 Abschnittsweise Bewehrung

In Gebieten, in denen die Streustrombeeinflussung von Bauwerken außerhalb des Tunnels unbedeutend ist, und wenn ein genügend hoher Bettungswiderstand z. B. wegen Feuchtigkeit oder verschmutztem Schotter nicht hergestellt werden kann, muss im Wesentlichen nur die Korrosion des metallenen Bauwerks des Tunnels betrachtet werden.

Wenn ein Stahlbetontunnel eine unerwünschte elektrische Verbindung zwischen unterschiedlichen und weit entfernten Gebieten bilden kann und durch diesen Tunnel Streuströme aus anderen benachbarten Anlagen fließen können, muss dieser durch Isolierfugen in Längsabschnitte unterteilt werden.

Wenn der Widerstand zwischen diesen Bauwerken und Erde relativ hoch ist, z. B. bei Felstunneln, können die Stahlbetontunnel auch durch Isolierfugen in Längsabschnitte unterteilt werden. Die Schienenisolierung sollte verbessert werden, um den Streustrom in diesem Bereich auf ein vertretbares Maß zu begrenzen.

Falls die Gefahr unzulässiger Spannungen zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen besteht, ist [EN 50122-1](#) anzuwenden.

An den Isolierfugen jedes Abschnitts müssen Anschlüsse für Prüfzwecke vorgesehen werden. Eine zuverlässige elektrische Verbindung muss zwischen diesen Anschlüssen und den Längsbewehrungsstäben hergestellt werden. Eine empfohlene Messmethode ist in [A.6](#) angegeben.

Üblicherweise wird keine Verbindung zwischen den Anschlüssen benachbarter Abschnitte hergestellt.

### 7.2.4 Externe leitfähige Teile

Die Bewehrung von Stahlbetontunneln und die Bauteile von Tunneln aus leitfähigem Material dürfen keine elektrische Verbindung zu außerhalb des Tunnels liegenden Rohrleitungen und Kabeln, zur Rückleitung oder zu angrenzenden Anlagen haben, die nicht gegen Erde isoliert sind. Falls diese elektrische Trennung beispielsweise aufgrund unterschiedlicher Erdungsanlagen in einem Gebäude nicht möglich ist, besteht die Gefahr eines Streustromübergangs und daher die Gefahr einer Streustromkorrosion. In diesem Fall muss eine ununterbrochene Überwachung stattfinden, siehe [10.2.1](#) und Verbindungen zwischen Schiene und Bauwerkserde müssen unverzüglich unterbrochen werden.

Verbindungen der Tunnelbewehrung mit zusätzlichen Erdungsanlagen sollen vermieden werden, bleiben aber zur Erfüllung der Erdungsanforderungen für Schutzmaßnahmen zur Sicherstellung der elektrischen Sicherheit zulässig.

### 7.2.5 Kabel, Rohrleitungen und Energieversorgung von außen

Es sind Vorkehrungen notwendig, um den möglichen Streustromübergang zwischen der Bauwerkserde und entfernten, nicht zur Bahn gehörenden Anlagen zu verhindern. Deshalb müssen alle metallenen Rohrleitungen, Hydraulikleitungen und metallene Kabelmäntel sowie Verbindungen zur Erde, die von außen in die Bahnanlage geführt werden, beim Eintritt in Stahlbetonbauwerke oder bahneigene metallene Bauwerke wie Tunnel, Viadukte, Abstellanlagen und Werkstätten elektrisch getrennt werden, um jede leitende Verbindung zu außen liegenden Erden zu vermeiden.

BEISPIEL Dies kann erreicht werden durch:

- Installation von Isolierstücken in Rohrleitungen oder alternativ vollkommene Isolation der Rohrleitungen von der Bauwerkserde;
- Installation von Trenntransformatoren oder durch Anwendung des TT-Systems nach [prEN 50122-1:2020, Abschnitt 7](#).

Wenn es aus Sicherheitsgründen notwendig ist, darf jeder Abschnitt der metallenen Rohrleitung mit der Bauwerkserde verbunden werden.

### 7.3 Annäherung von Rohren oder Kabeln

Bei Annäherung von elektrischen Gleichstrom-Bahnenergieversorgungssystemen und erdverlegten Rohren oder Kabeln muss ein möglichst großer Abstand zwischen den leitfähigen Teilen angestrebt werden, um die Beeinflussung durch Streuströme zu minimieren.

Zur Bewertung des möglichen Einflusses von Streuströmen kann die in A.4 angegebene Messmethode genutzt werden.

Bei Kreuzungen von Gleisen mit Rohrleitungen oder Kabeln hat sich gezeigt, dass der Mindestabstand von 1 m für Streustromschutzmaßnahmen unter bestimmten Bedingungen wie wirksame Rohr- oder Kabelisolierung und Schienenisolierung angemessen sein kann. Die Beeinflussung auf solche Rohre oder Kabel ist noch nach ISO/FDIS 21857 zu bewerten.

### 7.4 Spannungsbegrenzungseinrichtungen

Werden Spannungsbegrenzungseinrichtungen (en: voltage-limiting devices; VLD) zwischen der Rückleitung und den metallenen Bauteilen des Bauwerks als Schutzmaßnahme gegen unzulässige Spannungen vorgesehen, müssen die Vorkehrungen gegen die Auswirkungen von Streuströmen eingehalten werden; siehe prEN 50122-1:2020, Anhang G.

## 8 Schutzmaßnahmen für metallene Bauwerke

Die Maßnahmen dieses Dokuments dienen dem Zweck, Streuströme zu reduzieren und damit die Streustromkorrosion zu verringern. Herkömmliche Schutzmaßnahmen gegen natürliche Korrosion bei bahnfremden Anlagen können angewendet werden, wenn sie als erforderlich angesehen werden. Falls zusätzliche Schutzmaßnahmen in Erwägung gezogen werden, muss das gesamte Schutzkonzept mit den Beteiligten vereinbart werden und mit den relevanten Normen betreffend Streustromkorrosion übereinstimmen.

Künstliche Metallgitter unterhalb der Gleise oder zusätzlich zu einer Bewehrung sind nicht notwendig und nicht empfehlenswert. Jedes Metallgitter im Gleisunterbau muss mit der Bauwerkserde verbunden sein.

ANMERKUNG 1 Solche künstlichen Metallgitter werden z. B. als „Streustromgitter“ oder „Streustromsammelnetz“ bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Die Erfahrung von mehr als drei Jahrzehnten hat gezeigt, dass das Risiko von Streustromkorrosion gering ist, wenn die Schienen als schwebendes System betrieben werden und elektrisch von der Erde isoliert sind, wie in diesem Dokument beschrieben. Für weitere Informationen siehe STEEL, Andy: Tramway Technical Guidance Note 3.

Die Verbindung zwischen jedweder metallener Bauwerke und der Rückleitungssammelschiene, selbst über eine gerichtete Streustromableitung, erhöht den gesamten Streustrom. Deshalb sollten alle metallene Bauwerke nur mit sorgsamer Betrachtung der Auswirkungen auf die Fahrschienen und andere Teile, die beeinflusst werden könnten, mit der Rückleitersammelschiene des Unterwerks verbunden werden. Die gerichtete Streustromableitung ist grundsätzlich nur dann anzuwenden, wenn sich die zu schützende Anlage weit entfernt von anderen Anlagen befindet.

## 9 Abstellanlagen und Werkstätten

Da sich die Gleise in Abstellanlagen und Werkstätten auf ein sehr kleines Gebiet beschränken, entsteht auf dieser Gleisfläche kein wesentlicher Spannungsfall. Deshalb ist abweichend von den grundlegenden Anforderungen in 7.1 aus Sicherheitsgründen ein direkter Potentialausgleich zwischen Bauwerkserde und der Rückleitung hinnehmbar. Als Folge davon müssen die Fahrschienen in Abstellanlagen oder Werkstätten und an ähnlichen Orten von der Hauptstrecke durch Isolierstöße getrennt werden und die Bahnenergieversorgung muss durch separate Transformator-Gleichrichtereinheiten erfolgen. Zu Berührungsspannungen über den Isolierstößen siehe prEN 50122-1:2020, Tabelle 10.

Im Falle einer gemeinsamen Bahnenergieversorgung von Depot und Hauptstrecke müssen geeignete Vor-

kehrungen zur Vermeidung von Schäden durch Streuströme und für die Kontinuität des Rückleitungskreises sowohl für die Hauptstrecke als auch für das Depot getroffen werden.

Wenn die Fahrschienen der Abstellanlage oder der Werkstatt mit der Hauptstrecke verbunden sind, muss die Isolation der Rückleitung gegen Erde genauso erfolgen wie bei der Hauptstrecke.

Ausnahmen sind zulässig, sofern eine Untersuchung der Streuströme nachweist, dass keine nachteiligen Auswirkungen auftreten können.

Zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen sollten gegebenenfalls Spannungsbegrenzungseinrichtungen (en: voltage-limiting devices; VLD-O) installiert werden. Die Einstellung dieser Einrichtungen muss die Werte für Abstellanlagen und Werkstätten nach prEN 50122-1:2020, 9.3.2.3, erfüllen.

## 10 Prüfungen und Messungen

### 10.1 Grundsätze

Um Schäden durch Korrosion in der Rückleitung nach 5.2 und Schäden in angrenzenden metallene Bauwerke nach 5.3 zu verhindern, müssen die Streustromverhältnisse bei der Inbetriebnahme bewertet und während des Betriebs überprüft werden. Damit werden Gegenmaßnahmen falls notwendig ermöglicht.

Die direkte Messung von Streuströmen ist schwierig, es haben sich aber alternative Verfahren als durchführbar erwiesen. Diese beruhen auf der Messung des Widerstands zwischen Rückleitung und Erde oder der Spannung gegen Erde, die durch den Zugbetrieb hervorgerufen wird. Änderungen im Ableitungsbelag müssen untersucht und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, falls die Streustromverhältnisse erfordern.

Unbeabsichtigte Verbindungen zwischen der Rückleitung und Erde müssen zur Vermeidung signifikanter Schäden verursacht durch Streustrom rechtzeitig beseitigt werden. Insbesondere sollte der Status der VLDs ständig oder regelmäßig geeignet überwacht werden, siehe EN 50526-2 und EN 50526-3.

In bestimmten Intervallen muss für Streustrombewertungen ein anerkanntes Verfahren benutzt werden. Anhang A führt geeignete Verfahren auf.

### 10.2 Überwachung der Schienenisolation

#### 10.2.1 Kontinuierliche Überwachung des Schienenpotentials

Mit einer wesentlichen Veränderung des Ableitungsbelags z. B. bei niederohmigen elektrischen Verbindungen zwischen der Rückleitung und Erde ändert sich das Schienenpotential entlang der Strecke.

Während des Betriebs wird das Schienenpotential mit einer Referenzsituation verglichen. Die Referenzsituation ist die Situation, in der die Anlage die Anforderungen dieses Dokuments erfüllt.

Veränderungen des Schienenpotentials entlang der Strecke sind ein Zeichen für eine Änderung des Ableitungsbelages einschließlich lokaler Verbindungen zwischen Schienen und Erde, welche die Streustromverhältnisse beeinflussen können.

Eine kontinuierliche Überwachung des Schienenpotentials unterstützt die Kontrolle der Durchgängigkeit der Rückleitung und erkennt Verbindungen zwischen der Rückleitung und Erde. B.1 gibt ein empfohlenes Verfahren an.

## 10.2.2 Wiederkehrende Überwachung

### 10.2.2.1 Allgemeines

Wird keine kontinuierliche oder tägliche Überwachung durchgeführt, muss eine wiederkehrende Überwachung erfolgen.

Das Zeitintervall zwischen den wiederkehrenden Überwachungen muss abhängig von der vorliegenden Gefahrensituation festgelegt werden.

Für die wiederkehrende Überwachung wird ein Zeitintervall von fünf Jahren empfohlen.

### 10.2.2.2 Wiederkehrende Messung des Ableitungsbelags der Fahrschienen

Die Anforderungen zum Ableitungsbelag nach 5.2 müssen eingehalten werden. Die Abschnitte A.2 bis A.4 geben anerkannte Messverfahren an.

### 10.2.2.3 Wiederkehrende Messung des Schienenpotentials

Bei einer elektrischen Verbindung zwischen der Rückleitung und Erde ändert sich das Schienenpotential entlang der Strecke im Laufe der Zeit. Solche Situationen können durch Messungen festgestellt werden, wenn andere Einflussparameter wie z. B. die Betriebsströme und der Zugfahrplan oder Betriebszustände im Wesentlichen unverändert bleiben.

Aufeinanderfolgende Messungen sollten vorzugsweise an denselben Stellen und nach den gleichen Verfahren vorgenommen werden.

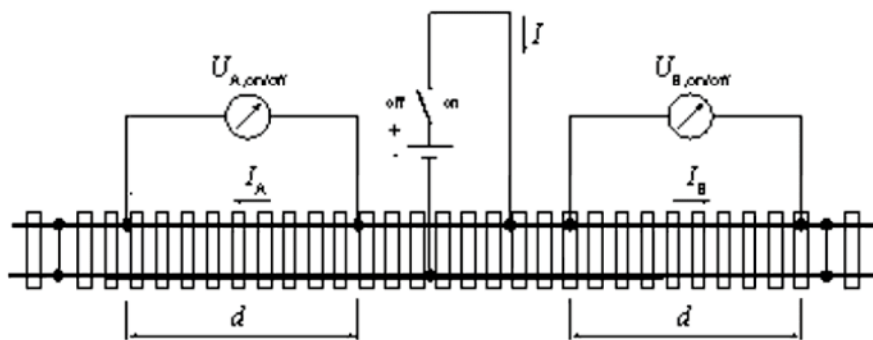
Falls die Wiederholungsmessungen des Schienenpotentials entlang der Strecke Mängel der Schienenisolation aufdecken, müssen zur Verbesserung der Situation Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Abschnitt B.2 gibt ein empfohlenes Messverfahren an.

## Anhang A (informativ)

### Messung von Streustromkennwerten

#### A.1 Schienenwiderstand

Die Messung des Schienenwiderstands ist notwendig, um den Zusammenhang zwischen dem Strom in der Schiene und der daraus resultierenden Spannung für die spätere Bestimmung des Ableitungsbelags, z. B. in einem Tunnel, zu erhalten. Bild A.1 zeigt die empfohlene Messanordnung. Der Abstand zwischen den Messpunkten ist abhängig von der Genauigkeit des Messgerätes (z. B. 10 m für ein Messgerät mit einer Genauigkeit von 0,1 mV oder 1 m bei einer Genauigkeit von 1 µV).



#### Legende

$d$  Abstand zwischen den Messpunkten

**Bild A.1 – Ermittlung des Schienenwiderstands einer 10 m langen Schiene**

Der Messgleichstrom  $I$  wird periodisch ein- (on) und ausgeschaltet (off), um andere Wirkungen während der Ausschalzeit zu erfassen.

Die Schwankungen der Messwerte sollten durch mehrere Messungen berücksichtigt werden. Ergeben sich Änderungen in der Polarität des Messkreises, sollten die Ursachen untersucht werden.

Das Verfahren ist nur anwendbar, wenn die Anlage außer Betrieb ist.

Die Messpunkte an den Fahrschienen sollten mindestens 1 m entfernt von den Einspeisungspunkten sein.

Die Längsspannungen  $U_A$  und  $U_B$  werden für jeden der beiden benachbarten Schienenabschnitte gemessen. Der Schienenwiderstand wird nach Gleichung (A.1) berechnet:

$$R_{R10m} = \frac{(U_{A,on} - U_{A,off}) + (U_{B,on} - U_{B,off})}{I} \quad (A.1)$$