

Überarbeitung der EN 50122 – Elektrische Sicherheit bei Bahnen

Steffen Röhlig, Offenbach am Main; Wolfgang Braun, Erlangen

Die Normengruppe EN 50122 gehört zu den Grundnormen für elektrische Bahnen. Sie beschreibt Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag, Maßnahmen zum Schutz gegen Streuströme und notwendige Schutzmaßnahmen beim Zusammentreffen von AC- und DC-Bahnen. Mit der Vorlage der Entwürfe der Teile 1 bis 3 im November 2020 wurde die Überarbeitung vorerst abgeschlossen.

Revision of the EN 50122 – Electrical safety on railways

The EN 50122 standard series is one of the basic standards for electric railways. The series describes protective measures against electric shock, measures against stray current effects and necessary protective measures for AC and DC railways interaction. The revision was completed for the time being with the submission of the drafts of Parts 1 to 3 in November 2020.

Révision de la norme EN 50122 – Sécurité électrique dans les chemins de fer

La série de normes EN 50122 est l'une des normes de base pour les chemins de fer électriques. Il décrit les mesures de protection contre les chocs électriques, les mesures de protection contre les courants vagabonds et les mesures de protection nécessaires lorsque les chemins de fer AC et DC se rejoignent. La révision s'est achevée pour le moment avec la soumission en novembre 2020 du projet des parties 1 à 3 de la norme.

1 Einleitung

Die Normengruppe EN 50122 gehört zu den Grundnormen für elektrische Bahnen. Die ersten Fassungen wurden 1997 für Teil 1 [1] und 1998 für Teil 2 [2] veröffentlicht. Teil 1 war die erste Europäische Norm für Bahnanwendungen überhaupt. Grundlage für beide Normen war die deutsche Norm VDE 0115, später auch bezeichnet als DIN 57115. Die erste Fassung der VDE 0105 beziehungsweise deren Vorläufer datiert aus dem Jahr 1900 und nannte sich „Sicherheitsregeln für elektrische Bahnanlagen“ [3]. In den folgenden Jahrzehnten wurde die Norm mehrfach angepasst und vollzog die Erkenntnisgewinnung aus der Bahnelektrifizierung für Gleichstrombahnen und für Wechselstrombahnen, insbesondere für das Spannungssystem AC 15 kV 16²/₃ Hz, nach. Dies erklärt im Nachgang auch einige Werte und Anforderungen, die sich in der EN 50122 wiederfinden.

Teil 1 beschäftigt sich im Wesentlichen mit Maßnahmen gegen elektrischen Schlag, definiert Schutz durch Abstand, das heißt Schutzabstände, und den Schutz durch Hindernisse. Er definiert die zulässigen Berührungsspannungen, besondere Maßnahmen an sonstigen elektrischen Anlagen im Bahnbereich sowie Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen gegen Gefährdungen durch das Bahnenergieversorgungssystem. Bei allen Fällen geht es darum, Personen oder Nutztiere vor lebensgefährlicher elektri-

scher Durchströmung zu schützen. Teil 2 legt Maßnahmen zum Schutz gegen die Auswirkungen von Streuströmen bei Gleichstrombahnen fest, die mitunter den Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag entgegenwirken und so abzustimmen sind, dass die elektrische Sicherheit für Personen stets gewährleistet ist.

Die Normengruppe EN 50122 wurde erstmals bis Ende der 2010er Jahre grundlegend überarbeitet und neu strukturiert [4; 5]. Des Weiteren wurde Teil 3 neu eingeführt, der Schutzmaßnahmen beim Zusammentreffen von Gleich- und Wechselstrombahnen definiert [6]. Wesentlicher Grund für die Einführung dieses Teils ist die Besonderheit, dass bei der

Hintergrund

Die Normengruppe EN 50122 wird durch die Arbeitsgruppe WG 01 im Unterkomitee SC 9XC des für Bahnanwendungen zuständigen Europäischen Komitees für elektrotechnische Normung CENELEC TC 9X bearbeitet. Die jetzt vorliegenden Normentwürfe wurden im November 2020 veröffentlicht und in die Umfrage gegeben. Bis zum 19. Februar 2021 können über die nationalen Normungskomitees Kommentare zum Entwurf eingebracht werden.

Nach Be- und Einarbeitung der Kommentare ist mit einer Veröffentlichung der Normengruppe Ende 2021/Anfang 2022 zu rechnen.

Die deutschen Fassungen der Normentwürfe werden voraussichtlich im März 2021 veröffentlicht.

Information und Bezugsmöglichkeiten:
www.dke.de, www.beuth.de

Überlagerung von Gleich- und Wechselspannungen im Unterschied zu reinen Gleich- oder Wechselgrößen bereits bei niedrigeren Spannungswerten lebensbedrohliche Wirkungen durch den Körperstrom auftreten können. Dem entsprechend sind darin Maßnahmen beschrieben, die ein Vagabundieren von Rückströmen im jeweils anderen System begrenzen oder weitgehend ausschließen.

Im Nachgang zur Veröffentlichung der europäischen Normen wurde die Normengruppe EN 50122 in die weltweit geltende IEC 62128 [7] überführt. Die drei Teile der Norm entsprechen im Wesentlichen den europäischen Normen, sie wurden jedoch um einige insbesondere im asiatischen Raum übliche und anerkannte Regelungen ergänzt.

2 Anlass und Ziel der Überarbeitung

Normen werden grundsätzlich in regelmäßigen Abständen auf Notwendigkeit der Überarbeitung geprüft. Gründe dafür können sein die Weiterentwicklung des Standes der Technik, die Einführung neuer Technologien, neue Einschätzungen zu Risiken, allgemeine Änderungen in der Nutzung des Vokabulars und von Definitionen. Gründe können auch andere Normen und Regelwerke sein, die inhaltlich relevant für die zu prüfende Norm selbst sind und die in irgendeiner Beziehung zueinander stehen.

Bei der Normengruppe EN 50122 verhält es sich so, dass sie selbst Grundlage für viele andere Normen sind. Dementsprechend muss bei einer Überarbeitung sorgfältig geprüft werden, welche Auswirkung diese Änderungen für Teilsysteme oder Komponenten haben können.

Mit Ausnahme einiger Interpretationsspielräume gab es durch die Anwendung der Normengruppe EN 50122 wenig Anlass für Änderungen. Es waren keine relevanten Probleme im Hinblick auf Maßnahmen zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit bekannt. Die beschriebenen Schutzmaßnahmen, die definierten Schutzabstände und maximalen Berührungsspannungen haben sich bewährt.

In der Zwischenzeit wurden jedoch Normen aufgestellt und eingeführt, die zunehmend als Grundlage für Definitionen der EN 50122 hätten dienen können. Bei Anwendung dieser Normen erzielte man mitunter Ergebnisse, die teilweise im Widerspruch standen oder bei deren Betrachtung die Vorgaben der EN 50122 widersprüchlich erschienen. Das ist aufgrund der Geschichte und Entwicklung der Normengruppe auch nicht verwunderlich. Es war unmöglich, die Grundlagen der Anforderungen und Grenzwerte in der alten VDE 0115 widerspruchsfrei nachzuvollziehen. Die Notizen dazu

gingen im Laufe der Zeit verloren oder sind nicht mehr auffindbar.

Als Ziele der Überarbeitung der Norm wurden deshalb definiert:

- weitgehende Harmonisierung der Europäischen Norm EN 50122 mit der internationalen Norm IEC 62128
- Harmonisierung der Definitionen mit anderen Bahnnormen wie der EN 50119 [8], der Sicherheitsgrundnorm zum Schutz gegen elektrischen Schlag EN 61140 [9] und dem Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuch (*International Electrotechnical Vocabulary*, IEV) IEC 60050 mit seinen Teilen (online abrufbar in [10]); die Definitionen für alle drei Teile sind in Teil 1 enthalten
- insgesamt die Überprüfung und Verbesserung von Formulierungen zur Reduzierung des Interpretationsspielraums
- speziell in Teil 1:
 - komplette Überarbeitung des Kapitels 5 einschließlich der Klärung der Definition und der Maßnahmen für Schutz durch Abstand und Schutz durch Hindernisse
 - Überarbeitung des Kapitels 7 für elektrotechnische Anlagen im Bahnbereich, die nicht der elektrischen Zuführung dienen
- Teil 2:
 - Prüfung des Textes hinsichtlich der Auswirkung von Anpassungen in Teil 1
 - Überprüfung und Erweiterung der Messverfahren zum Nachweis der Einhaltung des Ableitungsbelags Gleis/Erde
- Teil 3:
 - Prüfung des Textes hinsichtlich der Auswirkung von Anpassungen in Teil 1

Alle drei Teile wurden aufgrund ihrer inhaltlichen Verflechtung parallel überarbeitet und im November 2020 als Entwurf veröffentlicht [11; 12; 13].

3 Wesentliche Änderungen

3.1 Teil 1

3.1.1 Anwendungsbereich

Die Norm definiert Schutzabstände zu spannungsführenden (aktiven) Teilen im Bahnbereich. Diese betreffen sowohl ortsfeste Anlagen als auch Fahrzeuge. Folglich wurde im Anwendungsbereich eine Formulierung aufgenommen, welche die Relevanz der Bestimmungen für aktive Teile an der Außenseite von (Bahn-)Fahrzeugen herstellt.

Die Normen gelten grundsätzlich für Eisenbahn und (spur-)geführte Nahverkehrsbahnen. Dazu zählen auch Obus-Systeme. In den letzten Jahren wur-

den insbesondere Autobahnen mit einem Oberleitungssystem ausgerüstet. Die ortsfesten Anlagen sind in wesentlichen Teilen mit denen von Obus-Systemen vergleichbar. Folglich wurden auch diese Systeme in den Anwendungsbereich der Norm aufgenommen.

3.1.2 Definitionen

Sämtliche Definitionen wurden auf Übereinstimmung mit dem IEV überprüft und gegebenenfalls angepasst. Sofern die IEV-Definition hinsichtlich der Anwendung nicht zweckmäßig war oder zu Missverständnissen führen kann, wurde diese modifiziert und die Unterschiede zum IEV entsprechend markiert. Analog wurde bei der Nutzung von Definitionen aus anderen Normen verfahren. Darüber hinaus enthält die Norm eigene Definitionen.

Einige Definitionen wurden neu aufgenommen. Beispiele sind:

- zugänglicher Bereich
- Standfläche (wesentliche Änderung)
- erweiterte Rückleitung
- Rückleitung (wesentliche Änderung)
- Booster-Transformator-Rückleiter
- Fahrleitungsanlage (teilweise aus EN 50119:2020 übernommen)
- bodennahe Stromschiene
- Längstragseil (en: *catenary wire*)
- elektrischer Abstand

- Schutzabstand
- Gefahrenzone
- Näherungszone
- Basisisolierung
- doppelte Isolierung
- verstärkte Isolierung
- Verkehrsfläche

Die Aufnahme der Definitionen war insbesondere wegen der Harmonisierung zu den Vorgaben der EN 61140 erforderlich. Die vorstehend genannten Beispiele geben nicht in jedem Fall den vollständigen Wortlaut wieder.

3.1.3 Oberleitungsbereich und Stromabnehmerbereich

Zur Definition des Oberleitungsbereichs und des Stromabnehmerbereichs und insbesondere zur Bestimmung deren Höhe wird neu zwischen Fahrdrabt und Längstragseil unterschieden.

Bei der Definition des Oberleitungsbereichs wird nunmehr auch die Gleisüberhöhung berücksichtigt.

Die in 4.3 definierten Bereiche für Obus-Systeme gelten neu auch für sonstige Straßenfahrzeuge, die eine Oberleitung nutzen.

3.1.4 Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren

Die umfangreichsten Änderungen der Normüberarbeitung betreffen das Kapitel 5. Auch wenn der Begriff des „direkten Berührens“ in der EN 61140 keine weitere Verwendung findet, wurde er in der EN 50122 beibehalten. Es geht schlussendlich darum, den direkten Kontakt mit aktiven Teilen von ortsfesten Anlagen und aktiven Teilen an Fahrzeugen, die Standflächen passieren oder an diesen halten, zu vermeiden. Bei Niederspannung bis AC 1 kV und DC 1,5 kV gilt als direkter Kontakt das Berühren, bei Hochspannung bereits das Eindringen in die Gefahrenzone.

Der Schutz gegen direktes Berühren kann gewährleistet werden durch

- Schutz durch Abstand oder
- Schutz durch Hindernisse.

Schutz durch Abstand ist stets die bevorzugte Lösung. Ist der einzuhaltende Abstand gewährleistet, bedarf es keiner weiteren Maßnahmen. Können die geforderten Abstände hingegen nicht eingehalten werden, muss mit Hindernissen versucht werden, den direkten Kontakt auszuschließen. Hierzu werden zwei Methoden beschrieben, die Strichmännchen- und die Seilmethode. Beide Methoden sind verschieden aufwendig und liefern leicht abweichende Ergebnisse, bei der Seilmethode ergeben sich stets

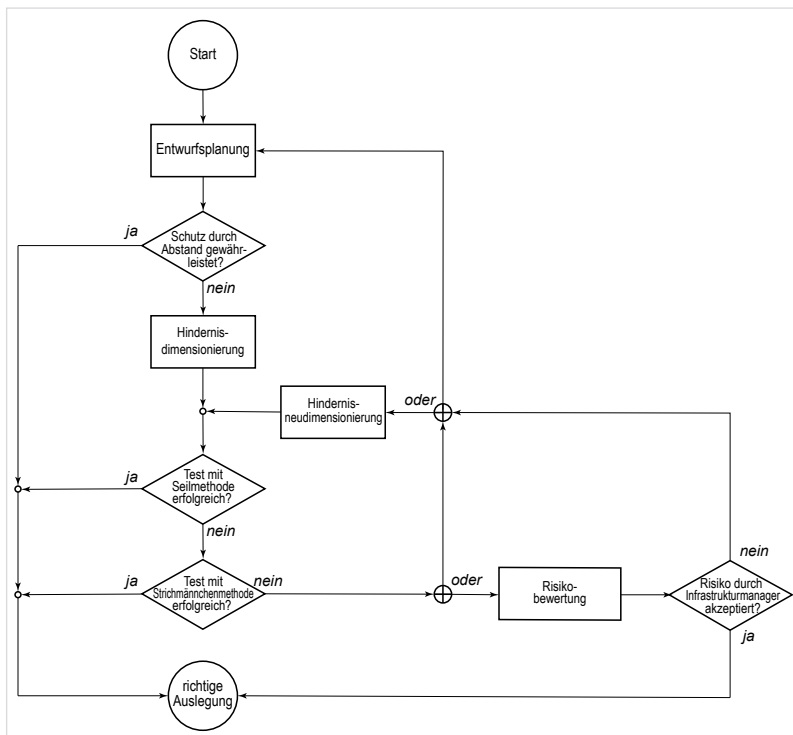


Bild 1: Auslegungsprozess zum Erreichen des Schutzes gegen direktes Berühren (Bild 3 aus [11]).

größere Abstände. Relevant sind jedoch die Ergebnisse der Strichmännchenmethode, welche die Beweglichkeit von Menschen genauer berücksichtigt. Abnahmebehörden, Planprüfer und Benannte Stellen müssen die Ergebnisse der Strichmännchenmethode zugrunde legen. Sie können nicht die Ergebnisse der Seilmethode einfordern, nur weil diese einfacher zu nutzen ist.

Mit Bild 3 in der Norm wird ein Vorgehen zur Gewährleistung des Schutzes gegen direktes Berühren vorgegeben (Bild 1).

In der bisher gültigen Version der EN 50122-1 wird bezüglich sämtlicher Abstandswerte nur zwischen Niederspannung und Hochspannung unterschieden. Bei Niederspannung für Nennspannungen bis AC 1 kV oder DC 1,5 kV ist eine Unterscheidung nach der Spannungsebene nicht sinnvoll, da die Unterschiede im Millimeterbereich liegen und diese für Bauausführungen irrelevant sind. Anders verhält es sich bei Hochspannung mit den genormten Spannungsebenen 3 kV, 15 kV und 25 kV. Hier war nicht erklärbar, warum es keine Unterscheidung bei den Abständen aufgrund der Spannungshöhe gibt. Das Studium der alten Normen legte nahe, dass man die Werte für 15 kV einfach für sämtliche Spannungsebenen der Hochspannung festgelegt hat. Dieser Zustand konnte nicht länger akzeptiert werden, da in anderen relevanten Normen bezüglich der Spannungsebenen differenziert wird. Folglich wurde das Modell überarbeitet (siehe hierzu auch [14]). Die prEN 50122-1 definiert für die unterschiedlichen Spannungsebenen einzeln elektrische Abstände in Luft.

Diese kennzeichnen die Gefahrenzone, in die das Eindringen von Körperteilen oder in der Hand gehaltener Objekte verhindert werden muss. Neben der Nennspannungsebene wird auch ein korrespondierender Schaltüberspannungswert angegeben. Ist davon auszugehen, dass im konkreten Anwendungsfall von höheren Schaltüberspannungswerten auszugehen ist, müssen die Abstandswerte entsprechend korrigiert werden.

Zunächst wird mit einem Sicherheitszuschlag ein Schutzabstand abgeleitet. Dieser berücksichtigt sowohl einige Risiken als auch anteilig ein in der Hand haltbares Objekt. Der Schutzabstand ist der spannungsabhängige Teil für den Schutz durch Abstand (Tabelle 1).

Der Gesamtabstand setzt sich weiter aus einem spannungsunabhängigen Teil zusammen. Dieser besteht aus der Armreichweite zuzüglich der Länge eines in der Hand haltbaren Objekts und berechnet sich aus:

- Schulterhöhe 1,65 m gebildet aus
 - Hüfthöhe 1,00 m
 - Oberkörperlänge 0,65 m
- Armlänge 0,85 m
- (seitlicher) Lehnzuschlag 0,40 m
- Objektlänge 0,50 m

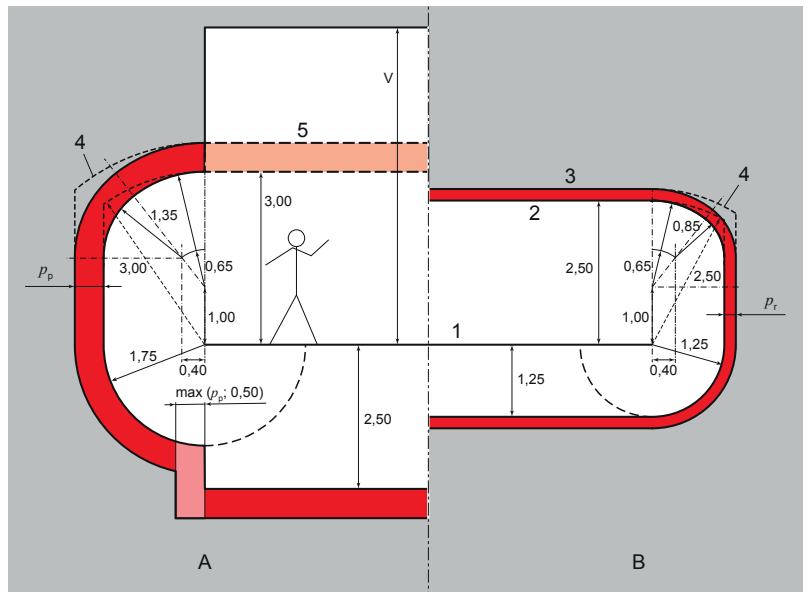


Bild 2:

Mindestabstände zu berührbaren aktiven Teilen an der Außenseite von Fahrzeugen sowie zu aktiven Teilen von Oberleitungsanlagen von Standflächen aus, die von Personen betreten werden dürfen (Bild 4 aus [11]).

A – öffentlicher Bereich, B – nicht-öffentlicher Bereich, 1 – Standfläche, 2 – Reichweiten-Grenzlinie, 3 – Schutzabstands-Grenzlinie, 4 – vereinfachte Abstandsgrenzlinie, 5 – reduzierte Höhe, V – Höhe über Standflächen, p_p – Schutzabstand für öffentliche Bereiche, p_r – Schutzabstand für nicht-öffentliche Bereiche

Für die Bestimmung des Abstands leitfähiger Teile von der Oberfläche der Standfläche wird ein Gelenkstab genutzt, dessen Gelenke in Höhe der oben angegebenen Maße liegen (Bild 2).

Im Ergebnis entspricht die Hüllkurve für 15 kV den bisher bekannten Maßen. Für 25 kV erhöhen sie sich, für 3 kV verringern sie sich entsprechend der Schutzabstände (Tabelle 1).

Für Niederspannung erhöhen sich die Abstände im Vergleich zur bisherigen Norm deutlich. Hierzu ist zu bemerken, dass in der bisherigen Norm die Hüllkurve für Niederspannung, öffentlicher Bereich, in der Form von allen anderen Varianten abweicht. Der Grund dafür konnte nicht ermittelt werden. Es ließ sich aber kein Argument dafür finden, die Grundlagen für die Berechnung der Handreichweite bei den

Tabelle 1				
Elektrischer Abstand und Schutzabstand (nach Tabellen 1 und 2 aus [11]).				
Nennspannungsebene	Schaltüberspannung	elektrischer Abstand in Luft	Schutzabstand	
			öffentlicher Bereich	nicht-öffentlicher Bereich
kV	kV	m	m	m
$\leq 1,0$ (AC) $\leq 1,5$ (DC)	nicht relevant	$> 0,00$	0,05	0,05
3 (AC)	12	0,03	0,40	0,10
15 (AC)	75	0,15	0,50	0,20
25 (AC)	125	0,24	0,60	0,30

unterschiedlichen Spannungsebenen nicht zu differenzieren (siehe hierzu auch [14]).

Neu ist ein erhöhter Abstand direkt über der Standfläche (V in Bild 1). Hier sollen grundsätzlich die aus den Freileitungsnormen bekannten Abstände verwendet werden. Ausnahmen für Fahrleitungsbau- teile sind in Tabelle 3 der Norm genannt, Verstärkungs- und Speiseleitungen gehören ausdrücklich nicht dazu.

Für den Fall, dass Schutz durch Abstand nicht realisiert werden kann, muss Schutz durch Hindernisse gewährleistet werden. Die Idee dabei ist, dass durch ein geeignet angeordnetes Hindernis der Abstand von der Standfläche zum leitfähigen Teil verkürzt werden kann. Das Hindernis ist dabei innerhalb und bis zu den Rändern der Hüllkurve nach Bild 2 anzuordnen.

Zur Bestimmung der Hindernisse werden zwei Methoden angeboten: die Seilmethode und die Strichmännchenmethode. Das Strichmännchen wird durch einen Gelenkstab mit den oben angegebenen Maßen repräsentiert. Beim Gelenkstab gibt es die Besonderheit des Armabschnitts. Zur Nachbildung der Beweglichkeit des Arms ist dieser Abschnitt als Seil nachgebildet. Das vereinfacht auch die Nutzung der Methode. Das Seil ist als Stab mit unendlichen vielen Gelenken anzusehen. Die Länge von Seil oder Gelenkstab ergibt sich aus der Länge der Handreichweite (Schulterhöhe plus Arm) zuzüglich Objekt und spannungsabhängigem Schutzabstand.

Bild 3 zeigt die Anwendung der Methoden für ein 1 m hohes Hindernis, zum Beispiel eine vollwandige Brückenbrüstung, links nach der Seil-, rechts nach der Strichmännchenmethode. Das eine Ende des Seils oder der Fußpunkt des Gelenkstabs wird an der Grenze der Standfläche platziert. Die sich aus der Beweglichkeit von Seil oder Gelenkstab ergebende Hüll-

kurve um das Hindernis herum ergibt den Bereich, in dem kein leitfähiges Teil angeordnet werden darf.

Für den hinter einem Hindernis einzuhaltenden Freiraum sind dessen Eigenschaften maßgebend, wie Vollwandigkeit, Öffnungen nach einer IP-Code (EN 60529 [15]) oder Maschendraht. Die Norm nennt Methoden zur Bestimmung des Abstands direkt hinter Hindernissen (d_o in Bild 3).

Da die Methode spannungsabhängige Ergebnisse liefert, wurde in der Norm auf die Darstellung konkreter Anwendungsbeispiele mit Abmaßen verzichtet. Im informativen Anhang B sind für unterschiedliche Hindernistypen und auch -kombinationen spannungsneutrale Beispiele angegeben, mit deren Hilfe die Handhabung der Methoden demonstriert wird. Die Methoden erlauben deren Nutzung für den Nachweis beliebiger Anordnungen, auch architektonisch anspruchsvolle Sonderlösungen mit geneigten oder gebogenen und kombinierten Hindernissen.

Für den Schutz gegen direktes Berühren spannungsführender Teile an Fahrzeugen wurde ebenfalls die Strichmännchenmethode eingeführt. Bisher wurde anstelle eines Gelenkstabs ein gerader Stab verwendet. Die neue Methode liefert verglichen mit der bisherigen eher konservative Ergebnisse. Im Zusammenhang mit dem zunehmenden Einsatz von Niederflurfahrzeugen oder solchen mit Niederfluranteil und hohen Bahnsteigen gewinnt diese Fragestellung zunehmend an Bedeutung.

3.1.5 Schutzmaßnahmen bei Niederspannungsanlagen

Kapitel 7, Schutzmaßnahmen für nicht für die Traktionsversorgung vorgesehene Niederspannungsanlagen, wurde überarbeitet und erweitert. Dabei geht es um Anlagen, deren Teile und die ihres Erdungssystems mit der Rückleitung der Bahnanlage verbunden sind. Dazu können zählen Bahnsignal- und Bahnüberwachungssysteme, Beleuchtungsanlagen und Fenwirkanlagen. Die Maßnahmen für Geräte der Schutzklassen I und II wurden präzisiert.

Bei den Niederspannungsanlagen wurde das IT-Netz explizit wieder als mögliche Netzform eingeführt. Neu wurde eine Tabelle 6 eingeführt, welche die bisherige Tabelle 2 ersetzt und auf die Übersichtsbilder der einzelnen Netzformen verweist.

3.2 Teil 2

Die wesentlichen Änderungen in Teil 2 beschränken sich auf

- Harmonisierung der Begrifflichkeiten mit prEN 50122-1
- Aktualisierung der Verweise auf geänderte Normen, insbesondere auf ISO FDIS 21857

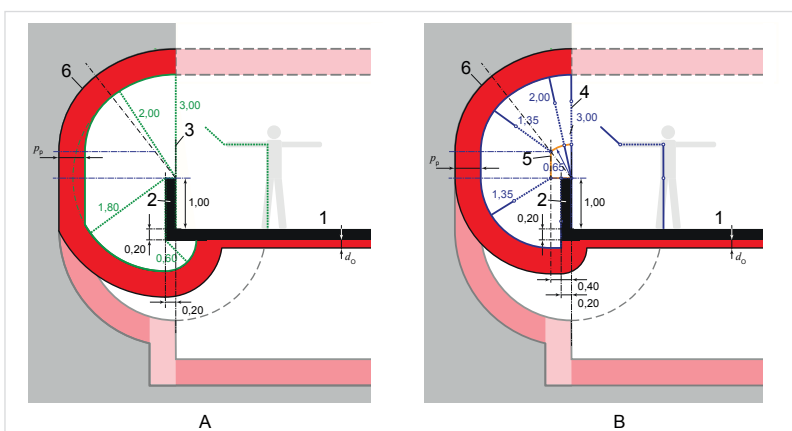


Bild 3: Anwendung der Seilmethode verglichen mit der Strichmännchenmethode für ein Hindernis mit 1,00 m Höhe (Bild 5 aus [11]). A – Seilmethode, B – Strichmännchenmethode, 1 – Standfläche (vollwandig), 2 – Hindernis, 3 – gespanntes Seil, 4 – Gelenkstab (Strichmännchenmodell), 6 – Schutzabstand, p_p – Schutzabstand, d_o – Abstand unter/hinter Hindernis

[16] anstelle der bisherigen Streustrom-Norm EN 50162 [17]

- Überarbeitung der Messmethoden zur Messung von Streustromkennwerten in Anhang A
- Einführung eines neuen Anhangs D zu Laborprüfungen von Materialien für die Schienenisolierung

Im normativen Text wird neu darauf hingewiesen, dass zusätzliche metallene Strukturen unter dem Fahrweg, das sogenannte Streustromsammelnetz oder -gitter, nicht als geeignete Methode zur Streustromminimierung anzusehen ist.

3.3 Teil 3

Die Änderungen in Teil 3 betreffen im Wesentlichen die Harmonisierung mit Teil 1 (Begriffe). Ansonsten wurden keine technischen Änderungen vorgenommen.

Literatur

- [1] EN 50122-1:1997: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Teil 1: Schutzmaßnahmen in Bezug auf elektrische Sicherheit und Erdung.
- [2] EN 50122-2:1998: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen die Auswirkungen von Streuströmen verursacht durch Gleichstrombahnen.
- [3] Sicherheitsregeln für elektrische Bahnanlagen, herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker. Berlin: Julius Springer, München: R. Oldenbourg, 1900.
- [4] EN 50122-1:2011 + A1:2011 + AC:2012 + A2:2016 + A3:2016 + A4:2017: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag.
- [5] EN 50122-2:2010: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrombahnen
- [6] EN 50122-3:2010: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 3: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnen.
- [7] IEC 62128 series: Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit (Parts 1 to 3, published 2013).
- [8] EN 50119:2020: Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für die elektrische Zugförderung.
- [9] EN 61140:2016: Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel.
- [10] IEC 60050 series: Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel. Als Datenbank abrufbar unter www.electropedia.org.
- [11] prEN 50122-1:2020: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag.
- [12] prEN 50122-2:2020: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrombahnen.
- [13] prEN 50122-3:2020: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 3: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnen.
- [14] Röhlig, S.: Überarbeitung der Normengruppe EN 50122. In: Elektrische Bahnen 114 (2016), H.6, S. 298–300.
- [15] EN 60529:1991/A2:2013/AC:2019-02: Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code).
- [16] ISO FDIS 21857:2020: Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Prevention of corrosion on pipeline systems influenced by stray currents.
- [17] EN 50162:2005: Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen.

Autoren



Dr.-Ing. Steffen Röhlig (57); Studium Elektrotechnik/Elektrische Bahnen und Promotion an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden; 1992 bis 2014 ELBAS Elektrische Bahnsysteme Ingenieur-Gesellschaft mbH, Geschäftsführer; seit 2014 Balfour Beatty Rail GmbH, jetzt Rail Power Systems GmbH, bis 2018 Geschäftsbereichsleiter Bahnenergieversorgung, seit 2019 Head of Business Development; Mitarbeit in deutschen und europäischen Normungsgremien, darunter UK 351.2, K 351, CENELEC SC 9XC, Convenor WG 01

Adresse: Rail Power Systems GmbH, Frankfurter Straße 111, 63067 Offenbach am Main, Deutschland;
Fon: +49 69 30859-425;
E-Mail: steffen.roehlig@rail-ps.com



Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Braun (51); Studium der Elektrotechnik, Schwerpunkt Elektrische Energietechnik, an der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt bis 1997; seit 1997 Mitarbeiter bei Siemens AG, jetzt Siemens Mobility GmbH, Senior Key Expert im Center of Competence System Engineering Rail Infrastructure – Electrification, Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsgremien.

Adresse: Siemens Mobility GmbH, SMO RI EL COC SE, Mozartstraße 33 B, 91052 Erlangen, Deutschland;
Fon: +49 9131 17-55290;
E-Mail: wolfgang.a.braun@siemens.com