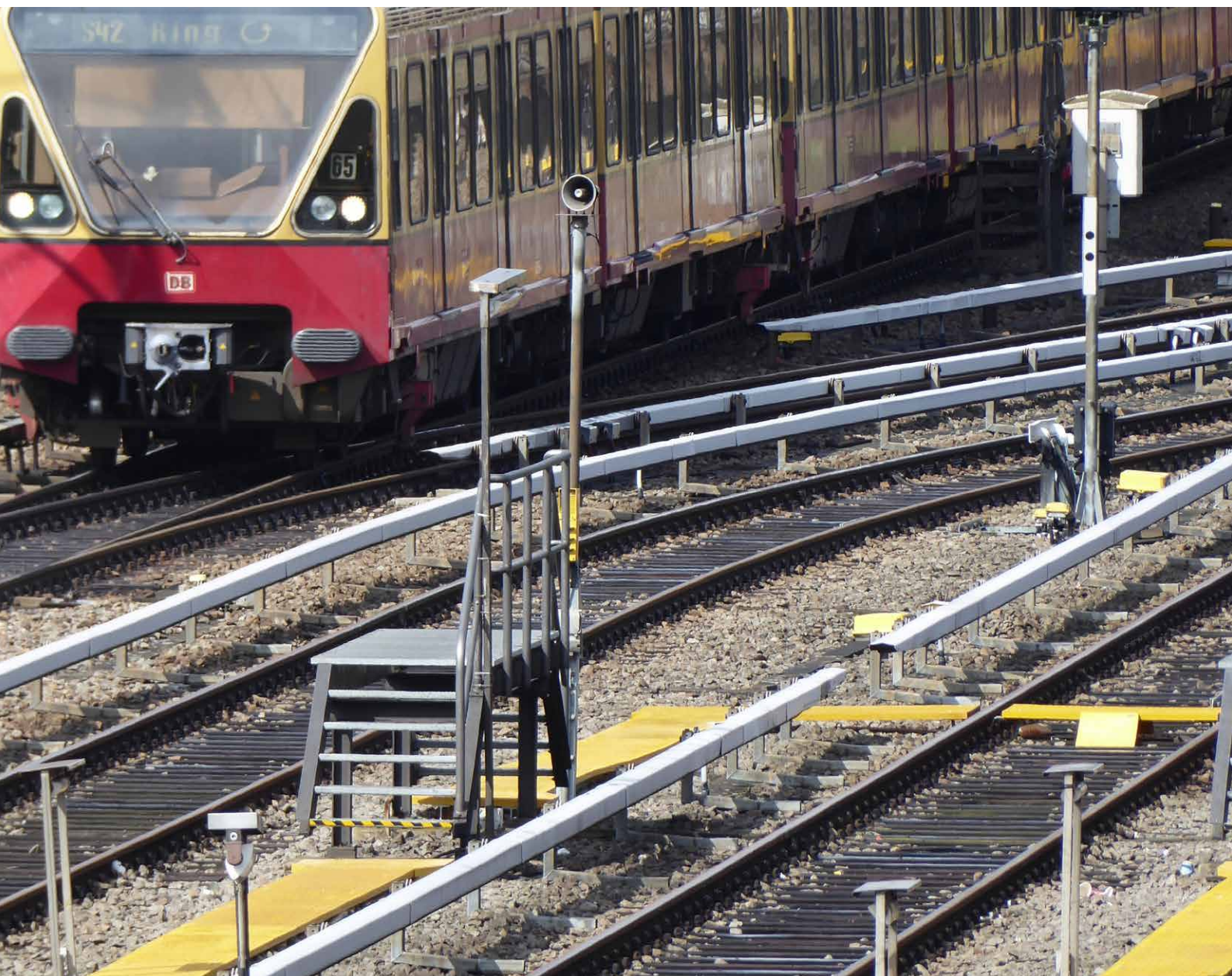


# BahnPraxis E



**Aktuell** Sicher arbeiten an der Oberleitung und an Stromschienen  
Schienenpotenzial und die daraus resultierende Berührungsspannung

## Liebe Leserinnen und Leser,

André Grimm von der Unfallversicherung Bahn und Bund greift in seinem Artikel die Fragen „Schutzabstand von 1,5 Metern bei Arbeiten in der Nähe zur Oberleitung der DB Netz AG“ und „Dürfen die Stromschienen der Berliner S-Bahn überstiegen werden?“ auf. Beides sind hochaktuelle Themen, da in letzter Zeit die Anzahl der Unterschreitungen des Schutzabstandes mit zum Teil schlimmen Auswirkungen stark zugenommen haben.

Christian Budde von der DB Energie Zentrale geht in seinem Beitrag „Schienenpotenzial und die daraus resultierende Berührungsspannung“ auf Themen wie abgreifbare Potenziale im Hand-Fuß- bzw. Hand-Hand-Bereich und mögliche Maßnahmen zur Vermeidung ein.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen

## Ihr BahnPraxis E-Redaktionsteam



**Unser Titelbild**

Verkehrswege  
S-Bahn Berlin

Foto: UVB/Grimm

### Impressum „BahnPraxis E“ Zeitschrift für Elektrofachkräfte zur Förderung der Betriebssicherheit und der Arbeitssicherheit bei der Deutschen Bahn AG

#### Herausgeber

Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB) – Gesetzliche Unfallversicherung – Körperschaft des öffentlichen Rechts, in Zusammenarbeit mit der DB Energie GmbH und der DB Netz AG, alle mit Sitz in Frankfurt am Main.

#### Redaktion

Horst Schöberl (Chefredakteur), André Grimm, Martin Herrmann, Marcus Ruch (Redakteure).

#### Anschrift

Redaktion BahnPraxis E, DB Energie GmbH, Ständiger Vertreter des Eisenbahnbetriebsleiters Region West (I.ESS W), Galluspark 23, 60326 Frankfurt am Main.

#### Erscheinungsweise und Bezugspreis

Erscheint in der Regel zweimal im Jahr. Der Bezugspreis ist für Mitglieder der EUK im Mitgliedsbeitrag enthalten. Die Beschäftigten erhalten die Zeitschrift kostenlos. Für externe Bezieher: Jahresabonnement Euro 5,00 zuzüglich Versandkosten.

#### Verlag

Bahn Fachverlag GmbH  
Linienstraße 214, D-10119 Berlin  
Telefon (030) 200 95 22-0  
Telefax (030) 200 95 22-29  
E-Mail: mail@bahn-fachverlag.de  
Geschäftsführer: Dipl.-Kfm. Sebastian Hüthig

#### Druck

Laub GmbH & Co KG, Brühlweg 28,  
D-74834 Elztal-Dallau.

#### Sprache

Für die Inhalte der BahnPraxis werden geschlechtsneutrale Formulierungen bevorzugt oder beide Geschlechter gleichberechtigt erwähnt. Wo dies aus Gründen der Lesbarkeit unterbleibt, sind ausdrücklich stets beide Geschlechter angesprochen.



Fragen an die UVB

## Sicher arbeiten an der Oberleitung und an Stromschienen

André Grimm, Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB), Arbeitsschutz und Prävention, Region Ost, Berlin

Die allgemeinen Betriebsvorschriften und Normen haben sich zwar seit langer Zeit entwickelt, doch im Bereich der elektrischen Zugförderung in den letzten Jahrzehnten nur wenige Anpassungsänderungen erfahren. Verändert haben sich aber die Arbeit selbst und deren Organisation, die Gesellschaft und vor allem die Sicht auf den Arbeitsschutz. Deshalb, und auch weil immer wieder neue Mitarbeiter ins Berufsfeld „Bahnstrom und Oberleitung“ einsteigen, müssen auch auf den ersten Blick als „alter Hut“ erscheinende Fragestellungen immer mal wieder neu hinterfragt werden.



Arbeitsgrenze durch die SH2-Scheibe gesehen

Foto: UVB/Grimm

tungsvorschrift wird auf diese Norm als allgemein anerkannte Regel der Elektrotechnik verwiesen. Die Einhaltung dieser Norm gilt damit in Deutschland als verbindlich und sicher.

Für nicht elektrische, also allgemeine Arbeiten von Laien in der Nähe von 15 kV-Anlagen ergibt sich aus Tabelle 4 dieser Unfallverhütungsvorschrift ein Schutzabstand von 3 m. Für Arbeiten, ausgeführt von Elektrofachkräften und elektrotechnisch unterwiesenen Personen, ist nach Tabelle 3 der Schutzabstand von 1,5 m zulässig.

selten durchgeführt wurden. Aber auch in diesen Fällen war und ist es für Mitarbeiter anderer Unternehmen zulässig, auf der Basis der DIN-VDE 0105-103 von den Tabellenwerten der Ausführungsbestimmungen der Unfallverhütungsvorschrift abzuweichen.

Zulässig bedeutet aber in diesem Zusammenhang nicht, dass diese Mindestanforderung auch bei allen Arbeiten ausgenutzt werden soll. Die Einhaltung von Abständen ist eine reine Anforderung an das Verhalten der Mitarbeiter und kann angesichts des großen Gefährdungspotenzials der Oberleitungsspannung von 15.000 Volt nicht als einzige Maßnahme im Arbeitsschutz angewendet werden oder als sicher gelten. Als „sicher“ können im Grunde nur Maßnahmen bezeichnet werden, die zuverlässig, nachhaltig und unabhängig vom Menschen wirken. Selbst die Erhöhung des Schutzabstandes auf 3 m (bei elektrifizierten Bahnen an vielen Stellen nicht möglich) würde letztlich nur wenig Sicherheitsgewinn bedeuten, weil Fehlern des Menschen auf solche Weise nicht beizukommen ist.

Zur unendlichen Geschichte des Schutzabstandes von 1,5 m zu spannungsführenden Teilen der 15 kV-Oberleitungen der Bahn werden solche Fragen häufig gestellt: „Warum findet sich in den Unfallverhütungsvorschriften anderer Berufsgenossenschaften kein Hinweis auf den Schutzabstand von 1,5 m und müssen deshalb die Fremdfirmen 3 m einhalten?“ und „Wird eine besondere Qualifikation erforderlich, um diesen Schutzabstand anzuwenden?“. Danach wird noch eine Frage zum Schutzabstand speziell aus dem Berliner Bereich zum Übersteigen von Stromschienen gestellt.

### Schutzabstand von 1,5 m bei Arbeiten in der Nähe zur Oberleitung

Schutzabstände beim Arbeiten in der Nähe von zu Spannung führenden Teilen sind in der Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ verankert. Die Grundlage der in mehreren Tabellen für verschiedene Anwendungsfälle dargestellten Schutzabstände bildet die DIN-VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen“. Im Anhang 3 der Unfallverhü-

Seit die Eisenbahn-Unfallkasse (heute UVB) diese Unfallverhütungsvorschrift erstmalig als GUV 2.10 (später GUV-V A3 und heute DGUV Vorschrift 4) in Kraft setzte, trägt die Tabelle 4 eine Fußnote mit dem Hinweis auf abweichende Festlegungen in der DIN-VDE 0105-103. Dieser Teil 103 „Zusatzfestlegungen für Bahnen“ der VDE 0105 konkretisiert, ändert und ersetzt bei Abweichungen den Teil 100. Danach ist für alle Arbeiten in der Nähe von 15 kV-Oberleitungen der Schutzabstand von 1,5 m zu Spannung führenden Teilen einzuhalten.

Diese Verfahrensweise wurde so schon immer bei beiden deutschen Bahnen und auch in den Nachbarländern im selben Bahnstromsystem gehandhabt. Es handelt sich nicht etwa um eine gefahrerhöhende Sonderregelung, sondern um eine bestehende anerkannte Regel der Technik, die hier in die Vorschrift übernommen wurde. Notwendig wurde dieser Schritt, weil solche Arbeiten täglich von versicherten Mitarbeitern durchgeführt werden. Andere Berufsgenossenschaften änderten ihre Vorschrift nicht, weil in deren Mitgliedsbetrieben solche Arbeiten nur von wenigen Versicherten und relativ

Deshalb werden – früher schon und künftig noch mehr – solche Arbeiten zwangsweise mit bestimmten Rahmenbedingungen verknüpft:

Die DIN-VDE 0105-103 verlangt schon seit langer Zeit den Einsatz von „bahntechnisch unterwiesenen Personen“. Jeder auf elektrifizierter Strecke Tätige muss die Gefährdungen aus der Fahrleitung kennen und erkennen können. Diese lebensrettenden Kenntnisse können bei bahnfremden Unternehmen nicht automatisch vorausgesetzt werden. Da Arbeiten von Dritten heute sehr viel häufiger vorkommen als in früheren Zeiten, ist diese Forderung wichtiger als je zuvor und gleichzeitig immer schwieriger durchzusetzen.

Grundsätzlich hat der Unternehmer des Fremdbetriebes für die Unterweisung seiner Mitarbeiter zu sorgen. Der Auftraggeber ist in der Pflicht, ein geeignetes Unternehmen auszuwählen und zu dieser Eignung gehört auch das entsprechend ausgebildete und unterwiesene Personal. Letztlich muss der Anlagenbetreiber die ordnungsgemäße Durchführung der Arbeiten stichprobenartig



Foto: DB AG/lowe Mithras

Warnschild auf der Strecke Bamberg–Lichtenfels

kontrollieren. Es kann vereinbart werden, dass die bahntechnische Unterweisung mit der örtlichen Einweisung erfolgt. Verfügen die Ausführenden nicht über die notwendigen Kenntnisse, müssen sie während der Tätigkeiten entsprechend

permanent beaufsichtigt werden. Die Anwendung des Schutzabstandes von 3 m ist im Bahnbereich nur punktuell, in Einzelfällen, möglich und kann nicht als grundsätzliche Lösung empfohlen werden.

Unfälle werden oft durch Verwechslungen oder Unachtsamkeit ausgelöst. Deshalb müssen Arbeitsgrenzen vor allem in Querrichtung eindeutiger festgelegt und im Freigabeverfahren besser integriert werden. Auch könnte der verstärkte

Elektrifizierungsarbeiten auf der Strecke Nürnberg–Ingolstadt



Foto: BVMG/Clavis-Weber



S-Bahn Berlin der Baureihe ET 481

Einsatz von Arbeitsgrenzschildern in der Oberleitung oder der zusätzliche Einbau von Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen, zum Beispiel an Trennern, hilfreich sein.

Die beste Methode wäre es, der aktuellen DIN-VDE 0105-103 folgend, die Anwendung des Schutzabstandes von 1,5 m nur zuzulassen, wenn es begründet notwendig ist. Oft könnten im Bahnhofsbereich größere Anlagenteile als nur gerade eben die benötigte Schaltgruppe gesperrt werden.

Selbst komplette Außerbetriebnahmen ganzer Bahnhöfe und Strecken werden heute für große Bauvorhaben praktiziert. Das führt neben den Vorteilen für einen reibungslosen Bauablauf zur wesentlichen Erhöhung der Sicherheit der Arbeiten.

In kommenden europäischen Normen wird es vermutlich weitere Einschränkungen der bisherigen Arbeitsweisen geben. Denkbar sind künftig auch Verbote gefährlicher Arbeiten, zum Beispiel von Leitern oder von bestimmten Arbeiten bei Nacht wegen der erhöhten Gefährdung durch unzureichende Beleuchtung.

Und wenn irgendwann das Arbeiten auf Schutzabstand immer mehr zu einer Ausnahme wird, könnte aus der Geschichte der Fußnote in einer Vorschrift eine Fußnote der Geschichte werden.

### Dürfen die Stromschienen der Berliner S-Bahn überstiegen werden?

Eine Frage, die sich zu Beginn der Berliner S-Bahn-Elektrifizierung vermutlich kaum jemand stellte, weil die Fachleute das bekannte Restrisiko als eher gering einschätzten. Aufgrund der konstruktiven Gestaltung der nur unten offenen Berliner Stromschiene ist das Gefahrenpotenzial auch tatsächlich deutlich geringer als bei anderen oben oder seitlich bestrichenen Stromschienen.

Nach der auch hier anzuwendenden DIN-VDE 0105-103 „Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 103: Zusatzfestlegungen für Bahnen“ und der DGUV Vorschrift 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ der UVB ist das Übersteigen von Stromschienen wegen der notwendigen Einhaltung des Schutzabstandes von 1 m grundsätzlich nicht zulässig. Selbst für Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen zulässige Abstand von 0,5 m lässt sich beim Übersteigen in der Regel nicht einhalten. Deshalb sind die Stromschienen an kreuzenden Verkehrswegen zu unterbrechen oder die Verkehrswege sind so anzulegen, dass sie die Stromschienen nicht kreuzen.

Zu beachten ist bei der Planung von Bahnanlagen und auch bei der Planung von Sicherungsmaßnahmen für Baustellen, dass geschwindigkeitsabhängige

Sicherheitsräume auf einer Seite jedes Gleises anzuordnen und freizuhalten sind. Nach § 5 (6) der Vorschrift 72 „Eisenbahnen“ der UVB gilt: **Der Sicherheitsraum muss erkennbar und sicher erreichbar sein.** In den folgenden Ausführungsbestimmungen findet sich der Hinweis: **Sicher erreichbar ist der Sicherheitsraum, wenn vor ihm keine Anlagen vorhanden sind, die den Zugang erschweren oder gefährden, wie zum Beispiel Stromschienen.**

Sind Kreuzungen mit Verkehrswegen oder Einschränkungen des Sicherheitsraumes begründet und mit angemessenen Mitteln nicht zu vermeiden, müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung und im Einzelfall zusätzliche Maßnahmen gefunden und durchgeführt werden, um die Sicherheit zu gewährleisten. Es sind deshalb im Ausnahmefall an solchen Stellen geeignete Standflächen zum Übersteigen einzurichten.

Geeignet ist eine Standfläche zum Übersteigen beispielsweise wenn

- Stromschienen oben und seitlich isolierend abgedeckt sind
- Zugfahrten rechtzeitig erkannt werden können
- Der Verkehrsweg auf der Höhe der Schienenoberkante verläuft
- Der Verkehrsweg eben und trittsicher ist, zum Beispiel mittels glasfaserverstärkter Kunststoff-(GFK)-Ausbohlung

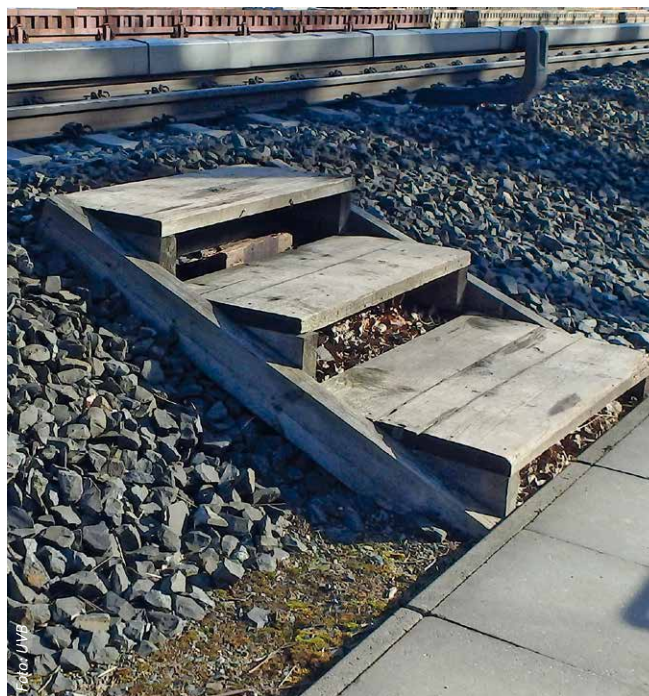


Geeignete Standfläche zum Übersteigen

- Ausreichende Beleuchtung mit mindestens 10 Lux (lx) vorhanden ist
- Die Gefahrenstelle deutlich, zum Beispiel schwarz/gelb gekennzeichnet ist.


Bedingung für eine solche Lösung ist, dass die Beschäftigten diese Gefährdung kennen und nachweislich regelmäßig unterwiesen werden. Laien ohne Beaufsichtigung oder nicht bahntechnisch unterwiesene Personen dürfen in solchen Bereichen von Stromschienenanlagen nicht eingesetzt werden.

Entsprechende Festlegungen sind auch zu treffen, wenn unzulässige Näherungen im Bereich parallel zur Stromschiene geführter Verkehrswege oder zu Spannung führenden Stromabnehmern/ Aufsteckdornen nicht ausgeschlossen werden können.



Ungeeignete Standfläche zum Übersteigen

UVB-  
Vorschrift 72  
„Eisenbahnen“



**UVB**  
Unfallversicherung  
Bund und Bahn

**72**

**DGUV Vorschrift 72**

Unfallverhütungsvorschrift  
**Eisenbahnen**

mit Durchführungsanweisungen vom September 1998<sup>1)</sup>  
\* aktualisierte Ausgabe August 2006

Gültig ab 1. Oktober 1999

September 1998



Foto: DB AG/Frank Kniestedt

Baumaßnahmen an bestehenden Strecken

## Schienenpotenzial und die daraus resultierende Berührungsspannung

Christian Budde, DB Energie GmbH, I.ETZ 3(1), Frankfurt am Main

Bei Bauprojekten an bestehenden Strecken gibt es immer wieder unterschiedliche Auffassung darüber, inwieweit das Projekt Auswirkungen auf die bestehende Erdungsanlage hat. Der vorliegende Artikel zeigt, unter welchen Voraussetzungen man theoretisch zeigen kann, dass ein Bauprojekt die Erdungsanlage einer bestehenden Strecke nur verbessern kann.

Als Schienenpotenzial bezeichnet man die Spannung zwischen den Fahr-schienen einer elektrifizierten Eisenbahnlinie und der fernen Erde, welche definitionsgemäß das Potenzial 0 Volt (V) hat. Diese Spannung tritt bei elektrischer Traktion immer auf, da die Rückleitung einen Widerstand größer 0 Ohm ( $\Omega$ ) hat. Um diese Spannung auf für den Menschen ungefährliche Werte zu begrenzen, werden bei Wechselstrombahnen die Fahr-schienen niederohmig mit dem umgebenden Erdreich verbunden. Sie werden „bahngeerdet“. Dadurch werden zwei Dinge erreicht: Erstens verringert sich der Strom in den Schienen um den Anteil, der nun in der Erde fließt. Zweitens kann das Schienenpotenzial nicht mehr vollständig abgegriffen werden. Unter dem Gleis bildet sich ein elektrisches Strömungsfeld aus. Wie um jeden Erder herum gibt es einen Potenzialverlauf vom Erder weg hin zur Gegenelektrode, hier die ferne Erde. Der Potenzialverlauf ist im Anhang C der EN 50122-1 beschrieben.

Der maximale Abstand zweier Potenziale, die abgegriffen werden können, ist normativ fest gelegt. Für den Berührungsfall Standfläche zu einem leitfähigen Teil (Hand zu Füße) ist das 1 Meter (m) (Abbildung 1).

Dem Anhang C der EN 50122-1 kann man entnehmen, dass für diesen Fall 30 Prozent der Gleis-Erde-Spannung abgreifbar sind. Auf diesen Fall ist die Erdungsanlage der Oberleitung ausgelegt, das heißt, der resultierende Widerstand Gleis zu ferne Erde ist so gering, dass 30 Prozent der Gleis zu ferne-Erde-Spannung 65 V im Betrieb nicht überschreiten. Da für die Berechnung üblicherweise nur die Ableitungen der Maste berücksichtigt werden, ist die real auftretende Spannung weit geringer. Um diese Anforderung, 65 V nicht zu überschreiten, zu erfüllen, sind in der Ril 997.02 Mindestableitungen pro Kilometer definiert. Werden diese Ableitungswerte erreicht, wurde nachgewiesen, dass die zulässigen Spannungen unterschritten werden. Die Anlage ist somit sicher und darf betrieben werden.

Sollte nun ein weiteres erdfühliges Teil zur bestehenden Erdungsanlage hinzukommen, so wird, elektrisch gesehen, dem bestehenden Gleis-Erde-Widerstand ein weiterer endlicher Widerstand parallel geschaltet.

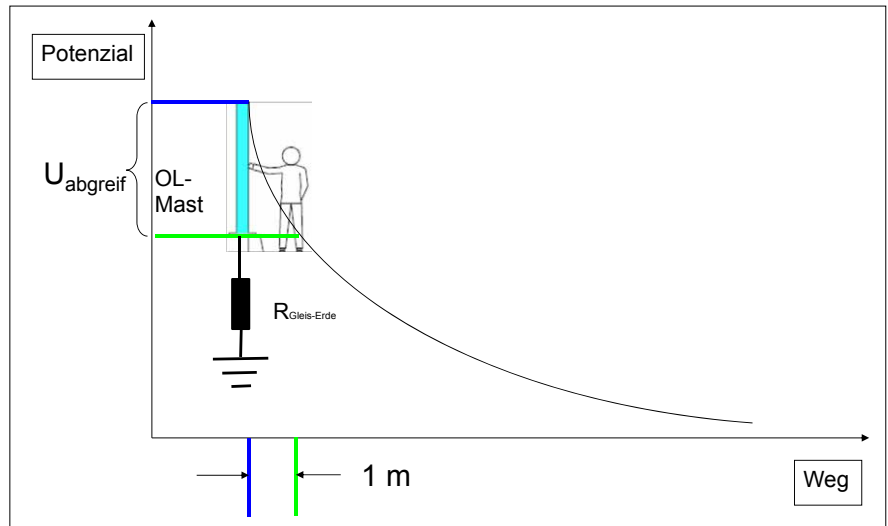


Abbildung 1: Abgreifbares Potenzial im Hand-Füße-Bereich

Quelle: Christian Budde

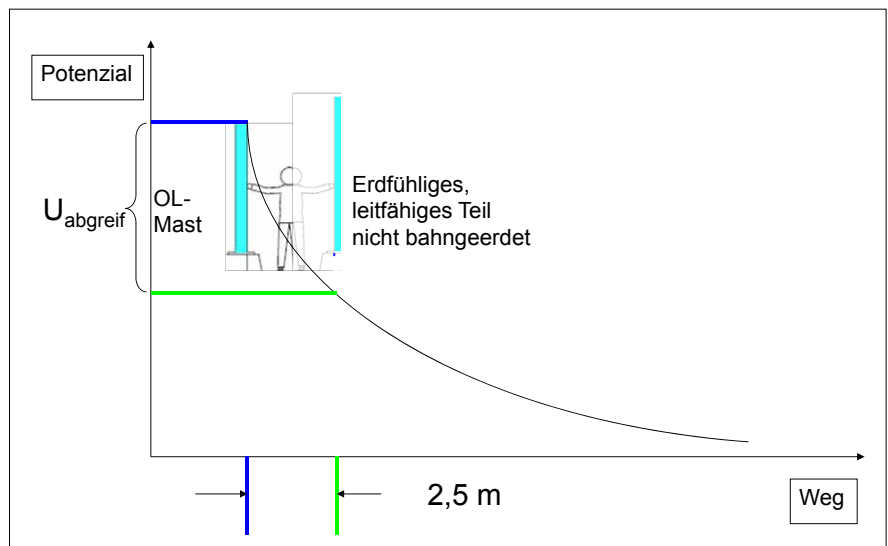


Abbildung 2: Abgreifbares Potenzial im Hand-Hand-Bereich

Quelle: Christian Budde

$$R_{\text{Gleis-Erde neu}} = \frac{R_{\text{Gleis-Erde alt}} * R_{\text{Zusatz}}}{R_{\text{Gleis-Erde alt}} + R_{\text{Zusatz}}}$$

Formel 1: Parallelschaltung von Widerständen

Den Grundlagen der Mathematik zur Parallelschaltung ist zu entnehmen, dass – egal wie groß der zusätzliche Widerstand ist – der resultierende neue Gleis-Erde-Widerstand immer kleiner ist als der Widerstand vor der Parallelschaltung (Formel 1). Damit muss aber – unter gleichen Voraussetzungen wie zum Beispiel Oberstrom oder Kurzschlussstrom – die Gleis-Erde-Spannung geringer sein als vor der Parallelschaltung. Die Anlage bleibt also sicher und kann betrieben werden.

### Der Hand-Hand-Bereich

Zu beachten ist jetzt nur noch, ob der abgreifbare Anteil der Gleis-Erde-

Spannung gleich geblieben ist. Sind weiterhin nur 30 Prozent der Gleis-Erde-Spannung abgreifbar, besteht also nur die Berührungsmöglichkeit, Hand-Füße mit einem Abstand von 1 m oder der Hand-Hand-Bereich muss beachtet werden.

Der Hand-Hand-Bereich ist normativ so festgelegt, dass zwei Dinge, die 2,5 m auseinander stehen, von einem Menschen gleichzeitig berührt werden können (Abbildung 2).

Aus Abbildung 3 ist ersichtlich, dass weniger als 60 Prozent des Gleis-Erde-Potenzials abgreifbar sind.

Musste vorher schon der Hand-Hand-Bereich berücksichtigt werden, so ist die neue Anlage natürlich ebenfalls sicher, da sich die Umstände nur verbessert haben können (siehe oben). Wenn ein Hand-Hand-



Die Gleis-Erde-Spannung errechnet sich zu  $\underline{U}_{GE} = \underline{I} \times (1 - \underline{k}) \times (e^{-\underline{\gamma}(1-x)} - e^{-\underline{\gamma}x}) \times \frac{\underline{Z}_W}{2}$

Dabei ist:  $\underline{I}$  der Traktionsstrom,  
 $\underline{k}$  der komplexe Kopplungsfaktor zwischen dem Schienen- und dem Erdstrom,  
 $\underline{\gamma}$  die komplexe Fortpflanzungskonstante der Gleis-Erde-Schleife und  
 $\underline{Z}_W$  der komplexe Wellenwiderstand der Gleis-Erde-Schleife.

Der Term  $(e^{-\underline{\gamma}(1-x)} - e^{-\underline{\gamma}x})$  beschreibt das Abklingen der Gleis-Erde-Spannung in Abhängigkeit zur Entfernung zum Ort des Stromeintrags (siehe Abbildung 4). Der Teil braucht nicht berücksichtigt zu werden, da nur der maximale Wert am Ort des Stromeintrages betrachtet wird. Die Gleis-Erde-Spannung darf auch im Maximum die zulässigen Werte nicht überschreiten. Die Formel vereinfacht sich daher zu:  $\underline{U}_{GE} = \underline{I} \times (1 - \underline{k}) \times \frac{\underline{Z}_W}{2}$

$\underline{k}$  variiert geringfügig in Abhängigkeit vom Erdbodenleitwert zwischen 0,41 und 0,46. Der Einfluss beträgt also nur circa 10 Prozent. Der k-Faktor ist bei hohem Erdbodenwiderstand größer als bei kleinem. Bei schlechten Bodenverhältnissen senkt der Kopplungsfaktor die Gleis-Erde-Spannung ab. Die Vernachlässigung seines Einflusses geht daher zur sicheren Seite hin. Die Formel vereinfacht sich weiter zu:  $\underline{U}_{GE} \approx \underline{I} \times \frac{\underline{Z}_W}{2}$

Damit bestimmt also der Wellenwiderstand  $\underline{Z}_W$  maßgeblich die Gleis-Erde-Spannung.

Der Wellenwiderstand berechnet sich zu:  $\underline{Z}_W = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{GE}}{\underline{Y}_{GE}}}$

Der Widerstand der Gleis-Erde-Schleife  $Z_{GE}$  ist in geringem Maße abhängig von der Erdbodenleitfähigkeit. Bei 27  $\Omega\text{m}$  beträgt er  $(0,046 + j0,251) \Omega$  und bei 290  $\Omega\text{m}$  beträgt er  $(0,046 + j0,275) \Omega$ . Die Differenz der Werte für die Wellenwiderstände bei 290  $\Omega\text{m}$  und 27  $\Omega\text{m}$  ist kleiner 3 Prozent.

Den größten Einfluss auf die Gleis-Erde-Spannung hat der Gleis-Erde-Ableitungsbelag  $\underline{Y}_{GE}$ . Dieser ist aber unabhängig von der Erdbodenleitfähigkeit und in der Ril 997.02 in Anhängigkeit von den gegebenen Stromwerten vorgegeben.

Ein vorhandener Hand-Hand-Bereich lässt sich also nur dadurch erklären, dass  $\underline{Y}_{GE}$  so groß ist, dass die gesamte Gleis-Erde-Spannung  $\underline{U}_{GE}$  so gering ist, dass 60 Prozent gefahrlos abgegriffen werden können.

Quelle: Formeln und Werte aus „Fahrleitungen elektrischer Bahnen“; Kießling, Puschmann, Schmieder, Schmidt; Teubner Verlag Stuttgart; 2. Auflage 1998

Bereich vorhanden ist, muss der dort vorhandene Ableitungsbelag den Wert des in der Ril 997.02 geforderten Ableitungsbelages so weit übertreffen, dass die Gleis-ferne-Erde-Spannung so weit gesunken ist, dass auch circa 60 Prozent gefahrlos abgegriffen werden können (siehe Infobox).

Bei der Berücksichtigung eines vorhandenen Hand-Hand-Bereiches kann auch das weitere Umfeld entlang der Strecke betrachtet werden, wenn sich die notwendige kilometrische Ableitung nach Tabelle 1 der Ril 997.0202 nicht ändert. Sollte also in ein paar Kilometern Entfernung schon

Abbildung 3:  $U_{RP}$  ist das Schiene-Punkt-Potenzial

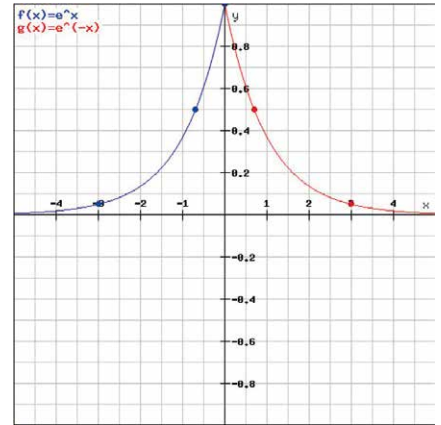
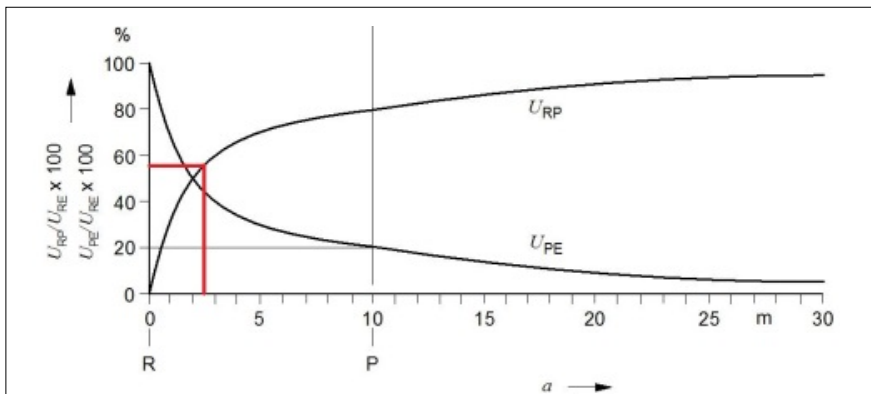


Abbildung 4: Normierter Verlauf des Gleis-Erde-Potenzials entlang der Strecke

Quelle: <https://rechneronline.de/funktionsgraphen/>

der Hand-Hand-Bereich beachtet worden sein, dann kann man davon ausgehen, dass auch am neuen Ort die Berührungsspannung eingehalten wird.

Der Ableitungsbelag  $\underline{Y}_{GE}$  wird über die gesamte Übergangslänge zur Stromableitung und zum Potenzialausgleich mit dem umgebenen Erdreich genutzt. Als Übergangslänge ist der Bereich definiert, in dem die Ausgleichsvorgänge zwischen Gleis und Erdreich und damit auch die Gleis-Erde-Spannung auf circa 5 Prozent abgeklungen sind (siehe Punkte bei  $x=3$  und  $x=-3$  in Abbildung 4).

In Abbildung 4 kann man den Verlauf der Gleis-Erde-Spannung über der Entfernung zum Ort des Stromeintrages (Standort der Lok bei  $x=0$ ) sehen. Der Verlauf ergibt sich aus der zweiten Klammer in der Formel für die Gleis-Erde-Spannung (siehe Infobox). Die abgreifbare Spannung im Hand-Hand-Fall ist annähernd doppelt so hoch, wie die im Hand-Füße-Fall (siehe Abbildungen 1 und 2). Das bedeutet, dass die Ableitung am Ort des Hand-Hand-Falles so gut sein muss, dass die Gleis-Erde-Spannung auf 0,5 in Abbildung 4 begrenzt wird. Damit muss die erhöhte Ableitung aber mindestens eine Wirksamkeit bis zum eingezeichneten Punkt bei  $y=0,5$  bzw.  $-0,5$  haben. Über die e-Funktion errechnet sich der zugehörige  $x$ -Wert zu 0,7 bzw.  $-0,7$ . Da definitionsgemäß die Über-

Quelle Bild C.1 aus DIN EN 50122-1 (VDE 0155-3):2016-10, wiedergegeben mit Genehmigung 212.017 des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich. Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE VERLAG GMBH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin, HYPERLINK „<http://www.vde-verlag.de>“ [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de), und der Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin erhältlich sind.



Fahrleitungsabnahme auf einer in Bau befindlichen Schnellfahrstrecke

Ableitbetrag [S/km]	Übergangslänge [km]	Wirksamkeit einer erhöhten Ableitung [km]
0,5	27	6,3
1	14	3,26
1,5	9,4	2,2
2	7	1,6

Tabelle 1: Übergangslängen und Abstände, in denen eine erhöhte Ableitung noch berücksichtigt werden kann in Abhängigkeit vom Mindestableitbetrag der Strecke.

Quelle: Christian Budde

gangslänge  $l_{Ü}$  bei  $x = 3$  bzw.  $x = -3$  liegt, kann nun der Bereich berechnet werden, in dem ein vorhandener Hand-Hand-Bereich berücksichtigt werden kann.  $x = l_{Ü} \frac{0,7}{3}$ .

Die Übergangslänge ist wiederum abhängig vom Ableitungsbelag  $Y'_{GE}$ . Tabelle 1 gibt einige Werte für gängige Ableitwerte.

### Fazit

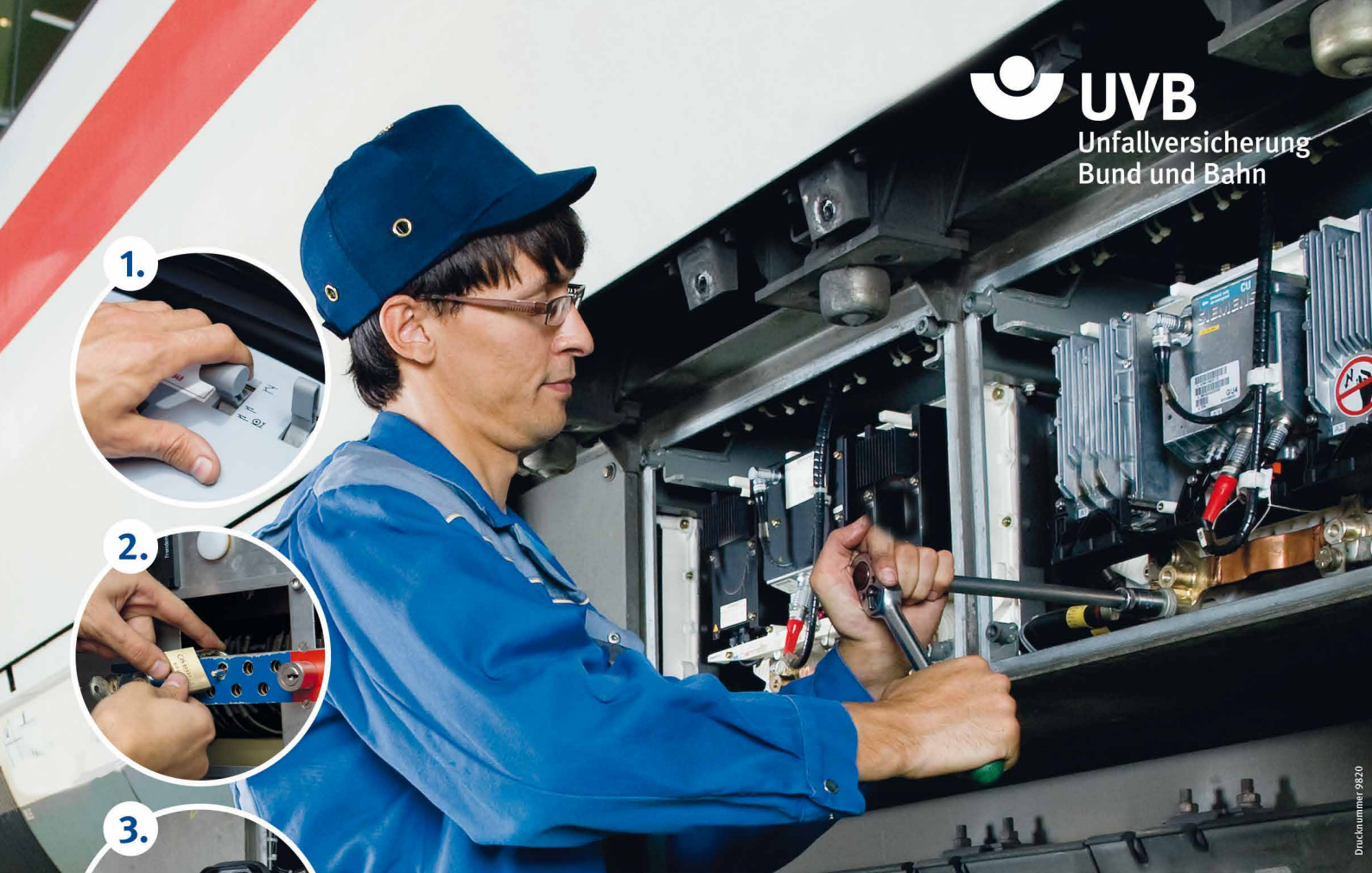
Sowohl für den Berührungsfall Hand-Füße wie auch für den Fall Hand-Hand konnte auf theoretischem Weg nachgewiesen werden, dass unter den genannten Umständen die Bahnerdungsanlage auch mit den neu hinzu gebauten erdfühligen Teilen sicher ist und betrieben werden kann.

Sollten die oben genannten Umstände nicht gegeben sein, bieten sich mehrere Alternativen an. Diese können sein:

- Potenzialsteuernde Maßnahmen zwischen den beiden Teilen
- Offene Bahnerdung des bahnseitigen Teils
- Hindernisse zur Vermeidung der gleichzeitigen Berührbarkeit.

Diese Möglichkeiten bieten sich vor allem bei nur punktuell auftretenden Problemen an.

UVB-Information  
214-072  
„Arbeiten im  
Bereich von Ober-  
leitungsanlagen“



Drucknummer 9820



# Sicher arbeiten an elektrischen Anlagen!

## Fünf Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken