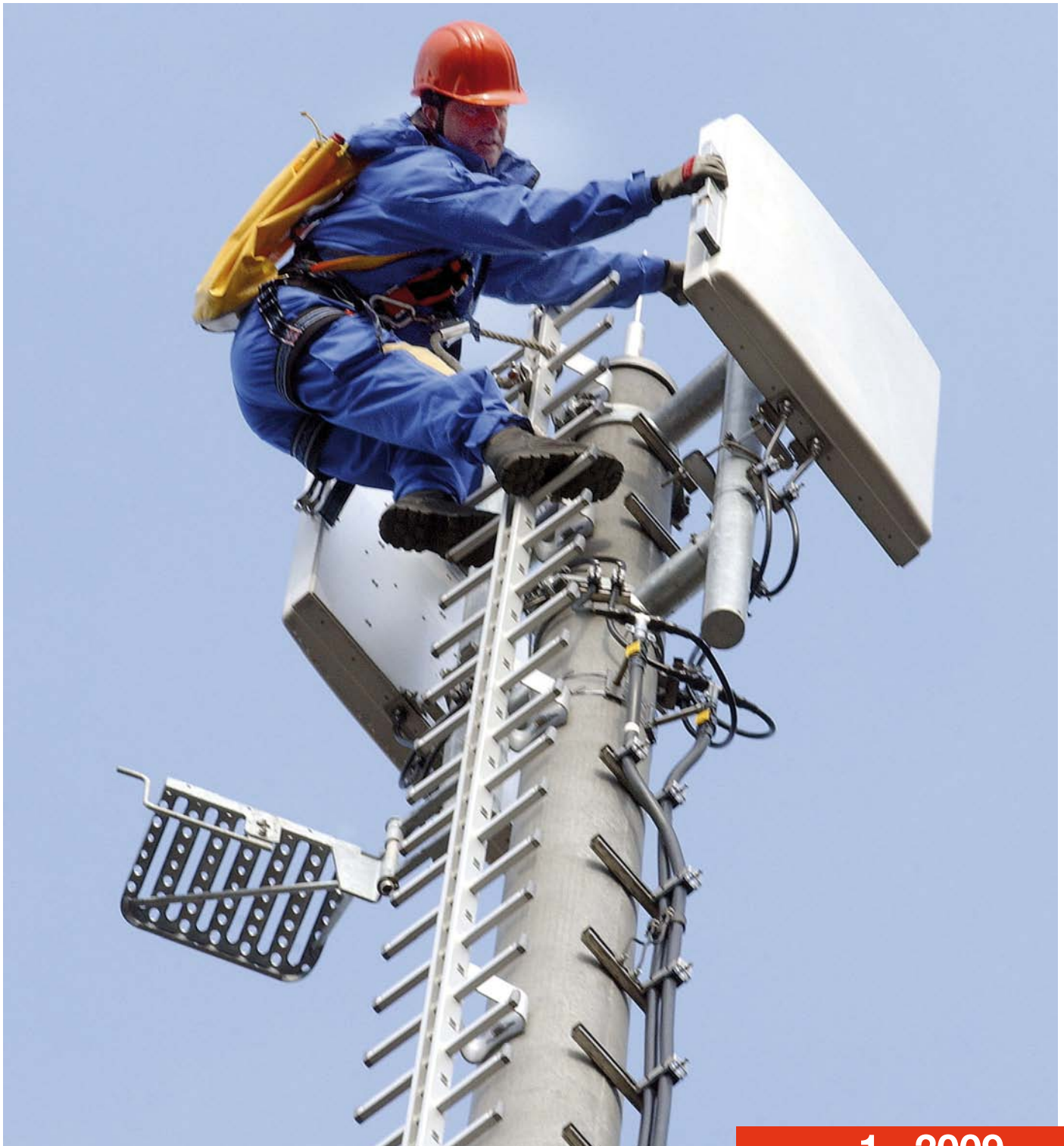


Bahn *Praxis* E

Zeitschrift für Elektrofachkräfte zur Förderung der Betriebssicherheit und der Arbeitssicherheit bei der DB AG



1 · 2009

- Überspannungen in Bahnanlagen – Besondere Anforderungen an die Schutzeinrichtungen
 - Kommentierung von Anfragen zu Regelwerken und Vorschriften
- PrEN 50388:2008 „Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge“

EUK **DB**

Liebe Leserinnen und Leser,

die Beiträge in dem Ihnen jetzt vorliegenden Exemplar der BahnPraxis E beschäftigen sich mit Überspannungen in Bahnanlagen und den sich daraus ergebenden besonderen Anforderungen an die Schutzeinrichtungen.

Bei der an die Redaktion gestellten Frage zu Regelwerken und Vorschriften geht es um die Frage der Messung des Schutzleiters auf Durchgängigkeit.

Abgeschlossen werden die Artikel durch eine Darstellung der Veränderungen gegenüber der gültigen Version der im Entwurf herausgegebenen PrEN 50388:2008 „Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge“.

Als Themen für das Heft 1/2009 haben wir für Sie ausgewählt:



Unser Titelbild:
Servicearbeiten
auf einem
GSM-R-Sendemast in
Königs Wusterhausen.
Foto: DB AG/
Hartmut Reiche.

Überspannungen in Bahnanlagen – Besondere Anforderungen an die Schutzeinrichtungen

Von der Beschreibung der Ursachen für Überspannungen in Bahnanlagen (z.B. Blitz- oder Schaltüberspannungen), über das Überspannungs-Schutzkonzept für z.B. GSM-R-Stationen und den Überspannungsschutz für Ersatzstromversorgungen bei 16,7 Hz geht es bis zu den Spannungsdurchschlagsicherungen bei Gleichstromkreisen und offener Bahnerdung.

Kommentierung von Anfragen zu Regelwerken und Vorschriften

Der Autor geht auf die Frage der Messung des Schutzleiters auf Durchgängigkeit ein und geht in seiner Stellungnahme insbesondere auf das Thema Erst- und Wiederholungsprüfung ein.

Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge

Auf den im Januar 2009 in deutscher Fassung herausgegebenen Entwurf der PrEN 50388:2008 „Bahnanwendungen – Bahnenergie und Fahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität“ wird eingegangen und Veränderungen werden dargestellt.

Impressum „BahnPraxis E“

Zeitschrift für Elektrofachkräfte zur Förderung der Arbeitssicherheit und der Betriebssicherheit bei der Deutschen Bahn AG.

Herausgeber

Eisenbahn-Unfallkasse (EUK) – 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 – I.EBV 6
Energieversorgung West
Schwarzer Weg 100
51149 Köln.

Erscheinungsweise und Bezugspreis

Erscheint in der Regel 3-mal im Jahr. Der Bezugspreis ist für Mitglieder der EUK im Mitgliedsbeitrag enthalten. Die Beschäftigten erhalten die Zeitschrift kostenlos. Für externe Bezieher: Jahresabonnement Euro 7,50 zuzüglich Versandkosten.

Verlag

Bahn Fachverlag GmbH
Postfach 23 30, 55013 Mainz
Telefon: (0 61 31) 28 37 0
Telefax: (0 61 31) 28 37 37
ARCOR: (959) 15 58
E-Mail: mail@bahn-fachverlag.de
Geschäftsführer: Dipl.-Kfm. Sebastian Hüthig.

Druck

Meister Print & Media, Werner-Heisenberg-Straße 7,
34123 Kassel.

Theoretische Betrachtung zum Blitz- und Überspannungsschutz und die praktische Anwendung in elektrotechnischen Bahnanlagen

Überspannungen in Bahnanlagen: Anforderungen an Schutzeinrichtungen

Dipl.-Ing. (FH) Erwin Krüger, Teilprojektleiter im Aufbauteam des GMSR-Funknetzes der DB Netz AG, Magdeburg, und **Dipl.-Ing. (FH) Josef Birkl**, Leiter der Entwicklungs-Laboratorien, Dehn + Söhne GmbH + Co. KG, Neumarkt

Bahnanlagen sind allein schon aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung solcher Anlagen einer erhöhten Gefährdung durch Blitzeinschläge und Überspannungen ausgesetzt. Um die Betriebsmittel vor Blitzüberspannungen zu schützen, werden in den Unterwerken, an Fahrleitungen, Schalteinrichtungen, an geeigneten Orten längs der Strecke, an der Niederspannungsversorgung und an den Signaleinrichtungen entsprechende Blitzschutzmaßnahmen getroffen. Bei diesen Schutzmaßnahmen werden dabei prinzipiell Maßnahmen des äußeren Blitzschutzes, bestehend aus Fangeinrichtung, Ableitung und Erdungsanlage und Maßnahmen des inneren Blitzschutzes, d.h. ein möglichst umfassender Blitzschutz-Potenzialausgleich, unterschieden.

Die detaillierte Beschreibung all dieser Schutzmaßnahmen würde den Umfang eines Fachaufsatzes bei weitem überschreiten. Deshalb sollen in diesem Beitrag, auf der Basis ausgewählter Praxislösungen, insbesondere die speziellen Anforderungen an Überspannungsschutzeinrichtungen (ÜSE) für die Niederspannungsversorgung von Betriebsmitteln im Bahnbereich beschrieben werden [1].

Es werden für die einzelnen Anwendungen Lösungen mit Hilfe von Computersimulationen, Laboruntersuchungen und Feldmessungen vorgestellt.

Ursachen für Überspannungen in Bahnanwendungen

Eine Gefährdung von Bahnanlagen durch Überspannungen ergibt sich aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung solcher Anlagen. In einem ersten Abschnitt werden die möglichen Quellen für Blitzüberspannungen in Bahnsystemen aufgeführt.

Man unterscheidet hier im Wesentlichen zwischen direkten Blitzeinschlägen in die Fahrleitung, Schienen oder in einen Mast und induzierten Überspannungen und Blitzteilströmen, herrührend von einem indirekten Blitzeinschlag, z.B. einem Blitzeinschlag in eine benachbarte bauliche Anlage. Darüber hinaus sind in Bahnanwendungen auch Überspannungen zu berücksichtigen, die innerhalb der Bahnanlage verursacht werden. Dabei ist zu unterscheiden:

- Schaltüberspannungen weisen im Allgemeinen eine Dauer im Millisekundenbereich auf;
- zeitweilige Überspannungen können mehrere Sekunden oder gar Minuten anstehen, bis eine Abschaltung durch eine bahneigene Überstromschutzeinrichtung erfolgt.

Blitzüberspannungen

Blitzüberspannungen in Bahnanlagen können in folgende Entstehungsmechanismen unterteilt werden:

Direkter Blitzeinschlag

In Bahnanlagen können direkte Blitzeinschläge, z.B. in die Fahrstromversorgung, d.h. in die Oberleitung, in den Mast oder in die Fahrschiene erfolgen.

Die ohmsche Einkopplung von Blitzteilströmen und die damit einhergehende Spannungswelle stellt die härteste Überspannungsbeanspruchung

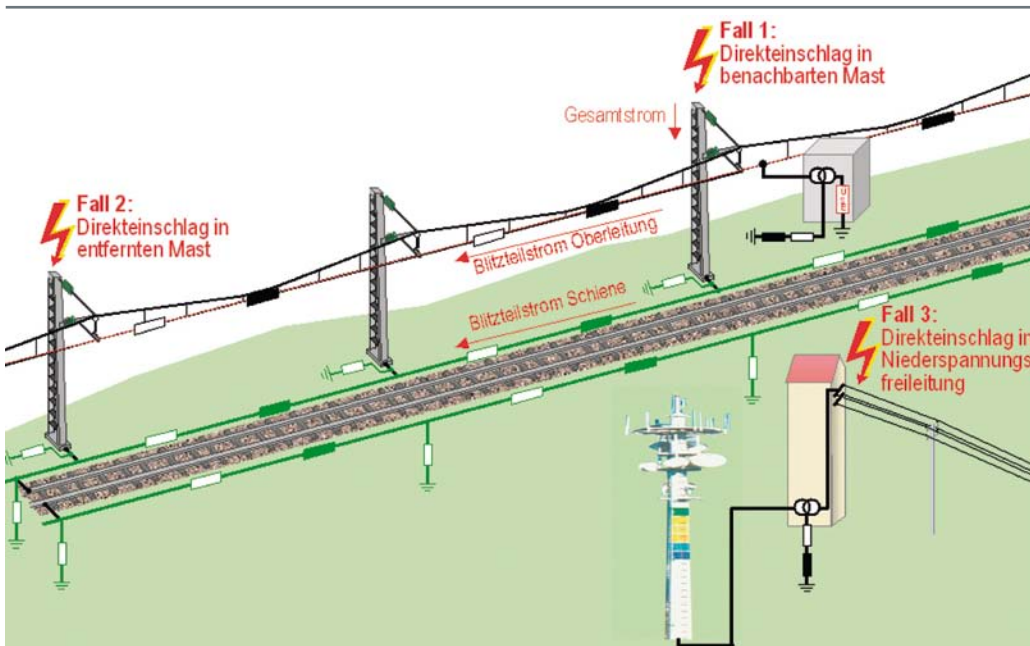


Abbildung 1: Ermittlung der Blitzstromverteilung in einer Bahnanlage durch Computersimulationen.

für die Betriebsmittel dar. Ein direkter Blitzeinschlag in einen Mast kann bei Überschreitung der Spannungsfestigkeit des Isolators noch einen „Rückwärtigen Überschlag“ nach sich ziehen.

Indirekter Blitzeinschlag

Indirekte Blitzeinschläge, d.h. induzierte Überspannungen durch benachbarte Einschläge liegen in ihrem Energieinhalt in der Regel unter den Auswirkungen direkter Blitzeinschläge.

Schaltüberspannungen

Schaltüberspannungen sind in Bahnanlagen, im Vergleich zu Blitzüberspannungen, eine

eher vernachlässigbare Gefährdungsgröße [2]. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass Überspannungsschutzmaßnahmen zum Schutz bei den oben beschriebenen Blitzüberspannungen auch den Schutz bei Schaltüberspannungen gewährleisten.

Zeitweilige Überspannungen

Zeitweilige Überspannungen können verursacht werden durch einen permanenten Kurzschluss in Fahrleitungsanlagen durch mechanische Beschädigungen. Auch einpolige Erdschlüsse, z.B. durch einen Riss der Fahrleitungen, stellen einen

Kurzschluss dar, der zur Betriebsunterbrechung führt und kurzzeitige Fehler, sogenannte Erdschlusswischer“, verursacht z.B. durch herab fallende Äste, also Fehlerzustände, die wieder aufgehoben werden, bevor es durch eine Abschaltung zu einer Betriebsunterbrechung kommt.

Überspannungsschutzkonzept für Basisstation im Bahnbereich

Voraussetzung für einen effektiven Überspannungsschutz ist die korrekte Auswahl der Überspannungsschutzgeräte entsprechend der notwendigen Stoßstrombelastbarkeit am jeweiligen Installationsort.

Eine Möglichkeit, die Blitzstromverteilung innerhalb einer komplexen, elektrischen Anlage zu analysieren, bieten Computersimulationen. Abbildung 1 zeigt das komplexe Installationsumfeld eines Typ 1 ÜSE im Bahnbereich. Am Beispiel der Stromversorgung einer Basisstation für das GSMR-Netz der Deutschen Bahn AG werden dabei die Besonderheiten für ein Überspannungsschutzkon-

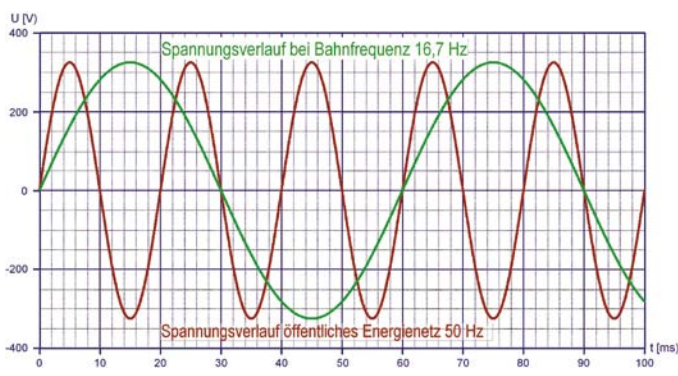
zept im Bahnbereich erörtert. Über Computersimulationen werden die Belastungsparameter von ÜSE bei verschiedenen Blitzeinschlagsszenarien analysiert. Für diese Analyse ist es notwendig, alle elektrischen Parameter des gesamten Systems möglichst genau zu beschreiben. So werden z.B. die Erdungswiderstände, die Leitungsimpedanzen und die elektrischen Parameter sowie das dynamische Verhalten der eingesetzten Überspannungsschutzgeräte in ein elektrisches Ersatzschaltbild überführt. Ausgehend von einer definierten Gesamtblitzstrombelastung, im dargestellten Beispiel 100 kA 10/350, kann nun die Blitzstromverteilung im gesamten zu untersuchenden System ermittelt werden. Im Beispielfall wurden so die Bedrohungsgrößen für einen Schaltschrank mit integrierter Elektronik und Blitz- und Überspannungsschutz ermittelt, der im Nahbereich einer elektrifizierten Bahnanlage installiert ist. Berechnet wurde die maximale Blitzstrombelastung bei unterschiedlichen Bedrohungsszenarien:

- Direkter Blitzeinschlag in den nächstgelegenen Mast der Fahrdrathleitung,
- direkter Blitzeinschlag in einen entfernten Mast der Fahrdrathleitung und
- direkter Blitzeinschlag in die Freileitung der Niederspannungsversorgung.

Die praktische Umsetzung dieser theoretischen Analysen an zahlreichen Standorten des GSM-R-Netzes der Deutschen Bahn AG ist in [3] beschrieben. Für das in Abbildung 1 dargestellte Beispiel wurden die in Tabelle 1 dargestellten Belastungsparameter für die ÜSE, bei den einzelnen Bedrohungsszenarien ermittelt.

Die dabei ermittelten Bedrohungswerte für die Schutzbeschaltung der Niederspannungsversorgung, dienen dann als Grundlage für die korrekte Auswahl der zu installierenden

Abbildung 2: Abweichende Frequenz von 16,7 Hz in Bahnenergieversorgungsnetzen.



ÜSE hinsichtlich Ableitertyp und dazugehöriger Impulsstromparameter. Die berechneten Blitzstromwerte können auch als Ausgangsgröße für den anschließenden Blitzstrombelastungstest dieser Schaltanlage im Stoßstromlabor herangezogen werden. Mit Hilfe von solchen Computersimulationen können aber nicht nur die möglichen Belastungsparameter für eine einzelne ÜSE ermittelt werden. Für das im Ersatzschaltbild dargestellte Beispiel von Mobilfunkstationen an Elektronischen Stellwerken wurden mit Hilfe solcher Computeranalysen weitere Randparameter für das Blitzschutzsystem ermittelt:

- Koordination von unterschiedlichen ÜSE in Mobilfunkbasisstation und Energieverteiler,
- Mindestabstände und maximal zulässige Abstände zwischen den einzelnen Betriebsmitteln und
- Erdungsimpedanzen.

Überspannungsschutz für Ersatzstromversorgungen bei 16,7 Hz

Für die Stromversorgung von Einrichtungen der Signaltechnik oder als Ersatzstromversorgung wird verstärkt die eigentliche Bahnstromversorgung herangezogen. Über entsprechende Transformatoren wird dabei die Oberleitungsspannung auf die entsprechende Niederspannung herunter transformiert. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Überspannungsschutzeinrichtungen in der Regel für den Einsatz in 50 Hz-Systemen ausgelegt sind [4]. Die Eignung von ÜSE zum Einsatz in Stromversorgungssystemen mit 16,7 Hz-Frequenz muss durch entsprechende Laboruntersuchungen nachgewiesen werden [5]. Beim Einsatz von ÜSE ist der am Einbauort maximal mögliche Kurzschlussstrom ein weiterer entscheidender Faktor. Es ist

Fall	Errechnete Belastung der ÜSE	Nominale Belastung der ÜSE
Nr. 1 Direkteinschlag in Mast	$I_{\text{peak}} = 14,5 \text{ A}$ $Q = 6,5 \text{ As}$	$I_{\text{imp}} = 25 \text{ kA (10/350)}$ $Q = 12,5 \text{ As}$
Nr. 2 Ferneinschlag in Mast	$I_{\text{peak}} = 7 \text{ A}$ $Q = 4,5 \text{ As}$	
Nr. 3 Direkteinschlag in Freileitung	$I_{\text{peak}} = 23 \text{ A}$ $Q = 12 \text{ As}$	$W/R = 625 \text{ kJ}/\Omega$

Tabelle 1: Ermittelte Blitzstrombelastung von ÜSE.

Impulsstoßstrom	20 kA	8/20 μs
Prüfspannung	255 V RMS	16,7 Hz
Stoßkurzschlußwechselstrom	40 kA peak	16,7 Hz
Kurzschlusswechselstrom	20 kA RMS	16,7 Hz
Leistungsfaktor $\cos \varphi$	0,25	



Abbildung 3: Typ 1 SPD geprüft für den Einsatz in 16,7 Hz Bahnsystemen.

dabei von einem maximalen Kurzschlussstrom von bis zu 20 kA auszugehen.

Für die korrekte Auswahl einer ÜSE ist jedoch insbesondere die vom öffentlichen Energieversorgungsnetz abweichende Betriebsfrequenz von 16,7 Hz zu beachten. Eventuelle Folgeströme würden, wie in Abbildung 2 dargestellt, im Bahnnetz den eingesetzten ÜSE mit einer bis zu dreifach längeren Stromflussdauer belasten.

Um die Eignung von ÜSE, die für 50/60 Hz-Anwendungen geprüft und freigegeben worden

sind, auch bei einer Betriebsfrequenz von 16,7 Hz zu bewerten, sind Laboruntersuchungen unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Netzparameter unabdingbar.

Die Prüfung des Netzverhaltens erfolgte dabei entsprechend der Prüfvorgaben einer Arbeitsprüfung für Typ 1-ÜSE nach EN 61643-11. Der prüftechnische Nachweis musste also an einer 16,7 Hz-Spannungsquelle mit einem ausreichend hohen Kurzschlussstrom von 20 kA effektiv durchgeführt werden. Für mehrere Ableitertypen wurde diese Prüfung am Institut

Prüffeld für Elektrische Hochleistungstechnik GmbH (IPH), Berlin, durchgeführt und mit den in Abbildung 3 aufgeführten Nennwerten bestätigt.

ÜSE im Einflussbereich elektrischer Bahnen

Beim Einsatz von ÜSE im unmittelbaren Einflussbereich von elektrischen Bahnen, sind neben der Blitzstrombelastung auch noch mögliche Beeinflussungen durch die elektrischen Bahnen selbst zu berücksichtigen [6]. Abbildung 4 zeigt eine

Abbildung 4: ÜSE im Einflussbereich elektrischer Bahnen.

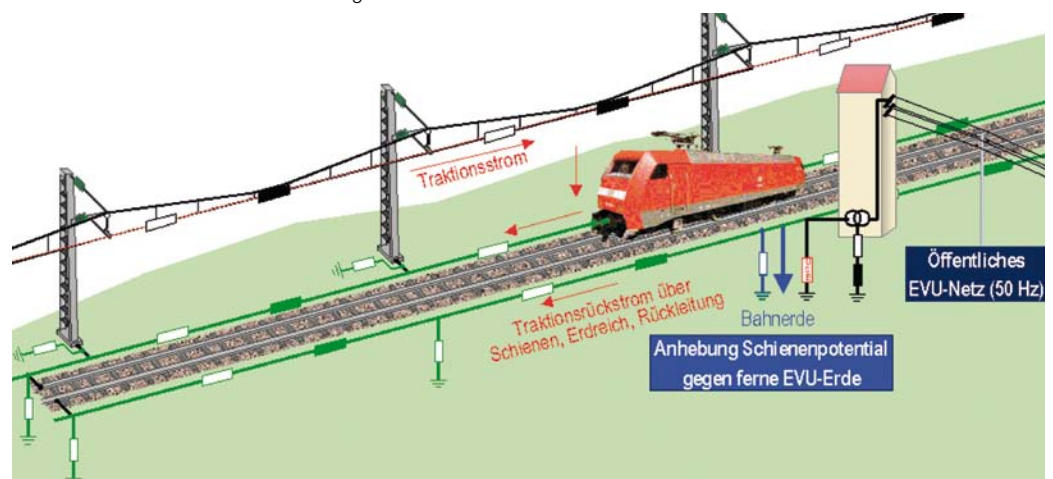




Abbildung 5: Überspannungsschutz für Niederspannungsversorgung von Mobilfunkstation GSM-R.

prinzipielle Darstellung dieser möglichen Beeinflussung.

Durch Bahnrückströme in der Schiene kann es im Nahbereich von Bahnanlagen zu Potenzialanhebungen der Bahnerde gegenüber der fernen Erde kommen. Diese Potenzialanhebung ist proportional zum Er-

dausbreitungswiderstand der Erdungsanlage und dem Strom, der in die Erde fließt. Bei einer Versorgung von Einrichtungen im Bahnbereich aus dem allgemeinen EVU-Netz können diese Potenzialunterschiede also zwischen der Niederspannungsversorgungsleitung und der örtlichen Bahnerde

auftreten. Diese Spannungsverschleppung und daraus resultierende Ausgleichsströme infolge von Potenzialanhebungen bezeichnet man auch als ohmsche Beeinflussung [7].

Insbesondere bei einem Kurzschluss in der Fahrleitung der Bahnanlage und den damit einhergehenden möglichen hohen Kurzschlussströmen, kann es abhängig von der Netzform der Niederspannung (TN- oder TT-System) und bei ungünstigen Anlagen- und Erdungsverhältnissen, zu so hohen Potenzialunterschieden kommen, dass ÜSE ansprechen. In diesem Fall fließen Teilfehlerströme, so genannte Rückstromverschleppungen, aus der Bahnanlage über das öffentliche EVU-Netz ab.

Mit Hilfe von Messungen an realen Anlagen wurden mögliche Beanspruchungen von Überspannungsschutzeinrichtungen ermittelt, die sich durch die unmittelbare Überlagerung von 50 Hz- und 16,7 Hz-Energieversorgungssystemen ergeben können.

Die temporäre Überspannung korreliert dabei in Verlauf und Zeitdauer mit dem Kurzschlussstrom im Bahnnetz. Um eine unzulässige Belastung von ÜSE zu vermeiden und Rückströme aus dem Bahnnetz in das öffentliche Energienetz zu minimieren und Schäden an Betriebsmitteln der Niederspannungsversorgung zu verhindern, ist auf eine entsprechend sorgfältige Gestaltung der Erdungsverbindungen zu achten.

Bei besonders ungünstigen Anlagenkonfigurationen kann auch die Installation eines zusätzlichen Trenntransformators mit einer entsprechenden Spannungsfestigkeit notwendig sein. Bei der Auswahl von ÜSE ist auf eine entsprechende Festigkeit bei diesen zeitweiligen Überspannungen zu achten. In der bereits vorgestellten Anwendung von Mobilfunkstationen für das digitale GSM-R-Netz der DB AG wurden durch umfangreiche Messungen an realen Anlagen die möglichen Beeinflussungen untersucht. Dadurch konnten hilfreiche Hinweise für eine möglichst optimale Anlagenkonfiguration gewonnen werden.

Abbildung 5 zeigt die praktische Ausführung des Überspannungsschutzes für die Energieversorgung dieser Anlagen.

Spannungsdurchschlagsicherung

Eine Spannungsdurchschlagsicherung (SDS) hat die Aufgabe, betriebsmäßig nicht geerdete Anlagenteile eines Bahnsystems beim Überschreiten einer bestimmten, zulässigen Spannung kurzschlussicher zu erden. Mögliche Ursachen für das Überschreiten der zulässigen Spannung sind sowohl netzfrequente Überspannungen, verursacht durch Oberleitungskurzschlüsse und Oberleitungserdschlüsse, als auch transiente Überspannungen, verursacht durch direkte oder indirekte Blitzschläge.



Abbildung 6: Anwendungen einer SDS: Offene Bahnerdung – indirekte Anbindung eines Mastes.

Auswertungen der Deutschen Bahn AG ergaben, dass in der Vergangenheit häufig Blitzeinschläge für das Verschweißen von SDS verantwortlich waren. Um daraus resultierende Wartungsarbeiten und Zugverspätungen zu reduzieren, sollte eine blitzstromresistente SDS entwickelt werden.

Der Einsatz von SDS in Gleich- und Wechselstrombahnanwendungen wird dargestellt. Die Ergebnisse eines umfangreichen Feldversuches, in Zusammenarbeit mit der DB AG, werden präsentiert. In diesem Feldversuch konnte die erhöhte Blitzstromfestigkeit in der Praxis erfolgreich nachgewiesen werden.

Kurzschlussichere Erdung

Offene Bahnerdung

SDS werden für Schutzfunktionen in der Rückleitung von Gleichstrom- und Wechselstrombahnen eingesetzt. Sie haben die Aufgabe, Anlagenteile im Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich bei Überschreiten der Ansprechspannung dauerhaft mit der Rückleitung zu verbinden, so dass aufgrund des fließenden, netzfrequenten Kurzschluss- bzw. Fehlerstromes der Schutz im Unterwerk auslöst. Im Falle eines Fahrleitungskurzschlusses bzw. Erdschlusses wird dabei der sichere Potenzialausgleich durch ein hochstromfestes Verschweißen der Elektroden durch die SDS sichergestellt. Man bezeichnet dieses Einsatzgebiet auch als offene Bahnerdung. Die praktische Umsetzung der offenen Bahnerdung wird in Abbildung 6 durch die indirekte Anbindung eines Mastes an die Bahnerde dargestellt.

Gleichstrombahnen

Bei Gleichstrombahnen werden durch den Einsatz von Spannungssicherungen direkte Verbindungen von ge-



Abbildung 7: Anwendungen einer SDS: Installation an der Fahrschiene bei Gleisstromkreisen.

erdeten Anlagenteilen mit den Fahrschienen verhindert. Dies vermeidet Streustromkorrosion an den Fahrschienen und angrenzenden Anlagen. Um Ausgleichsströme zwischen benachbarten Erdungssystemen von Gleichstrom- und Wechselstrombahnen zu verhindern, werden, wo notwendig, die beiden Erdungssysteme über eine offene Verbindung gekoppelt.

Wechselstrombahnen mit Gleisstromkreisen

Bei Wechselstrombahnen ist die unmittelbare Bahnerdung die bevorzugte Schutzmethode für die Sicherheit von Personen und zum Schutz der Anlage. Wenn Fahrschienen beispielsweise aus Gründen der Gleisfreimeldung nicht unmittelbar geerdet werden dürfen, stellen SDS bei Überschreiten ihrer Ansprechspannung eine stromtragfähige Verbindung zur Rückleitung her. Bei diesen so genannten Gleisstromkreisen werden die Fahrschienen als Teil von Stromkreisen der Sicherungs- und Überwachungs-

technik des Eisenbahnbetriebes benutzt. Dabei werden die SDS, wie in Abbildung 7 ersichtlich, auch direkt an den Fahrschienen installiert.

Berücksichtigt werden muss dabei also auch zusätzlich die Wechselwirkung zwischen SDS und Signaltechnik.

Blitzstromresistente SDS

Notwendigkeit einer Blitzstromtragfähigkeit

Die primäre Aufgabe einer SDS war also zuerst der Schutz gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren infolge einer zeitweiligen Überspannung. Natürlich sind SDS auch den Wirkungen von Blitzüberspannungen ausgesetzt. Untersuchungen der DB AG haben gezeigt, dass in der Vergangenheit etwa 90 Prozent der ausgetauschten SDS wegen Blitzüberspannungen angesprochen haben. Insbesondere bei der Anwendung in Gleisstromkreisen hat jedes

Ansprechen eine „Rot-Ausleuchtung“ des betroffenen Gleisabschnittes, d.h. eine Betriebsunterbrechung nach sich gezogen. Eine Analyse der bestehenden SDS-Lösungen hatte ergeben, dass eine solche Blitzstromtragfähigkeit bei den damals eingesetzten Geräten nicht, oder nur sehr bedingt gegeben war.

Dies war der Ausgangspunkt für die Entwicklung einer blitzstromresistenten SDS, die in der Lage ist, transiente Überspannungen und Blitzteilsströme bis zu einer gewissen Höhe mehrmals führen zu können. In Abbildung 8 ist der Vergleich der Blitzstromtragfähigkeit von konventionellen SDS und der blitzstromresistenten SDS dargestellt. Wiederum wurde mit Hilfe von umfangreichen Computersimulationen die mögliche Belastung von SDS durch Blitzteilströme ermittelt. Diese errechneten Bedrohungswerte waren dann die Prüfgrundlagen für umfangreiche Labortests an der blitzstromresistenten SDS. Die Wirksamkeit und Systemverträglichkeit dieser

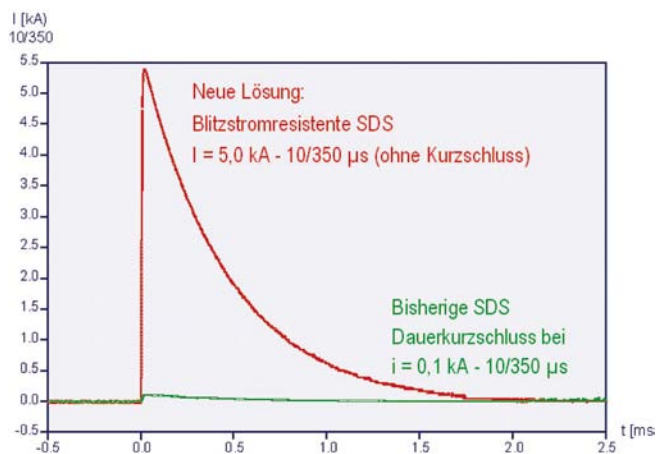


Abbildung 8: Vergleich der Blitzstromtragfähigkeit von konventionellen SDS und blitzstromresistenter SDS.

blitzstromresistenten SDS wurde anschließend in einem umfangreichen Pilotprojekt in Zusammenarbeit mit der DB AG untersucht und nachgewiesen [8].

Dabei wurden mehr als 100 SDS an verschiedenen Standorten der DB AG installiert und nach einer Beobachtungszeit von 6 bis 13 Monaten wieder demontiert und labortechnisch untersucht. Insbesondere bei einem direkten Einschlag im Westen von München konnte die erhöhte Blitzstromtragfähigkeit und damit die Erhöhung der Betriebssicherheit durch die SDS eindeutig nachgewiesen werden. Während bestehende SDS durch Blitzteilströme in Kurzschluss gingen, waren die Blitzstromresistenten SDS nach dem Blitzereignis noch voll funktionsfähig.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Feldversuches wurde vom Eisenbahn Bundesamt die notwendige Freigabe für den Einsatz der blitzstromresistenten SDS im Bereich der DB AG gegeben.

Erhöhte Verfügbarkeit durch blitzstromresistente SDS

Eine Weiterentwicklung dieser SDS stellt die in Abbildung 9 gezeigte Integration der blitzstromresistenten SDS in einen NH-Trenner dar. Diese Lösung erlaubt einen einfacheren und flexibleren Anschluss bei der Integration in elektrischen Schaltanlagen. Durch Parallelschaltung von zwei SDS kann die Spannungssicherung mit Hilfe entsprechender Sicherheitsausrüstung durch das Servicepersonal auch bei

Abbildung 9: Blitzstromresistente SDS in NH-Gehäuse mit Überwachungseinrichtung.



eventuell noch anliegender Fehlerspannung gefahrlos ausgetauscht werden. Mit Hilfe einer optionalen, zusätzlichen Überwachungs- und Fernsignalisierungseinrichtung besteht die Möglichkeit, in einer Schaltwarte die überlastete SDS zu detektieren und das Montagepersonal gezielt zu den entsprechenden Einbauorten zu dirigieren. Dadurch ist ein schnellerer Austausch im Fehlerfall möglich. Es ergeben sich kürzere Zeiten der „Rot-Ausleuchtung“ und damit letztendlich eine Kosten- und Zeitersparnis.

Zusammenfassung

In Bahnanwendungen können sich aufgrund der speziellen Installationsumgebung abweichende oder zusätzliche Belastungen für die dort eingesetzten Überspannungsschutzzeineinrichtungen ergeben. Solche weitergehenden und zusätzlichen Belastungen können auftreten, z.B. aufgrund der abweichenden Frequenz von 16,7 Hz in Bahnenergieversorgungsnetzen, räumlichen Nähe von Wechselstrom- und Gleichstrombahnen, räumlichen Nähe von Bahnnetzen und allgemeiner öffentlicher Energieversorgung, Blitzeinschlagshäufigkeit wegen der großen räumlichen Ausdehnung von Bahnanlagen oder der Blitzstromverteilung innerhalb der Bahnanlagen.

Der effektive Blitz- und Überspannungsschutz von Anlagen im Bahnbereich bedarf eines übergeordneten Schutzkonzepts. Aufgrund des komplexen Nebeneinanders von Signalanlagen, energietechnischen Netzen und den abweichenden Betriebsparameter müssen bei Überspannungsschutzmaßnahmen in Bahnanwendungen diese zusätzlichen Anforderungen bei der Auswahl und Installation der Schutzeinrichtungen berücksichtigt werden. Computersimulationen, Labortests aber auch Feldmessungen sind hilfreich, um die komplexen Wechselwirkungen beim Einsatz von Ableitern im Bahn-

bereich besser zu verstehen und daraus entsprechende Gerätelösungen zu entwickeln. Es wurden in diesem Beitrag solche bahnspezifischen Anforderungen an ÜSE analysiert und innovative Gerätelösungen sowie deren praktische Anwendung vorgestellt. ■

Dieser Beitrag ist im Original bei EURAILPRESS, Hamburg in DER EISENBAHNINGENIEUR 10/2008 erschienen.
www.eurailpress.de/ei

Literatur

- [1] Birkl, J.: „Überspannungsschutz in Bahnanwendungen – Besondere Anforderungen, Betriebserfahrungen und Lösungen“, 7. VDE-ABB-Blitzschutztagung, Ulm, 2007
- [2] Hinrichsen, V.: Berücksichtigung des Blitzschutzes bei der Planung von Zugsicherungs- und Signalanlagen, ATISymposium, Köln, 24./25.11. 2004
- [3] Jank, S.: „Blitzschutz von Mobilfunkstationen an Elektrischen Stellwerken“, Internationale Tagung über Beeinflussungsfrage, Wien, 2001
- [4] EN 61643-11:2002 +A11: Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen
- [5] Pusch, H.: „Blitz- und Überspannungsschutz für Systeme der schienenengebundenen Verkehrstechnik“, e&i „Verkehrstechnik European Transport“ 4/2007
- [6] Brandstätter, K.: „Maßnahmen im Einflussbereich, Elektrischer Bahnen bei der Umsetzung der Nullungsverordnung“, Internationale Tagung über Beeinflussungsfrage, Wien, 2001
- [7] Biesenack, George, Hofmann, Schmieder u.a.: „Energieversorgung elektrischer Bahnen“, Teubner Verlag, 2006
- [8] Birkl, J.; Zahlmann, P.: „Lightning protection for track circuits in railway applications“, ICLP, Avignon, 2004

Kommentierung von Anfragen zu Regelwerken und Vorschriften

Ludwig Linke, DB Energie GmbH, Frankfurt am Main

Die Geschäftsführungsverantwortung der überwiegenden Regelwerke aus der Richtlinie 954 liegt in der OE Energieverteilungssysteme und Leittechnik der DB Energie GmbH. Aus der Praxis heraus ergeben sich berechtigt immer wieder Anfragen, die die Umsetzung einzelner Sachverhalte beinhalten.

Messung des Schutzleiters auf Durchgängigkeit gemäß Messprotokoll 954.0107V02

Anfrage

Anlässlich eines Meistertages wurde an uns die Frage herangetragen, wann die Messung des Durchgangs des Schutzleiters (PE) gemäß Messprotokoll für elektrische Energieanlagen bis 1000V (Ril 954.0102V02) – letzte Spalte im Messprotokoll – durchzuführen ist.

Stellungnahme

Da das Messprotokoll für elektrische Energieanlagen bis 1000V sowohl für die Erstprüfung von elektrischen Energieanlagen (EEA) als auch für die Wiederholungsprüfungen genutzt werden kann, muss hier eine Unterscheidung getroffen werden.

1. Erstprüfung

Gemäß DIN VDE 0100-600 Abschnitt 61.3 „Erproben und Messen“ müssen durch Erproben und Messen, sofern zutreffend, die in diesem Abschnitt genannten Prüfungen durchgeführt werden, vorzugsweise in der folgenden Reihenfolge:

- a) Durchgängigkeit der Leiter;
- b) Isolationswiderstand der elektrischen Anlage;
- c) ...

Die unter a) getroffene Formulierung nach der Messung der Durchgängigkeit der Leiter schließt alle Leiter also Außenleiter, Neutralleiter und auch Schutzleiter mit ein. Somit muss gemäß DIN VDE 0100-600 Abschnitt 61.3.2 die elektrische Durchgängigkeit bei Schutzleitern, einschließlich der Potentialausgleichsleiter über die HPAS und der Leiter des zusätzlichen

Potentialausgleichs (sofern vorhanden) durchgeführt werden.

Anmerkung:

Ein höchstzulässiger Widerstandwert ist nicht vorgeben. Bei der Bewertung des Messergebnisses sollte man sich an der Tabelle NA.4 der v.g. Norm zzgl. den üblichen Übergangswiderständen orientieren.

2. Wiederkehrende Prüfungen

Gemäß DIN VDE 0105-100 Abschnitt 5.3.101. „Der Umfang wiederkehrender Prüfungen nach 5.3.3.1 darf je nach Bedarf und nach den Betriebsverhältnissen auf Stichproben sowohl in Bezug auf den örtlichen Bereich (Anlagenteile) als auch auf die durchzuführenden Maßnahmen beschränkt werden, soweit dadurch eine Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustandes möglich ist.“

Wenn immer möglich, müssen die Berichte und Empfehlungen von vorhergehenden wiederkehrenden Prüfungen berücksichtigt werden.“

Im Abschnitt 5.3.101.3. „Wiederkehrende Prüfungen durch Messen“ ist Nachfolgendes normativ geregelt:

5.3.101.3.1

„In Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V/DC 1500 V die Werte ermitteln, die eine Beurteilung des Schutzes unter Fehlerbedingungen ermöglichen. Dazu gehören z.B. Schleifenwiderstand, Schutzleiterwiderstand, Auslöse-Fehlerstrom, Ansprechwert von Isolationsüberwachungseinrichtungen.“

5.3.101.3.2

„Messgeräte- und Überwachungsgeräte und Methoden müssen ...“

5.3.101.3.3

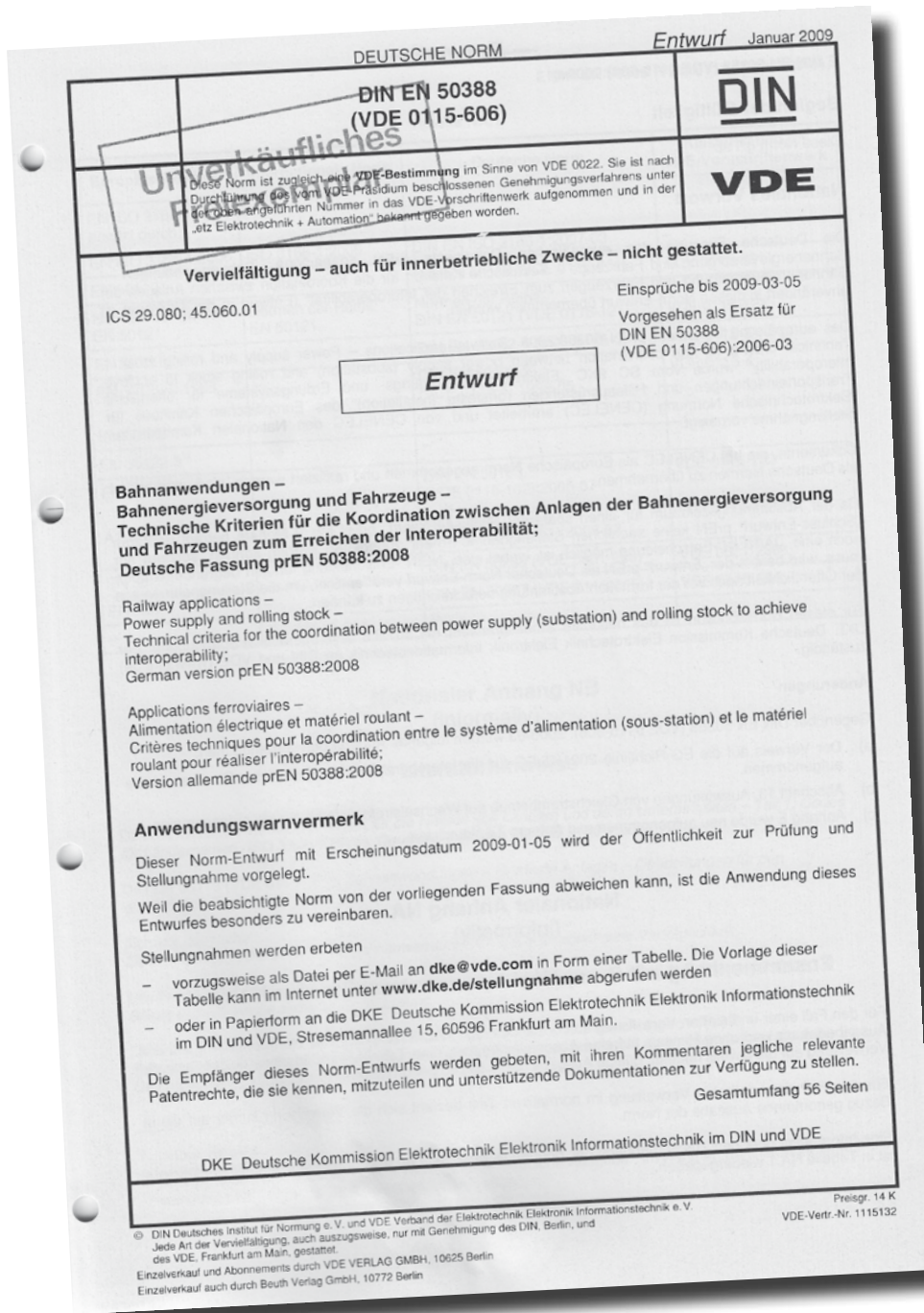
„Messen des Isolationswiderstandes in Anlagen bis AC 1000V/DC 1500V ...“

Bei der wiederkehrenden Prüfung von EEA sind die Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter auf Durchgängigkeit messtechnisch zu prüfen. Dies betrifft den Schutzleiter für die Körper der Betriebsmittel, alle Verbindungen für den Hauptpotentialausgleich, den zusätzlichen Potentialausgleich sowie für die Verbindungen zu den Erden. Die Durchgängigkeit der Schutzleiter und PA-Leiter ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Funktion des Fehlerschutzes und zur Vermeidung von unzulässigen berührbaren Spannungen.

Ist die Durchgängigkeit von Schutzleitern bereits durch eine Schleifenwiderstandsmessung der zugehörigen Stromkreise festgestellt worden, kann auf diese separate Messung verzichtet werden. ■

Überarbeitung prEN 50388:2008

(Deutsche Fassung E DIN EN 50388 (VDE 0115-606):2009)



Marcus Ruch, DB Energie GmbH,
Frankfurt am Main

Im Januar 2009 wurde die deutsche Fassung des Entwurfs prEN 50388:2008 „Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität; Deutsche Fassung prEN 50388:2008“ veröffentlicht.

Der folgende Artikel gibt einige erläuternde Hinweise zu den Änderungen gegenüber der Version DIN EN 50388 (VDE 0115-606): 2006-03.

Einleitung

Die Norm prEN 50388:2008 befasst sich, wie der Titel bereits enthält, mit dem Zusammenwirken elektrischer Triebfahrzeuge und der Bahnenergieversorgung. Sie ist grundsätzlich gemeinsam mit den Normen DIN EN 50163 (VDE 0115-102) „Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen“ und DIN EN 50163/A1 (VDE 0115-102/A1):2008-02 „Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen“ anzuwenden.

Die drei genannten Normen, welche wie üblich über den VDE-Verlag oder den Beuth-Verlag bezogen werden können, beschreiben das Zusammenwirken zwischen Fahrzeug und Energieversorgung hinsichtlich der elektrischen Parameter.

Anwendungsbereich und Inhaltsübersicht der EN 50388

Die Norm prEN 50388 gilt sowohl für die Strecken (alle Streckenkategorien) des Trans-europäischen Netzes (TEN) als auch für klassische Eisenbahnstrecken, somit also für alle elektrifizierten Strecken.

Die Norm behandelt folgende Themengebiete:

- Koordination von Schutzprinzipien zwischen Energieversorgung und Triebfahrzeugen,
- Koordination der installierten Leistung der Eisenbahnstrecke mit dem Leistungsbedarf der Züge,
- Koordination der Bremsenergieerückspeisung der Triebfahrzeuge mit der Aufnahmefähigkeit der Bahnenergieversorgung,
- Koordination des Oberschwingungsverhaltens.

Nachfolgend werden kurz die wichtigsten Änderungen zur ursprünglichen Version erläutert.

Änderungen der prEN 50388:2008 gegenüber EN 50388:2005

Kapitel 6.2 Induktiver Leistungsfaktor

Bisher war für Züge mit einer Leistungsaufnahme am Stromabnehmer zwischen 2 und 6 MW ein Leistungsfaktor $\lambda \geq 0,93$ zulässig. Dieser wurde jetzt auf $\lambda \geq 0,95$ erhöht.

Für abgestellte Züge war dagegen bereits bei einer aufgenommenen Wirkleistung (Hilfsbetriebe) von mehr als 10 kW ein Leistungsfaktor $\lambda \geq 0,80$ gefordert. Dieser Wert wird in dem Entwurf erst bei einer aufgenommenen Wirkleistung von mehr als 200 kW gefordert.

Neu ist eine grafische Darstellung der Bedingungen für den Leistungsfaktor aufgenommen worden, welche im Anhang E zu finden ist.

Kapitel 7.1 Höchster Zugstrom

Der höchste Zugstrom – im Bereich der DB AG besser bekannt unter dem Begriff Oberstrom – wurde für das 15-kV-, 16,7-Hz-System nicht verändert. Es wird jedoch neu der Hinweis gegeben, dass um eine Überdimensionierung zu verhindern, diese Werte nur für die Züge zu verwenden sind und nicht als Dauerlast für die Auslegung der Bahnenergieversorgung.

Abweichende Oberströme sind im Infrastruktur-Register anzugeben.

Kapitel 8 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Stromversorgung

Neu aufgenommen wurde die Anweisung, dass grundsätzlich zur Beurteilung der Qualität der Bahnstromversorgung eine

Dimensionierungsstudie zu erstellen ist mittels Zugfahrtsimulationsrechnung.

Kapitel 10 Oberschwingungen und Anhang D

Aufgrund neuerer Studienerkenntnisse wurden die minimalen und die typischen Werte für zu erwartende Resonanzfrequenzen des Bahnenergieversorgungssystems deutlich herabgesetzt, z.B. bei Hochgeschwindigkeitsstrecken der TSI-Kategorie I wurde der minimale Wert der zu erwartenden Resonanzfrequenz von 1700 Hz auf 400 Hz herabgesetzt.

Kapitel 11.2 Kurzschlusschutz

In Anmerkung 2 werden neu Richtzeiten für die Kurzschlussdauern in den verschiedenen Bahnenergieversorgungssystemen zur Information angegeben.

Kapitel 12 Nutzbremmung

Neu wird für alle Wechselspannungstrecken gefordert, dass das Bahnenergieversorgungssystem so ausgelegt sein muss, dass die Nutzbremmung als Betriebsbremse verwendet werden kann. Die bisher möglichen Ausnahmen wurden gestrichen.

Kapitel 13 Auswirkungen von Gleichstrombetrieb auf Wechselstromsysteme

Dieses Kapitel wurde neu aufgenommen. Es wird auf die Regelungen der ebenfalls in Überarbeitung befindlichen prEN 50122-2 und prEN 50122-3 verwiesen.

Es wird darauf hingewiesen, dass eine Gleichstromkomponente von 1 A in den Fahrzeugtransformatoren keine beeinträchtigenden Auswirkungen hat. Weiterhin wird auf die Gleichstromanteile bei Lichtbogenbildung infolge von

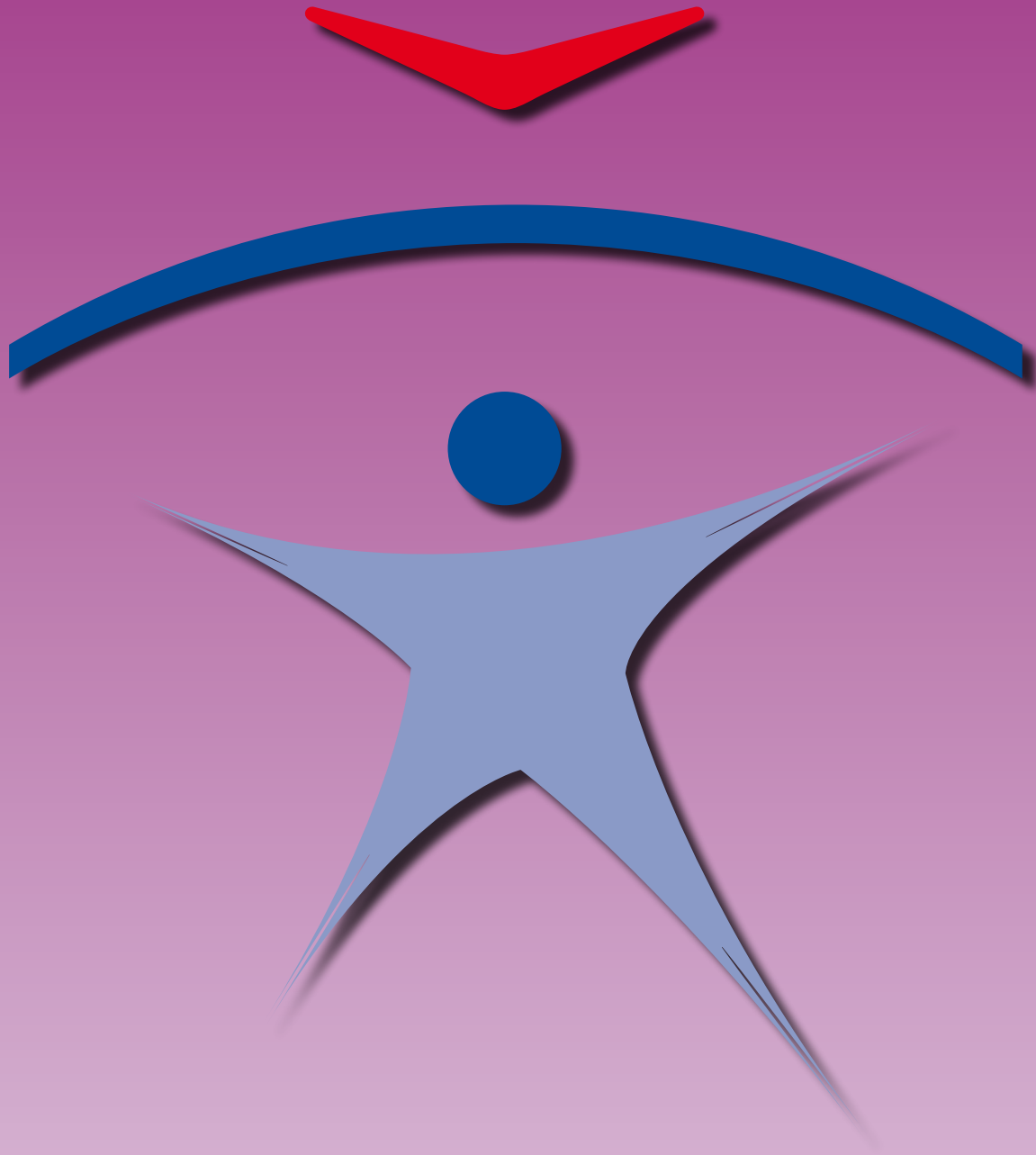
Kontaktproblemen zwischen Oberleitung und Stromabnehmer mit Gleichströmen bis zu 20 A hingewiesen, welche ebenfalls keine negativen Auswirkungen auf das Fahrzeug haben sollten.

Anhang E Induktiver und kapazitiver Leistungsfaktor

Der Anhang E wurde neu aufgenommen. Er gibt die erlaubten Leistungsfaktorwerte (Kap. 6) grafisch abhängig von der aufgenommenen Leistung und der momentanen Fahrleitungsspannung an. Die Darstellung gilt für Leistungsaufnahme und Leistungsabgabe (Rückspeisung) des Zuges.

Zur weiteren Vertiefung des Themas empfehlen wir den Artikel „Neuherausgabe DIN EN 50388:2005 (VDE 0115-606)“ in BahnPraxis E, Ausgabe 1-2006 unter www.euk-info.de. ■

EINE EUROPÄISCHE KAMPAGNE ZUR GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG



GESUNDE ARBEITSPLÄTZE

EIN GEWINN FÜR ALLE

<http://hw.osha.europa.eu>



Europäische Agentur für
Sicherheit und Gesundheitsschutz
am Arbeitsplatz



Gesunde Arbeitsplätze

