

# BahnPraxisE

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



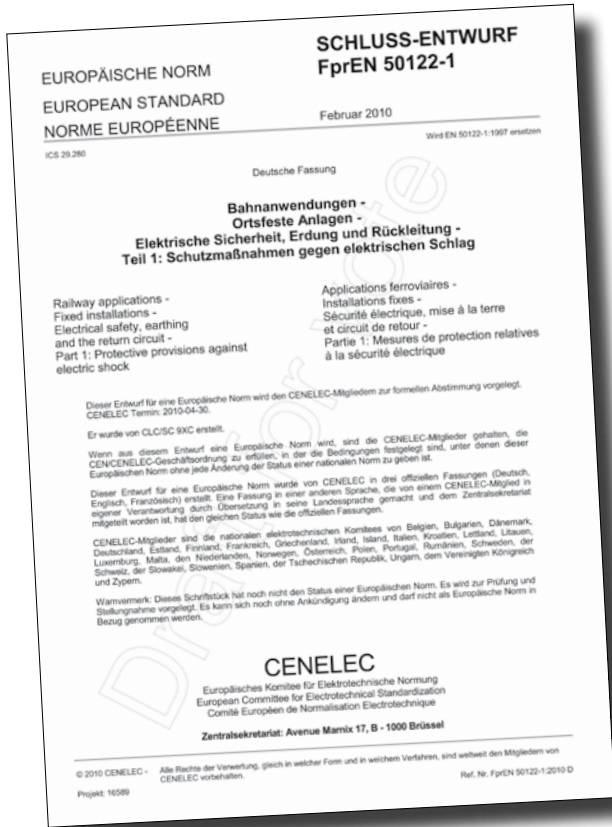
2 · 2011

- Überarbeitung der EN 50122
- Selektivitätsbetrachtungen von Niederspannungsanschlüssen
- Vorgehensweise bei Fehlen von Bahnerdungsleitungen, Gleis- und Schienenverbindern

**EUK** **DB**

**Liebe Leserinnen und Leser,**

das Thema *Triebstromrückführung* wird auch in diesem Heft nochmals aufgegriffen. *Christian Budde*, Mitarbeiter der *DB Energie Zentrale – Netzplanung* – und dort zuständig für das Thema „Rückstromführung, Erdung und Potenzialausgleiche“ berichtet in seinem Artikel von der Überarbeitung der *EN 50122*: „Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag“.



Die Normenreihe *EN 50122* wurde vom *CENELEC Gremium WG C1* in den letzten neun Jahren komplett überarbeitet (Teile 1 und 2) und der Teil 3 neu entwickelt. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den grundlegenden Änderungen im Teil 1, weil die zurzeit noch anwendbare *EN 50122-1* aus dem Jahre 1997 ist und daher dringend dem aktuellen Stand der Technik angepasst werden musste.

Im zweiten Beitrag führt *Damian Fijol*, Mitarbeiter der *DB Energie Zentrale – Energieverteilungssysteme* – und dort zuständig für das Gebiet *50 Hz Strom/Gleichstrom* in die Thematik der *Selektivität* ein. Ein Thema das in der täglichen Praxis immer wieder zu intensiven Diskussionen führt. Unter anderem auch, weil es

im Grunde genommen keine vergleichbaren Verhältnisse gibt. Jede Frage in Bezug auf *Selektivität* ist, aufgrund der vorhandenen Konfiguration, ein Unikat.

Die *DB Netz AG*, hat eine neue Arbeitsanweisung „Vorgehensweise bei Fehlen von Bahnerdungsleitungen, Gleis- und Schienenverbindern herausgegeben. *Karlheinz Heidemann*, oberste verantwortliche Elektrofachkraft bei der *DB Netz AG*, beschreibt die konkreten Aufgaben und das Vorgehen der beteiligten Stellen.

Diese Anweisung befindet sich derzeit in der Überarbeitung. Berücksichtigt werden sollen Besonderheiten wie zum Beispiel „mitgeführte Bahnstromleitungen auf Oberleitungsmasten (Schutzabstand 20 Meter)“, „Besonderheiten im Bereich *Station&Service*“ sowie sprachliche Präzisierungen. Mit einer Veröffentlichung ist im September 2011 zu rechnen.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

**Ihr Horst Schöberl**  
**Chefredakteur**

**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,  
D-51149 Köln.

**Erscheinungsweise und Bezugspreis**

Erscheint in der Regel drei 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,  
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 Hühlig.

**Druck**

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

## Überarbeitung der EN 50122: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag

Christian Budde, DB Energie GmbH, Rückstromführung, Erdung und Potentialausgleich, 110kV Schutz, Frankfurt am Main

Die Normenreihe EN 50122 wurde vom CENELEC Gremium WG C1 in den letzten neun Jahren komplett überarbeitet (Teile 1 und 2) und der Teil 3 neu entwickelt. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den grundlegenden Änderungen im Teil 1.

Die zurzeit noch anwendbare EN 50122-1 ist aus dem Jahre 1997 und musste daher dringend dem aktuellen Stand der Technik angepasst werden.

### Strukturelle Änderungen der Normenreihe

In der alten Norm gab es die Unterteilung von Anlagen unter und über 1 kV AC. Diese Unterscheidung führte dazu, dass viele Anforderungen – sicherlich mit unterschiedlichen Grenzwerten – aber im Text doppelt beschrieben wurden. Diese Trennung wurde aufgehoben. In der neuen Norm wird zwischen Schutzmaßnahmen gegen direktes und indirektes Berühren unterschieden. Die unterschiedlichen Werte werden dann im gleichen Kapitel jeweils für Hoch- und Niederspannung angegeben. Der Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich hat jetzt ein eigenes Kapitel und wird nicht mehr in den nationalen Vorworten geregelt.

### Inhaltliche Änderungen der EN 50122-1

#### Kapitel 3 Definitionen

Die Definitionen wurden – soweit es möglich war – der IEC 60050 angepasst, um zu vermeiden, dass es im elektrotechnischen Sprachgebrauch ein Wort mit zwei unterschiedlichen Bedeutungen gibt. So konnten von 87 notwendigen Definitionen immerhin 33, also über ein Drittel, übernommen werden. Entfallen ist zum Beispiel der Begriff der „Bahnerdung“, da bei Gleichstrombahnen keine Erdung vorgenommen wird. Ersetzt wurde der Begriff durch die Formulierung „Anschluss an die Rückleitung“.

#### Kapitel 5 Schutz gegen direktes Berühren

In diesem Kapitel sind die Anforderungen an die Hindernisse zusammengefasst

worden, die erfüllt werden müssen, wenn die Abstände zu aktiven Teilen nicht eingehalten werden können. Die Anforderungen selbst haben sich im Hochspannungsteil kaum geändert.

#### Kapitel 6 Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren und Schienenpotenzial

Metallene Teile im Oberleitungs- oder Stromabnehmerbereich müssen bahngerundet werden. (Auf die neue Formulierung „...müssen mit der Rückleitung verbunden werden...“ soll hier zu Gunsten der besseren Lesbarkeit verzichtet werden.) Gleiches gilt auch weiterhin für Betonbauwerke mit metallener Bewehrung, mit folgender Ausnahme:

- das Bauwerk kann kein gefährliches Potenzial vom Fehlerort verschleppen und
- die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers ist so gering, dass das Risiko des Anlagenschadens akzeptiert wird, wenn der Fehler nicht schnell abgeschaltet wird.

Eine größere Änderung gibt es für Teile kleiner Abmessungen. Die bisherigen Maße von 2 Metern in waagerechter Richtung wurden geändert. In Gleisrichtung wurden sie auf 3 bzw. 15 Meter für teilweise leitfähige Teile erweitert. Dies gilt jedoch nur wenn:

- sie keine Betriebsmittel haben und
- die Teile übersichtlich sind.

#### Kapitel 7 Schutzmaßnahmen für nicht für die Traktionsenergieversorgung vorgesehene Niederspannungsanlagen

Dieses Kapitel entspricht im Wesentlichen

dem alten Kapitel 6. Im Grundsatz gilt jetzt die Trennung der Erden der Bahn- bzw. Drehstromerdungssysteme. Wobei es den Infrastrukturbetreibern frei gestellt ist, von dieser Regelung abzuweichen! Angegeben werden nur noch Bilder für TT- und TN-Netze. Aber es wird auch ausdrücklich gesagt, dass weitere Netzformen wie zum Beispiel IT-Netze erlaubt sind.

#### Kapitel 8 Schutzmaßnahmen an Gleisanlagen, die Bahnrückstrom führen und/oder Fahrleitungsanlagen in gefährdeten Bereichen

Dieses alte Kapitel 6.1 wurde zusammen mit Vertretern der Gasversorger überarbeitet. Die Regelungen wurden stark vereinfacht und zusammengefasst, so dass vieles entfallen konnte.

#### Kapitel 9 Grenzwerte für die Berührungsspannung und Schutz gegen die Gefahr durch Schienenpotenzial

Hier gab es die größten Änderungen. Der Begriff „abgreifbare Spannung“ entfällt. Es gibt nur noch, unabhängig von der Zeitdauer, die Berührungsspannung. Da sich für Kurzzeitvorgänge die zulässigen Körperströme in der IEC 60479 geändert hatten, mussten die entsprechenden Körperspannungen angepasst werden. Zusätzlich kann der Standortwiderstand in die Berechnung mit einbezogen werden. Dadurch ergibt sich für Wechselstrombahnen bei einer Abschaltzeit von 60 Millisekunden eine zulässige Berührungsspannung von 894 Volt. Um dem Anwender die Arbeit mit der Norm zu erleichtern, wurde ein Ablaufdiagramm aufgenommen. Dieses zeigt die einzelnen Schritte auf, um zu zulässigen Berührungsspannungen zu gelangen.

#### Kapitel 10 Weitere Aspekte

Hier wurden die alten Kapitel 8, 9, 10 und 11 zusammengefasst.

#### Anhänge

Im Anhang C wurde der Wert für das Schienenpotenzial bei einem Abstand von 1 m zum letzten „bahngerundeten“ erdfühligsten Teil (zum Beispiel OL-Mast) korrigiert.

Der neue normative Anhang F legt den Einsatz von Spannungsbegrenzungseinrichtungen fest. ■

# Selektivität

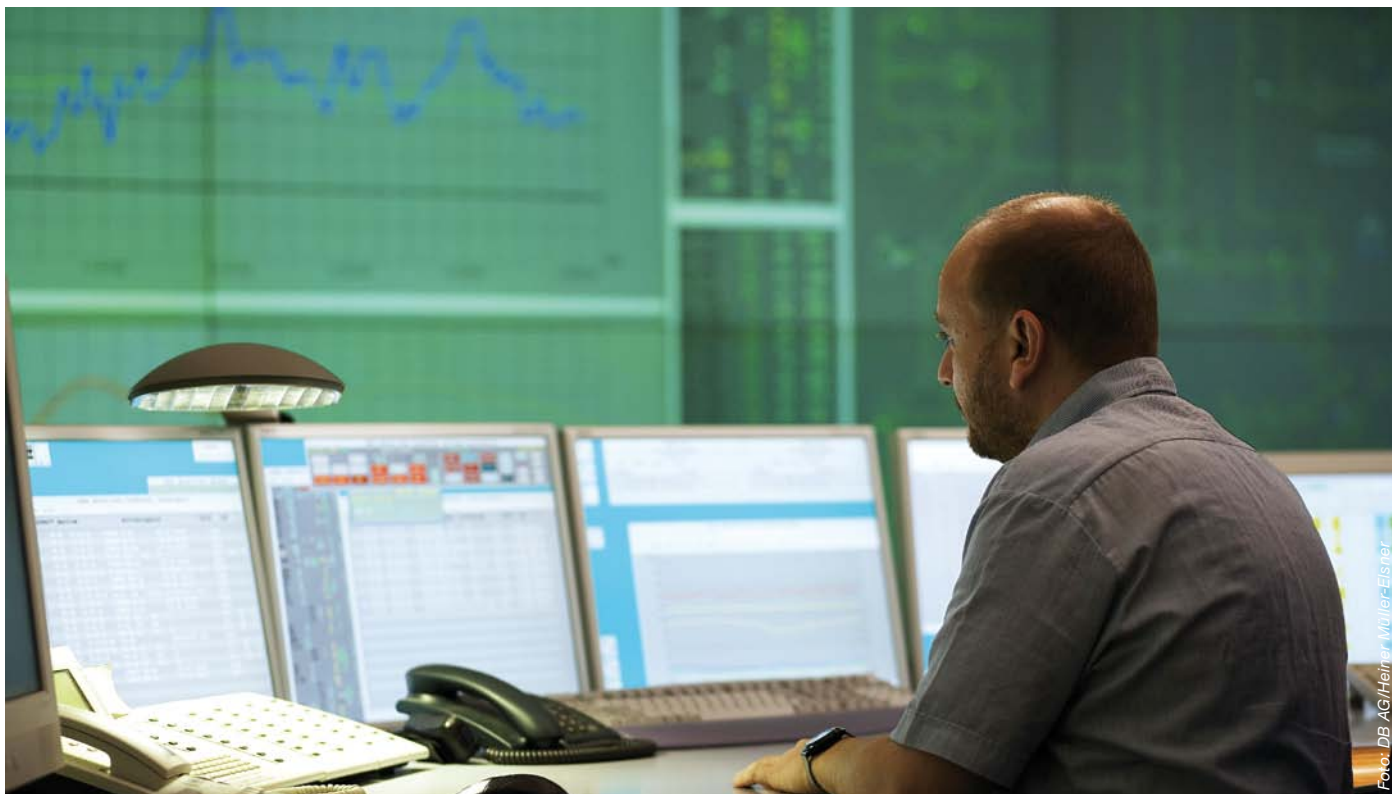


Foto: DB AG/Heiner Müller-Eisner

**Damian Fijol**, DB Energie GmbH, Energieverteilungssysteme und Leittechnik Referent 50 Hz-Strom/Gleichstrom (I.EBZ 4), Frankfurt am Main

*Dieser Beitrag richtet sich an Mitarbeiter, die mit Selektivitätsbetrachtungen von Niederspannungsanschlüssen zu tun haben.*

*Mit dem Staffeln der Schutzeinrichtungen gegen die Energieflussrichtung ist oftmals eine wirtschaftlich vertretbare Selektivität nicht erzielbar. DB Energie bekommt vom Kunden den Strombedarf bzw. die Einspeiseleistung vorgegeben. Hiernach kann man erst ab der Einspeisesicherung des Kunden aufwärts staffeln. Der Bemessungsstrom der Einspeisesicherungen der Kunden ist meistens größer als der Betriebsstrom selbst. Dadurch muss von der selektiven Staffelung eine höhere Hausanschlusssicherung und Bezugsleistung beim Verteilnetzbetreiber (VNB) bestellt werden, als im Regelbetrieb notwendig ist.*

Für die Erzielung einer wirtschaftlich vertretbaren Selektivitätsbetrachtung sind folgende Fragen zu klären:

- Sind alle Schutzeinrichtungen in einem Strompfad notwendig und zu staffeln?
- Was für Schutzeinrichtungen werden koordiniert (sicherungsbehaftet oder sicherungslos)?
- Was für Umgebungsbedingungen (zu erwartende Überlast- und Kurzschlussströme an jedem möglichen Entstehungsort) sind zu erwarten?
- Wie hoch ist das Risiko, dass die Schutzeinrichtungen unselektiv auslösen können, betrachtet vom Kurzschlussentstehungsort und der Verlegung des Kabels?

### Praxisbeispiel

Bei der Betrachtung der Selektivität im Beispiel (Abbildung 1) spielt der Aufbau des dargestellten Niederspannungsanschlusses keine herausragende Rolle. Informationen diesbezüglich sind unter anderem der Technischen Information 07 (TI 07) Revision B, den Technischen Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz der DB Energie GmbH (TAB-DB Energie GmbH) und deren Ergänzung „Direkt- und Wandlermessungen“ mit Stand 1. September 2010 zu entnehmen.

Die Querschnitte der Kabel und Leitungen sind bei der Wahl der entsprechenden Größe der Überstromschutzeinrichtung nach unten hin durch die Gleichungen der DIN VDE 0100-430 ( $I_b \leq I_n \leq I_z$ ;  $I_z \leq 1,45 \times I_n$ ) begrenzt. Der Bemessungsstrom der Überstromschutzeinrichtung hängt bei Verwendung von Verteilern der Schutzklasse II vom Betriebsstrom und der Einhaltung des Kabelschutzes nach DIN VDE 0100-430 ab. Eine Querschnittserhöhung aufgrund der Einhaltung eines vorgegebenen Spannungsfalls hat eine Miterhöhung des Bemessungsstromes der Überstromschutzeinrichtung nicht zur Folge, sie wirkt sich sogar positiv auf die Höhe des Kurzschlussstromes aus. Aus Sicht der Selektivität sollte man zuerst die Abgangssicherung bestimmen bzw. staffeln und den entsprechenden Kabelquerschnitt im Nachhinein ermitteln.

Im Beispiel werden die Kabel als erdverlegt angenommen. Die Dimensionierung der Kabelquerschnitte wird im Beispiel nicht angegeben. Das Beispiel zeigt die Speisung der elektrischen Energie aus einem VNB-Anschluss (Zähleranschlusssäule (ZAS))

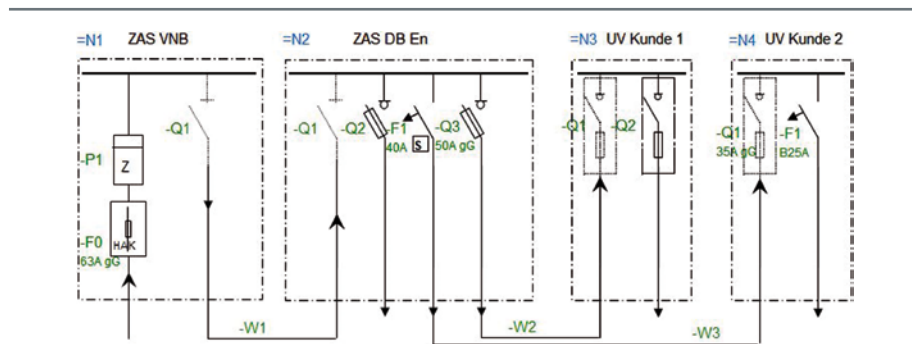


Abbildung 1: Vereinfachtes einpolig dargestelltes Übersichtschaltbild Praxisbeispiel (Anlagen und Betriebsmittel gekennzeichnet nach DB-Standard „Kennzeichnung von Anlagen und Betriebsmitteln in der Niederspannung“). (Abbildungen 1, 2, 4 und 6 bis 9: eigene Darstellung)

VNB) mit Weiterleitung der DB Energie GmbH (ZAS DB En) zu zwei Anschlussnehmern („UV Kunde 1“ und „UV Kunde 2“). Der Kunde 1 hat eine Leistung von 21 Kilo Volt Ampere (kVA) – zirka 30 Ampere (A) und Kunde 2 eine Leistung von 13,8 kVA (zirka 20 A) angemeldet. Hierbei wurde der Gleichzeitigkeitsfaktor und Reserve der Kunden bereits mit berücksichtigt.

Die Kunden haben als Einspeisesicherungen jeweils 63 A vorgegeben. Als größte erste Abgangssicherungen (in Stromflussrichtung gesehen) in den Kunden verteilen sind 35 A (Sicherung gG – gG ist eine Betriebsklasse für Sicherungssysteme, die dem Kabelschutz erfüllt) und 25 A (LS-Schalter B25A) vorgegeben.

Ausgehend vom Betriebsstrom würde eine Gesamtleistung von zirka 35 kVA ausreichen und gesehen von der Gesamtleistung eine 63A-Hausanschlussicherung genügen.

Die Anordnung der Verteilungen und die Kabellängen der Kunden, des VNB und der DB En richten sich je nach Vorhandensein des VNB-Anschlusses und der verfügbaren Flächen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die ZAS VNB und die ZAS DB En in unmittelbarer Nähe zueinander aufgestellt werden oder idealerweise in einer Verteilung untergebracht sind.

Im Beispiel sind diese Verteilungen separat und das Kabel -W1 ist zirka 10 Meter lang. In Abbildung 1 sind die Überstromschutzeinrichtungen =N1-Q1 und =N2-Q1 vorhanden. Zu Beginn der Planung kann vorab geprüft werden, ob das Kabel -W1 mit der maximalen Strombelastbarkeit der Sammelschiene der ZAS VNB gleichgesetzt bzw. auf den Schutzbereich der HAK-Sicherung ausgelegt sowie erd- und kurzschlussicher (siehe DIN VDE 0100-520) verlegt wird, damit die Überstrom-

schutzeinrichtungen =N1-Q1 und =N2-Q1 durch Trennmesser ersetzt werden können.

Mit den oben genannten Angaben der Kunden und eventuell notwendiger Verständigung mit dem VNB kann wie folgt gestaffelt werden:

#### Abgangskabel (-W2 und -W3) der ZAS DB En zum Kunden 1 und 2

Die Überstromschutzeinrichtungen im Abgang zum Kunden 1 (=N2-Q3) und Kunden 2 (=N2-F1) sind selektiv zu den größten ersten Abgangs-Überstromschutzeinrichtungen der Kunden zu dimensionieren, um Selektivität vom Stromkreis zu Stromkreis zu erzielen. Die Einspeise-Überstromschutzeinrichtungen des Kunden 1 und 2 werden zum Schutz gegen Überlast- und Kurzschluss des Einspeisekabels überflüssig, wenn Abgangs-Schutzeinrichtungen, angeordnet am Anfang, nach DIN VDE 0100-430 bemessen worden sind. Es werden eine Schmelzsicherung =N2-Q3 und ein SH-Schalter =N2-F1 gewählt.

Die Abgangs-Schmelzsicherung zur „UV Kunde 1“ wird mit 50 A der Betriebsklasse gG (=N2-Q3) bemessen. Zuerst den größten NH-gG-Abgangssicherung (NH steht für die Ausführungsart einer Sicherung, gG beschreibt die Betriebsklasse bzw. das Einsatzgebiet dieser Sicherung, hier speziell den Kabelschutz) von 35 A (=N3-Q2) der „UV Kunde 1“ liegt volle Selektivität mit einem Selektivitätsverhältnis von 1:1,42 vor (Abbildung 2). Dieses wird nur mit herstellergleichen Sicherungen gewährleistet. Welche Anforderungen bei der Staffelung mit herstellergleichen Sicherungen zu beachten sind, folgt im Kapitel „Staffelung von Sicherungen“.

Der Abgang (=N2-F1) zum Kunden 2 (UV Kunde 2) wird mit einem 40 A-selektiven Hauptleitungsschutzschalter (SH-Schalter)

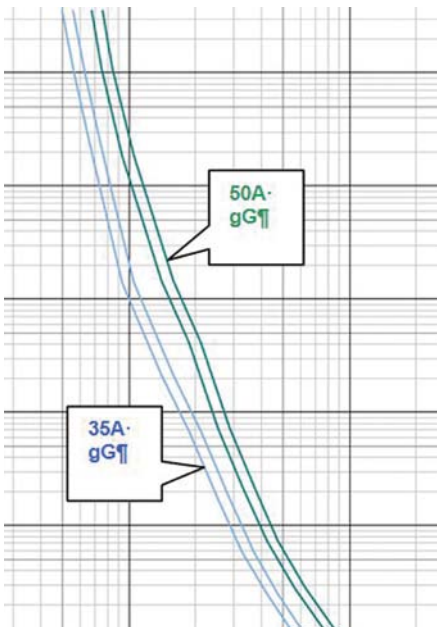


Abbildung 2: Simaris Curves, Selektivität, NH gG, 50A zu 35A.

der Auslösecharakteristik E geschützt. Die Selektivitätsgrenze des maximalen dreipoligen Anfangswchselkurzschlussstrom zum 25 A-Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) = N4-F1 des Kunden 2 liegt bei zirka  $I_k'' = 10$  Kilo Ampere (kA) – Abbildung 3.

Die 10 kA sind hier als voll selektiv anzusehen!

### Wie kann diese Aussage stimmen?

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) besagt in der TAB 2007, dass die Anlagen hinter der Übergabestelle in ihrem Hauptstromversorgungssystem für einen Stoßkurzschlussstrom von 25 kA (hier wird von den Durchlasswerten einer 315 A-Hausanschlussicherung ausgegangen) ausgelegt werden müssen. Werden dann alle Impedanzen auf

dem Stromflusspfad zum Kundenverteiler berücksichtigt, kann davon ausgegangen werden, dass der Kurzschlussstrom beim Endverteiler, auch wenn er nach Beispiel nur 10 Meter von der ZAS DB En entfernt wäre, unter den 10 kA liegen wird. Zur Betrachtung der Kurzschlussströme sind Tools wie Simaris design, Ecodial oder DocWin zu empfehlen. Diese Tools unterstützen auch Selektivitätsbetrachtungen bezogen auf das integrierte Produktportfolio.

### Abgangskabel (-W1) von ZAS VNB zu ZAS DB En

Die Überstromschutzeinrichtung =N1-Q1 soll verwendet werden, wenn zum Beispiel die Hausanschlussicherung (=N1-F0) das Einspeisekabel (-W1) zur ZAS DB En2 nicht gegen Überlast- und Kurzschlusseinwirkungen schützen kann oder der VNB auf dieser besteht. Sie muss selektiv zum Kunden 1 und Kunden 2 gestaffelt werden.

Die Überstromschutzeinrichtung (=N2-Q1) kann ein Lasttrennschalter/Trennmesser oder wenn die Überstromschutzeinrichtung (=N1-Q1) am Anfang des Kabels einen eventuell vorhandenen Zähler in der Einspeisung der ZAS DB En nicht mehr schützen kann, eine Schmelzsicherung oder SH-Schalter als „Zählervorsicherung“ sein. Bei Verwendung von Überstromschutzeinrichtungen am Anfang und am Ende eines Kabels (Stromkreises) sind die gleichen Charakteristiken (Bemessungsstrom, -spannung, Betriebsklasse, Art) zu wählen.

### Hausanschlussicherung im Hausanschlusskasten (= N1-F0)

Bei der Dimensionierung der Hausanschlussicherung stellt sich die Frage, inwieweit der VNB mit eingebunden und wie er sich mit der DB Energie arrangieren wird.

Theoretisch reicht es aus, wenn die Hausanschlussicherung selektiv zu den Abgangsschutzeinrichtungen in der ZAS DB En ist, damit kein kompletter Stromausfall des VNB-Anschlusses die Folge ist.

Hat der VNB sich arrangiert mit herstellergleichen Sicherungen zu staffeln sowie die Abgangs-Überstromschutzeinrichtung zur ZAS DB En nicht in der Selektivitätsbetrachtung mit zu berücksichtigen oder ggf. komplett weg zu lassen, ist eine NH-63A-Hausanschlussicherung der Betriebsklasse gG voll selektiv zum Abgang =N2-Q3 der „ZAS DB En“ (Abbildung 4).

Zudem ist sie selektiv bis zu einem Anfangswchselkurzschlussstrom von  $I_k'' = 4,5$  kA zum Abgang =N2-F1 der „ZAS DB En“ (Abbildung 5). Die Selektivitätsgrenze von  $I_k'' = 4,5$  kA ist bei Bezug von  $S_{Kunde2} \approx 13,8$  kVA, einem maximalen 3-poligem Anfangswchselkurzschlussstrom an der ZAS VNB von  $I_{k''max} = 25$  kA und einer Entfernung der ZAS VNB zur ZAS DB En von 10 Metern sowie des Kundenverters UV Kunde 2 zur ZAS DB En ab 15 Meter aufwärts voll selektiv, Hierbei würde der 3-polige Anfangswchselkurzschlussstrom am UV Kunde 2 niedriger als 4,5 kA sein.

### Was ist unter Selektivität bei der DB zu verstehen?

Selektivität liegt nach DIN VDE 0100-530 Abschnitt 535.1.2 vor, wenn die Ansprechlinien von zwei oder mehreren Überstromschutzeinrichtungen in der Weise koordiniert sind, dass beim Auftreten von Überströmen nur die der Fehlerstelle unmittelbar vorgeschaltete Schutzeinrichtung ausschaltet.“

Sind aber nun alle Schutzeinrichtungen in einem Strompfad zu koordinieren? In der Praxis wird von Selektivität zwischen

- Überstromschutzeinrichtung zu Überstromschutzeinrichtung oder
- zwischen Stromkreis und Stromkreis gesprochen.

Die Entscheidung welche Betrachtung nun als ausreichend angesehen wird, leitet sich aus der Bedingungen der Erfüllung des Kabelschutzes nach DIN VDE 0100-430 Abschnitt 433, 434 und 435.1 ab.

Um ein Kabel auf seiner gesamten Länge schützen zu können ist eine „gemeinsame Einrichtung“ nach Abschnitt 435.1 (Leitungsschutzsicherung, Leitungsschutzschalter, SH-Schalter etc.) am Anfang des Stromkreises anzuordnen und nach den in

Endstromkreis	Einspeisung		S 700										
	Char.	Icu [kA]	E/K										
			25										
S 200			In [A]	16	20	25	35	40	50	63	80	100	
C			≤ 2	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15	>15
			3	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8
			4	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8
B, C			6	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8
			8	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8
B, C	6		10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8
			13	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8
			16		10	10	10	10	10	10	10	8	8
			20		10	10	10	10	10	10	10	8	8
			25		10	10	10	10	10	10	10	8	8
			32			10	10	10	10	10	10	8	8
			40				10	10	10	10	10	8	8
			50/63						10	10	10	8	8

Abbildung 3: Selektivitätstabelle Kaskade 1 (SH zu LS 6kA, 10kA). (aus ABB Katalog)

der Norm enthaltenen Gleichungen und Anforderungen zu bemessen und auszuwählen. Entsprechend ist am Ende des Kabels keine zweite Schutzeinrichtung notwendig. Hiernach soll auch die Selektivität dann nur vom Stromkreis zum Stromkreis betrachtet werden (Abbildung 6).

Die Definition der Selektivität ist zudem zu untergliedern in:

- volle Selektivität und
- Teilsselektivität.

Wird volle Selektivität angestrebt, so bedeutet dies, dass sich die Zeit-/Strom-Kennlinien der Überstromschutzeinrichtungen nirgendwo über ihren Verlauf berühren oder schneiden dürfen. Bei der Betrachtung der Zeit-/Strom-Kennlinien der Überstromschutzeinrichtungen untereinander sind zudem Einflussfaktoren, wie Toleranzen beim Betrieb, Öffnungszeiten von zum Beispiel Leistungsschaltern, die Auswirkung auf Temperaturunterschiede bei zum Beispiel thermischen Auslösern nicht angegeben.

Teilsselektivität bedeutet, dass sich die Zeit-/Strom-Kennlinien der betrachteten Überstromschutzeinrichtungen in ihren Verlauf schneiden oder berühren. Bis zum Schnittpunkt der Kennlinien besteht jedoch volle Selektivität zwischen über- und nachgeordneter Schutzeinrichtung. Nach dem Schnittpunkt können beide Schutz-einrichtungen auslösen.

Hier muss man allerdings nicht gleich davon ausgehen, dass keine Selektivität vorhanden ist.

Betrachten wir mal ein Beispiel anhand eines dreipoligen vollkommenen Kurzschlusses ermittelt nach DIN VDE 0102. Wie aus der Theorie bekannt, mindert sich der Kurzschlussstrom über der Leitungslänge aufgrund der sich über die Länge ändernden Leitungsimpedanz (Impedanz der Leitung in Ohm/km). Hiernach sind die Höhe des Kurzschlussstromes und die Selektivitätsgrenze zwischen über- und untergeordneter Überstromschutzeinrichtung vom Entstehungsort abhängig. Wenn die Selektivitätsgrenze (Schnittpunkt beider Kennlinien) zum Beispiel 3 Meter nach der dem Fehlerort am nächsten liegenden Überstromschutzeinrichtung liegt, ist das Risiko des Kurzschlusseintritts auf den ersten drei Metern des Kabels abzuwägen.

Die ersten drei Meter eines Kabels nach der dem Fehlerort am nächsten gelegenen Schutzeinrichtung wären zum Beispiel in der Zähleranschluss säule und würden in den

Erdboden eindringen. Das Risiko wäre hier nach ziemlich gering, dass äußere Einflüsse zu einem dreipoligen Kurzschluss führen und das Auslösen der übergeordneten Schutzeinrichtung bewirken (Abbildung 7, die Werte sind willkürlich gewählt).

Die Kurzschlussstrombetrachtungen nach der DIN VDE 0102 sind dazu auch keine absoluten Werte, die vor Ort auftreten können. Des Weiteren sind bei Niederspannungsanschlüssen die meisten Kurzschlüsse einpoliger Natur (Phase gegen Schutzleiter oder Neutralleiter) und es stellt sich zudem die Frage, wie oft das Risiko besteht, dass der vollkommene dreipolige Anfangskurzschlussstrom auch auftreten wird. Sinngemäß gilt dies auch bei der Betrachtungsweise der Selektivität anhand der  $I^2t$ -Durchlasswerte oder  $I_D$ -Durchlasswerte der Überstromschutzeinrichtungen.

### Was ist bei der selektiven Koordination von Überstromschutz-einrichtungen zu beachten?

#### Staffelung von Sicherungen

Selektivität von Sicherungen in Reihe ist gegeben, wenn die Schmelzzeit der übergeordneten Sicherung größer ist als die Ausschaltzeit der untergeordneten Sicherung.

Beim Verfahren mit Zeit/Strom-Kennlinienvergleich sind besonders bei Kurzschlussbetrachtungen mit Schmelzzeiten < 100 ms die Ausschaltzeiten zu berücksichtigen.

Alternativ kann man auch mit den Joule-Integralen ( $I^2t$ -Werte) arbeiten. Hierbei muss der Schmelzwert ( $I^2t_{min}$ ) der übergeordneten Sicherung größer sein als der Ausschaltwert ( $I^2t_{max}$ ) der untergeordneten Sicherung.

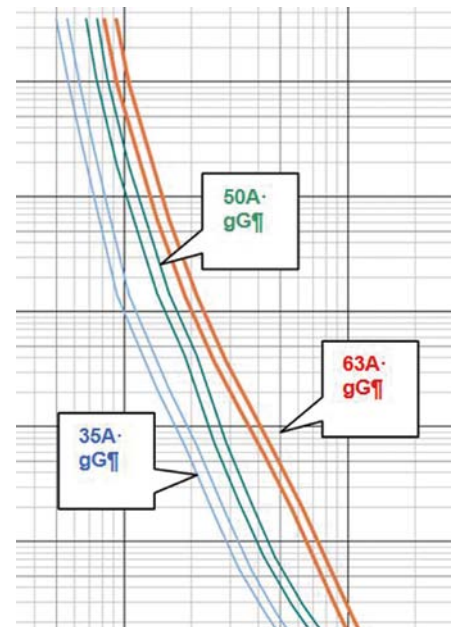


Abbildung 4: Simaris Curves, Selektivität, NH gG, 63A zu 50A zu 35A.

Nach DIN VDE 0636 ist Selektivität zwischen Schmelzsicherungen (über- zu untergeordnet) der Betriebsklasse gG gegeben, wenn sie in einem Verhältnis von 1:1,6 gestaffelt werden. Hiermit ist ein Staffeln herstellerner neutral möglich, jedoch müssen die gG-Sicherungen genormt und VDE-geprüft sein, ansonsten sind Verhältnisse von 1:2 selektiv.

Einige Hersteller realisieren sogar Staffelungen in einem Verhältnis von 1:1,25. Hierbei ist man jedoch beim Austausch der Sicherungen immer auf den einen Hersteller angewiesen, so dass man über eine entsprechende Dokumentation in Schaltungsunterlagen und in den Anlagen selbst sowie einer Lagerhaltung nicht vorbei kommt. Schmelzsicherungen lösen durch Abschmelzen eines Schmelzleiters mit dem Anstieg der Temperatur bzw. des

Vorsicherung		Sicherung 63 A gG						
Einspeisung		S 700						
Char.		E/K						
Endstromkreis		25						
I <sub>cu</sub> [kA]		In [A]	35	40	50	63	80	100
S 200	C	≤ 2	>15	>15	>15	>15		
	B, C	3	10	10	10	10		
	C	4	10	10	10	10		
		6	10	10	10	10		
		8	7,5	7	7	6		
		10	7,5	7	7	6		
		13	6	6	6	6		
		16	6	6	6	6		
		20	6	6	5	5		
		25		4,5	4,5	4,5		
	32			4,5	4,5			
	40				4			
	50							

Abbildung 5: Selektivitätstabelle Kaskade 2 (NH zu SH zu LS 6kA, 10kA). (aus ABB-Katalog)

Abbildung 6:  
Betrachtung Selektivität zwischen  
Stromkreis und Stromkreis.

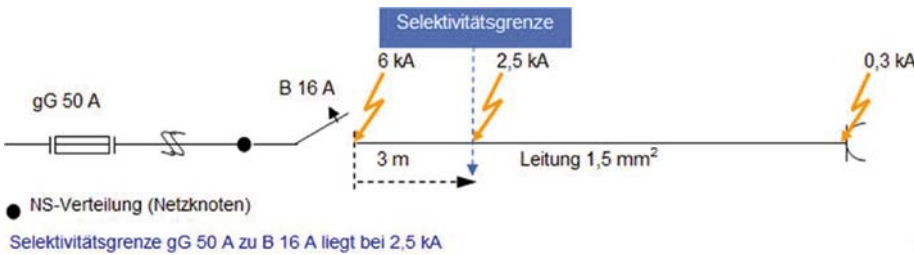
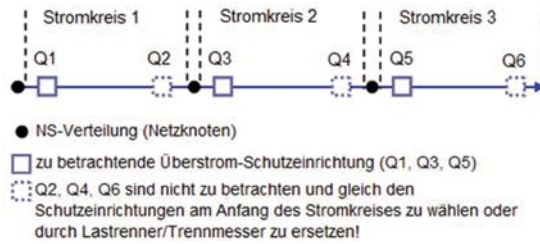


Abbildung 7:  
Verhalten dreipoliger Kurzschluss auf einer Leitung (schematische Darstellung).

Stromes und der entsprechenden Zeit aus. Bei Überlast oder Kurzschluss sehen alle Sicherungen eines Strompfades in Abhängigkeit der Leitungsimpedanz eine entsprechende Höhe des Überlast- oder Kurzschlussstromes und altern damit ungleichmäßig mit. Die Kennlinien der übergeordneten bzw. nicht abgeschmolzenen Sicherungen verschieben sich mit jedem Überlast oder Kurzschlussstrom um einen nicht definierten Auslösbereich nach links in den Strom/Zeit-Kennlinien. Zur Wahrung der vorher definierten Selektivität sollte man im Idealfall die Schmelzsicherungen im kompletten vom Fehlerfall betroffenen Strompfad tauschen.

### Staffelung von Sicherungen, selektiven Haupt-Sicherungsschaltern und Leitungsschutzschaltern

In Anlagen, die nach TAB 2000 und TAB 2007 errichtet wurden bzw. werden, kom-

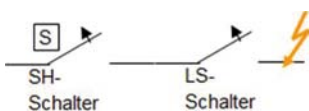


Abbildung 8: Kaskade 1 nach E DIN VDE 0641-21.

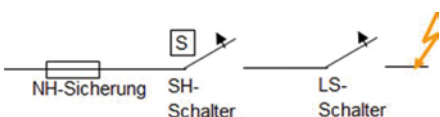


Abbildung 9: Kaskade 2 nach E DIN VDE 0641-21.

men als Zählervorsicherungen selektive Haupt-Leitungsschutzschalter (SH-Schalter) gemäß E DIN VDE 0641-21 anstelle von Schmelzsicherungen zum Einsatz.

SH-Schalter arbeiten wie ein Leitungsschutzschalter mit einem thermischen und magnetischen Überstromauslöser im Hauptstromkreis. Zusätzlich ist ein Nebenstromkreis bzw. Bypass mit einem thermischen Auslöser vorhanden, der eine zeitlich versetzte Kurzschlussauslösung ermöglicht.

Das Funktionsprinzip wird verwendet, um Selektivität zwischen vor- und nachgeschalteten Schutzeinrichtungen zu gewährleisten.

Die Hersteller geben die Selektivitätsgrenzen in so genannten Koordinationstabellen für die Kaskaden 1 und 2 (Abbildungen 8 und 9 nach E DIN VDE 0641-21) an. Staffelvarianten, die nicht der Kaskade 1 und 2 (zum Beispiel Sicherung, SH-Schalter, Sicherung) entsprechen, müssen direkt über den Hersteller bezogen werden.

Wird nach einem mechanischem Schalter (SH-, LS-, Leistungsschalter) eine Schmelzsicherung angeordnet kann, volle Selektivität nur dann erreicht werden, wenn der Durchlassstrom  $I_D$  der Sicherung nicht den Ansprechstrom des unverzögerten Überstromauslösers erreicht. In der Praxis ist das nahezu unmöglich, weil die Bemessungsströme der Überstromschutzeinrichtungen sehr weit auseinander liegen müssten.

Wird nach einer Sicherung ein mechanischer Schalter (SH-, LS-, Leistungsschalter) angeordnet und volle Selektivität angestrebt, so muss der Durchlasswert  $I^2t$ -Wert des Schalters kleiner sein als der Schmelz- $I^2t$ -Wert der Sicherung. Die Staffelung ist in der Praxis bei einer zu niedrigen Differenz der jeweiligen Bemessungsströme der Schutzeinrichtungen zueinander nur mit Erreichen einer Teilselektivität möglich.

Werden rein mechanische Überstromschutzeinrichtungen untereinander im gesamten Strompfad oder in einem Teil des Strompfades gestaffelt, so sind herstellergleiche Betriebsmittel mit den dazugehörigen Selektivitätsgrenzangaben zu verwenden. Hier ist beim Austausch einer fehlerhaften Schutzeinrichtung sehr wichtig, dass nur diese wieder in den Strompfad eingesetzt wird (siehe Abschnitt Staffelung von Schmelzsicherungen).

### Zusammenfassung

Die Selektivitätsbetrachtung eines Niederspannungsanschlusses wird in der TAB DB und TAB 2007 im Abschnitt 6.2.3 explizit gefordert. Demnach hat der Planer bei der Energieversorgung die selektive Koordination von Überstrom-Schutzeinrichtungen nach DIN VDE 0100-530, Abschnitt 535 zu berücksichtigen.

Unter Beachtung einzelner Kriterien muss nicht immer ein höherer VNB-Anschluss die Lösung sein. Betrachtet man die Selektivität vom Stromkreis zu Stromkreis ist die Staffelanzahl zwischen den Schutzeinrichtungen im Strompfad geringer wie die Betrachtung von Schutzeinrichtung zu Schutzeinrichtung. Wird zudem das Risiko des Auftretens des maximal möglichen dreipoligen Kurzschlusses am Entstehungsort der Selektivitätsgrenze der betrachteten Schutzeinrichtungen abgewogen, kann eine Teilselektivität als vollselektiv angesehen werden. Mit dem Staffeln von herstellergleicher Schutzeinrichtungen, wie Sicherungen unter der Berücksichtigung einzelner Parameter, wie Vorhaltung auf Lager/vor Ort und Hinweise in Dokumentationsunterlagen/vor Ort ist ein niedrigeres Staffelverhältnis möglich.

Mit der entsprechenden Herangehensweise an eine Selektivitätsbetrachtung, dass keine maximal mögliche Selektivität, sondern eine zur Zweckerfüllung ausreichend ist, kann eine wirtschaftlich vertretbare Betrachtung das Ziel sein. ■

# Vorgehensweise bei Fehlen von Bahnerdungsleitungen, Gleis- und Schienenverbindern



**Karlheinz Heidemann**, DB Netz AG, Instandhaltungsverfahren E-Technik/  
Oberleitung Arbeitsgebietsleiter/oVEF, Frankfurt am Main

*Die Deutsche Bahn verzeichnet einen starken Anstieg von Buntmetall-  
diebstählen. So war in 2010 eine Zunahme von 40 Prozent gegenüber 2009  
zu verzeichnen. Dieser Trend ist den stetig steigenden Rohstoffpreisen, ins-  
besondere bei Kupfer, geschuldet.*

*In enger Zusammenarbeit mit den Justizbehörden unternimmt die Deutsche  
Bahn AG große Anstrengungen, den Buntmetalldiebstahl einzudämmen. Aber  
auch durch Substitution des Kupfers durch weniger wertvolle Metalle soll  
dem Diebstahl von Bahnerdungsleitungen, Gleis- und Schienenverbindern  
die Attraktivität entzogen werden.*

*Neben dem hohen wirtschaftlichen Schaden, aufgrund hoher nicht vorher-  
sehbarer Instandsetzung und starker Beeinträchtigung des Personen- und  
Güterverkehrs, bringen sich die Täter nicht selten selbst in Lebensgefahr.*

## Bedeutung für den Bahnbetrieb

### Definitionen

- EVZS:** Entstörung Veranlassende Zuständige Stelle.
- Zes:** Zentrale Schaltstelle (DB Energie).
- ALV OL:** Anlagenverantwortlicher oder Anlagenbeauftragter Oberleitung.
- ALV LST:** Anlagenverantwortlicher Leit- und Sicherungstechnik oder sein Vertreter.

Die Erhaltung der Anlagen der Rückstromführung, Bahnerdung und des Potenzialausgleichs sind zwingende Voraussetzung für einen sicheren elektrischen Bahnbetrieb. Bei fehlenden Bahnerdungsleitungen, Gleis- oder Schienenverbindern hat die Mängelbeseitigung gemäß den allgemeinen Grundsätzen der DIN VDE 0105-103 „Betrieb von elektrischen Anlagen, Zusatzfestlegungen für Bahnen“, Abschnitt 4.1. „Sicherer Betrieb“, erfolgen.

Hierbei gilt der Grundsatz: Werden an und in elektrischen Anlagen Mängel beobachtet, die eine Gefahr für Personen, Nutztiere oder Sachen zur Folge haben, so sind unverzüglich Maßnahmen zur Beseitigung der Mängel zu treffen. Sofern die Betriebsverhältnisse nicht erlauben, die Mängel unmittelbar zu beseitigen, ist die Gefahr zunächst einzuschränken, zum Beispiel durch Absperren, Kenntlichmachen, Anbringen von Schildern. Der Anlagenverantwortliche ist unverzüglich zu benachrichtigen.

### Wie ist der Ablauf?

Werden fehlende Bahnerdungsleitungen, Gleis- und Schienenverbinder festgestellt, erfolgt in der Regel eine Meldung an die EVZS. Diese informiert den ALV OL, der die Gefahrensituation ermittelt, bewertet und dann unverzüglich Maßnahmen zur Beseitigung des Mangels einleitet.

Je nach festgestellter Gefahrensituation kann dies schon vor der Mängelbeseitigung die sofortige Ausschaltung der betroffenen Oberleitung bedingen. Vor allem dann, wenn öffentlich zugängliche Bereiche wie Bahnsteige, Bahnübergänge, Wege, Straßen, Straßenüber- und -unterführungen, etc. sehr nahe an die Gefahrenstelle heranreichen (10 Meter-Bereich) und/oder die Gefahr einer Kurzschlussstrom- oder Spannungsverschleppung besteht.

Aber auch eigene Mitarbeiter (zum Beispiel DB Energie, Gewerke Fahrbahn, Leit- und

Gsk-Typ	Bei fehlenden Bahnerden ist folgendes Vorgehen anzuwenden	Betriebliche Maßnahmen
FTG S	Der Gleiskreis ist als gestört zu betrachten	<b>Trifft der Anlagenverantwortliche LST gem. Ril 408</b>
GI S 9/15	Der Gleiskreis ist als gestört zu betrachten	
Gsk Typ EON	Der Gleiskreis ist als gestört zu betrachten	
NF- Gsk (alle Typen und Schaltfälle)	Der Gleiskreis ist als gestört zu betrachten	
DC-Gsk (Bauform Siemens und WSSB)	Der Gleiskreis ist als gestört zu betrachten	
Hinweis	Der Anlagenverantwortliche LST muss nach der Bewertung der örtlichen Verhältnisse und dem örtlichen Erdungskonzept, die Einleitung von betrieblichen Maßnahmen veranlassen.	

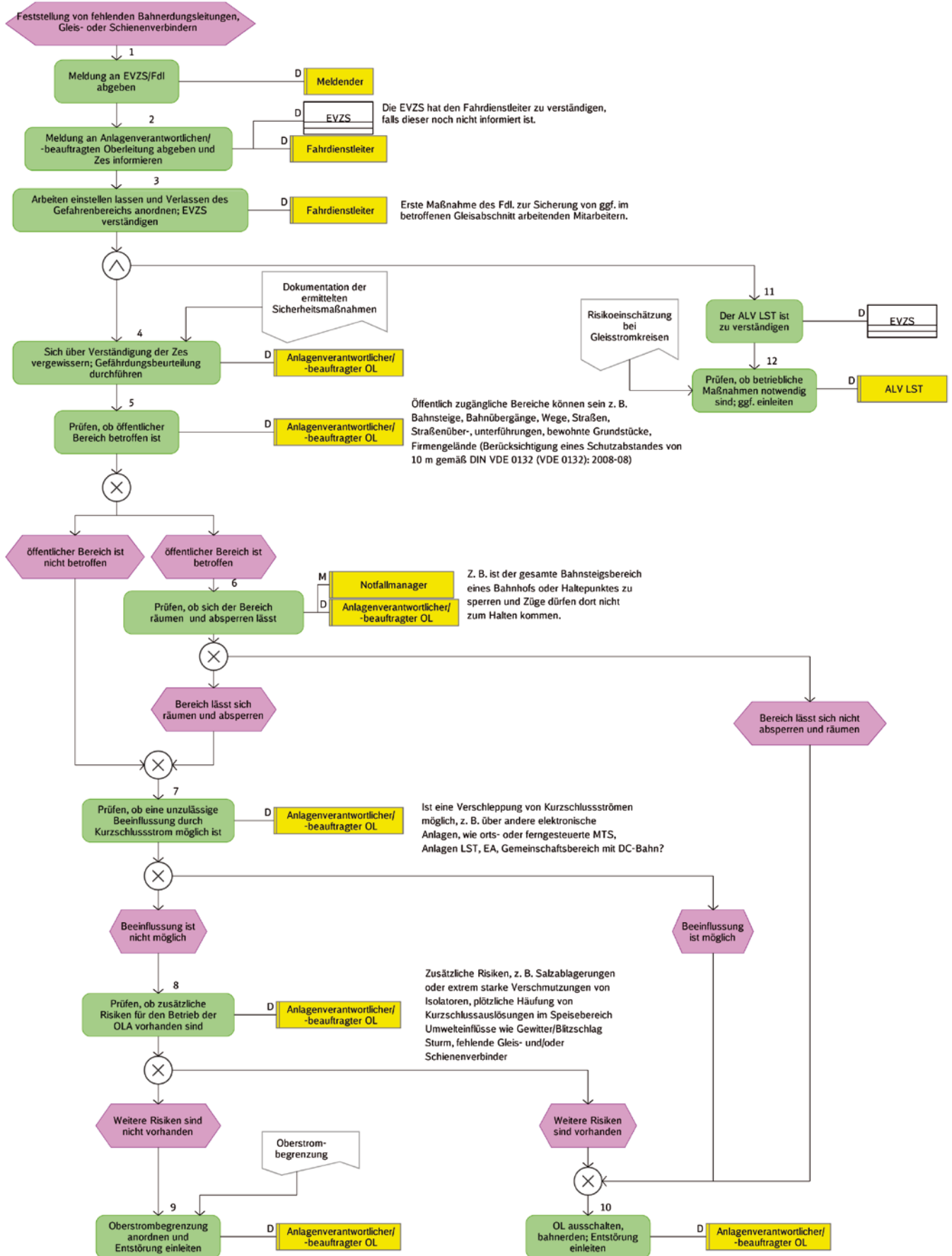
Tabelle 1: Risikoeinschätzung bei Gleisstromkreisen (Quelle aller Grafiken: DB Netz AG)

Gleislängen ohne Erden	Streckenart	Ist-Wert Oberstrom	Zulässiger Oberstrom	Bereich der Oberstrombegrenzung
≤1,000 km	Stichstrecke	600 A	500 A	Diebstahlbereich
2,000 km	Stichstrecke	600 A	425 A	Diebstahlbereich
≤1,000 km	durchgehend	600 A	500 A	Diebstahlbereich +6 km davor und danach
2,000 km	durchgehend	600 A	425 A	Diebstahlbereich +6 km davor und danach
≤1,000 km	durchgehend	900 A	694 A	Diebstahlbereich +4 km davor und danach
1,680 km	durchgehend	900 A	600 A	Diebstahlbereich +4 km davor und danach
2,000 km	durchgehend	900 A	565 A	Diebstahlbereich +4 km davor und danach
4,200 km	durchgehend	900 A	400 A	Diebstahlbereich +4 km davor und danach
≤1,000 km	durchgehend	1.500 A	1.071 A	Diebstahlbereich +3 km davor und danach
1,600 km	durchgehend	1.500 A	900 A	Diebstahlbereich +3 km davor und danach
2,000 km	durchgehend	1.500 A	833 A	Diebstahlbereich +3 km davor und danach
2,500 km	durchgehend	1.500 A	750 A	Diebstahlbereich +3 km davor und danach
3,000 km	durchgehend	1.500 A	681 A	Diebstahlbereich +3 km davor und danach
3,750 km	durchgehend	1.500 A	600 A	Diebstahlbereich +3 km davor und danach

Tabelle 2: Oberstrombegrenzung

**Anmerkung:** Die Werte gelten jeweils für beide Streckengleise. Beispiel: Bei einer zweigleisigen Strecke mit 900 Ampere (A) Oberstrom sind auf einer Länge von 2,000 km ohne Erden 2\*565 A = 1130 A zulässig. Diese können, wenn gewünscht, unsymmetrisch aufgeteilt werden! So ist es durchaus zulässig, zum Beispiel auf Rampen, dem bergauf fahrenden Zug im genannten Beispiel 700 A zu gestatten, wenn man den bergab rollenden Zug auf 400 A begrenzt. Vorstehende Regelung gilt jedoch nur, wenn ausschließlich Mast- und/oder Bauwerkserden fehlen und keine Gleis- und Schienenverbinder.

## Ablaufschema zur Ermittlung der Sicherheitsmaßnahmen



Sicherungstechnik) oder Dritte, (Polizei, Bundespolizei, etc.), die sich bei fehlenden Bahnerdungsleitungen, Gleis- und Schienenverbinder im Gefahrenbereich aufhalten, bzw. aufhalten könnten, müssen vor möglichen, gefährlichen elektrischen Einwirkungen geschützt werden.

Dies erfolgt durch den Fahrdienstleiter vor Ort, der zum Beispiel bei Arbeiten im Gleis, die Einstellung der Arbeiten und das Verlassen des Gefahrenbereichs veranlasst.

Da, falls vorhanden, die sichere Funktion von Gleisfreimeldeeinrichtungen eingeschränkt sein kann, muss immer der ALV LST informiert werden. Dessen Unterrichtung hat sich der ALV OL bei der EVZS und ebenso der Unterrichtung der zuständigen Zes zu vergewissern.

Der ALV LST prüft dann unverzüglich, ob und wenn ja, welche Gleisfreimeldeeinrichtungen vorhanden sind und führt eine Risikoeinschätzung gemäß Tabelle 1 durch.

Das chronologisch aufgebaute „Ablaufschema zur Ermittlung der Sicherheitsmaßnahmen“ ist für den ALV OL eine wesentliche Hilfe bei seiner Gefährdungsanalyse und gibt ihm Handlungssicherheit. Das Ergebnis der Gefährdungsanalyse ist zu dokumentieren.

Die Oberstrombegrenzung (Tabelle 2) ist eine Hilfe zum Weiterbetrieb der Oberleitungsanlage, sofern dies möglich ist.

Zum Schutz der Mitarbeiter erfolgt das Anbringen der Masterden bei ausgeschalteter und bahngeerdeter Oberleitung. Nach Wiederherstellung der Erdungsanlage veranlasst der ALV OL die Unterrichtung der zuständigen Zes sowie des ALV LST.

### Was ist zu beachten?

Der Prozessverantwortliche, I.NPI hat hierzu eine Arbeitsanweisung erlassen, die zum 2. Mai 2011 im ProzessPortal der DB Netz

AG in der aktuellen Fassung hinterlegt ist (Prozess LN24-02-04PN01, Entstörung in Eigenleistung durchführen). Diese gilt verbindlich für alle Organisationseinheiten der DB Netz AG.

### Weitere Vorgaben

- Entsprechend der „Anweisung über die Meldung von technischen Unregelmäßigkeiten und Störungen an Sicherungsanlagen und Elektrotechnischen Anlagen“ (AN-MUS) ist das Fehlen von Bahnerdungsleitungen dem Eisenbahn-Bundesamt zu melden (TM 2009-075 I.NVT 3, Neuer AN-MUS-Vordruck).
- Der Meldeweg nach Ril 462.0104, Punkt 2 bleibt hiervon unberührt.
- Die „Dokumentation der ermittelten Sicherheitsmaßnahmen“ (siehe Abbildung unten) ist vom ALV OL auszufüllen, zu unterzeichnen und beim ALV OL mindestens fünf Jahre aufzubewahren. ■

## Dokumentation der ermittelten Sicherheitsmaßnahmen

Datum:		
	Strecke-Nr.: ..... Bahnhof: ..... Streckenabschnitt: .....	
Uhrzeit:	<b>Meldender:</b>	
	Name: ..... Rufnummer (für Rückfragen) .....	
<b>Erläuterungen</b>	<b>Bemerkungen</b>	
<b>(5) Öffentlich zugängliche Bereiche:</b> z. B. Bahnsteige, Bahnübergänge, Wege, Straßen, Straßenüberführungen, -unterführungen, bewohnte Grundstücke, Firmengelände (Berücksichtigung eines Schutzabstandes von 10 m gemäß DIN VDE 0132 (VDE 0132):2008-08)		
<b>(6) Räumen und Absperrn:</b> z.B. ist der gesamte Bahnsteigbereich eines Bahnhofs oder Haltepunktes zu sperren. Züge dürfen dort nicht zum Halten kommen.		
<b>(7) Kurzschlussstromverschleppung:</b> Ist eine Verschleppung von Kurzschlussströmen möglich, z. B. über andere elektrotechnische Anlagen wie orts- oder ferngesteuerte MTS-, LST-, EA-Anlagen, Gemeinschaftsbetrieb mit DC-Bahn?		
<b>(8) Zusätzliche Risiken:</b> z. B. Salzablagerungen oder extrem starke Verschmutzungen von Isolatoren, plötzliche Häufung von Kurzschlussauslösungen im Speisebereich, Umwelteinflüsse wie Gewitter/ Blitzschlag, Sturm, fehlende Gleis- und/ oder Schienenverbinder		
<b>Anlagenverantwortlicher/ Anlagenbeauftragter für Oberleitung</b>	Zulässiger Oberstrom von ..... A für die Strecke ..... von km: ..... bis km: ..... angewiesen.	
	Meldung an: ..... (Name); ..... Uhrzeit	
	Oberleitung ausgeschaltet: Schaltgruppe/freie Strecke ..... Uhrzeit: .....	
<b>Gefährdungsanalyse durchgeführt:</b>	..... Unterschrift (zusätzlich in Druckbuchstaben) Anlagenverantwortlicher/-beauftragter für Oberleitung	