

Aufbau und Schutzmaßnahmen von elektrischen Energieanlagen an Strecken von Gleichstrom- Nahverkehrsbahnen

Gesamtbearbeitung

Ausschuss für Elektrische Energieanlagen

Autorenverzeichnis

Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Ast,
Rail Power Systems, Offenbach
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Braun,
Siemens Mobility, Erlangen
Dipl.-Ing. (FH) Günther Grüner,
SWM, München
Dipl.-Ing. Eberhard Nickel,
LVB, Leipzig
Dipl.-Ing. (FH) Martin Reißmann,
VAG, Nürnberg
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schneider,
SSB, Stuttgart
Dipl.-Ing. (FH) Maik Sickert,
DVB, Dresden
Dipl.-Ing. Udo Stahlberg,
VDV, Köln

Der Anwender ist für die sorgfältige und ordnungsgemäße Anwendung der Schrift verantwortlich. Stellt der Anwender Gefährdungen oder Unregelmäßigkeiten im Zusammenhang mit der Anwendung dieser Schrift fest, wird eine unmittelbare Benachrichtigung an den VDV erbeten. Eine Haftung des VDV oder der Mitwirkenden an der Schrift ist, soweit gesetzlich zulässig, ausgeschlossen.

© Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. Köln 2019 | Alle Rechte, einschließlich des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen oder datenverarbeitungstechnischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten.

Vorwort

Die VDV-Schrift 507 befasst sich mit den Fahrstromversorgungsanlagen außerhalb von Gleichrichter-Unterwerken (GUW) und den an der Strecke befindlichen elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen („Streckenanlagen“), die aus dem örtlichen Wechselspannungsnetz gespeist werden. Im Mittelpunkt stehen besondere Bedingungen für die Durchführung von Erdungs- und Schutzmaßnahmen in Gleichspannungsnetzen bei Verbindung mit Wechselspannungsnetzen. Weiterhin werden Hinweise für die konstruktive Auslegung der Strecken von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen gegeben, die der Minimierung von Streuströmen dienen.

Ziel dieser Schrift ist es, den für die oben genannten Anlagen Verantwortlichen, z. B. Ingenieuren in der Projektplanung, Hinweise und Durchführungsbeispiele zu geben, um die praktische Lösung von Problemen zu erleichtern.

Die Überarbeitung der Schrift wurde nötig, da die der Schrift zugrunde liegende europäische Normenreihe EN 50122 „Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung“ in den 2010-Jahren, zuletzt im Oktober 2017, aktualisiert und hierbei der Aufbau speziell des Teils 1 „Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag“ geändert wurde. U. a. werden jetzt die Schutzmaßnahmen vorrangig in „gegen direktes Berühren“ und „gegen indirektes Berühren“ unterteilt und nicht mehr wie bei der Vorgängernorm nach Niederspannung (Nennspannungen bis einschl. AC 1000 V/DC 1500 V) und Hochspannung (Nennspannungen über AC 1 kV/DC 1,5 kV) unterschieden. Infolgedessen mussten alle Verweise dieser VDV-Schrift auf die Abschnitte der Normenreihe EN 50122 überprüft und entsprechend angepasst werden.

Diese Ausgabe ersetzt die VDV-Schrift 507 aus dem Jahr 2005.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Abkürzungen	8
1	Allgemeines 9
2	Begriffe 12
2.1	Erdung 12
2.1.1	Erde 12
2.1.2	Erder 12
2.1.3	Fundamenterder 12
2.1.4	Bauwerkserde (BWE) 12
2.1.5	Bauwerkserdung 12
2.1.6	Schutzerdung 12
2.1.7	Betriebserdung 12
2.1.8	Potenzialausgleich 13
2.1.9	Potenzialausgleichsschiene (PAS) 13
2.1.10	Hauptpotenzialausgleichsschiene (HPAS) 13
2.2	Rückleitung 13
2.2.1	Rückleitung (RL) 13
2.2.2	Rückleitungsverstärkung 13
2.2.3	Rückleiter 13
2.2.4	Rückleitersammelschiene 13
2.2.5	Rückleiteranschlusspunkt 13
2.2.6	Verbindung mit der Rückleitung (VRL) 14
2.2.7	Offene Verbindung (mit der Rückleitung) 14
2.3	Schienenpotenzial 14
2.4	Speiseleitung 14
2.5	Berührungsspannung 14
2.6	Aktives Teil 14
2.7	Körper 15
2.8	Direktes Berühren 15
2.9	Indirektes Berühren 15
2.10	Schutzklassen der Betriebsmittel 15
2.10.1	Schutzklasse I 15
2.10.2	Schutzklasse II 15
2.11	Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich 15
2.11.1	Oberleitungsbereich (OCLZ) 15
2.11.2	Stromabnehmerbereich 16

2.11.3	Schienenoberkante (TOR)	16
2.12	Bezugspotenziale für Schutzmaßnahmen bei Gleichstrombahnen	16
3	Fahrstromversorgungsanlagen im Streckenbereich	17
3.1	Speiseleitung	17
3.1.1	Ausführung	17
3.1.2	Schutzmaßnahmen	17
3.2	Rückleitung	18
3.2.1	Ausführung	18
3.2.2	Schutzmaßnahmen	18
3.3	Schaltstelle	19
3.3.1	Anordnung	19
3.3.2	Ausführung	19
3.3.3	Schutzmaßnahmen	19
3.4	Fahrleitungsanlage	20
3.4.1	Allgemeines	20
3.4.2	Oberleitungsanlagen	20
3.4.2.1	Ausführung	20
3.4.2.2	Schutzmaßnahmen	20
3.4.3	Stromschienenanlagen („Dritte Schiene“)	21
3.4.3.1	Ausführung	21
3.4.3.2	Schutzmaßnahmen	21
4	Ausrüstungen von mit Oberleitung versehenen oberirdischen Strecken	23
4.1	Leitfähige Bauwerke/-teile innerhalb des Oberleitungs- und Stromabnehmerbereiches	23
4.2	Gleisanlagen	25
4.2.1	Ausführung	25
4.2.2	Schutzmaßnahmen	26
4.3	Haltestellen	26
4.3.1	Bauwerke – Schutzmaßnahmen	26
4.3.2	Energieversorgung und -verteilung	26
4.3.2.1	Ausführung	26
4.3.2.2	Schutzmaßnahmen	27
4.3.3	Elektrische Betriebsmittel	27
4.3.3.1	Ausführung	27
4.3.3.2	Schutzmaßnahmen	27
4.3.4	Beleuchtungsanlagen	29
4.4	Weichenheizungen	30

5	Ausrüstungen von unterirdischen Strecken	31
5.1	Allgemeines	31
5.2	Gleisanlagen	31
5.3	Haltestellen und Tunnel	31
5.3.1	Energieversorgung und -verteilung	31
5.3.1.1	Grundlagen	31
5.3.1.2	Ausführung	32
5.3.1.3	Schutzmaßnahmen	32
5.3.2	Elektrische Betriebsmittel	33
5.3.2.1	Ausführung	33
5.3.2.2	Schutzmaßnahmen	33
5.3.3	Beleuchtungsanlagen	33
5.3.3.1	Ausführung	33
5.3.3.2	Sicherheitsbeleuchtung	33
	Regelwerke – Gesetze, Verordnungen und Richtlinien	35
	Regelwerke – Normen und Empfehlungen	36
	Bildverzeichnis	38
	Impressum	39

Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
CCZ	Stromabnehmerbereich (en: current collector zone)
FI-Schutzschalter	Fehlerstrom-Schutzschalter
FI-Schutzschaltung	Fehlerstrom-Schutzschaltung
GS	Gleichstrom/-spannung
GUW	Gleichrichter-Unterwerk
HV	Hauptverteilung
HPAS	Hauptpotenzialausgleichsschiene (en: main equipotential busbar (MEB))
MS	Mittelspannung
OCLZ	Oberleitungsbereich (en: overhead contact line zone)
PAS	Potenzialausgleichsschiene
PE	Schutzleiter
RL	Rückleitung
TCL	Gleisachse (en: track centre line)
TE	Tunnelerde
TOR	Schienenoberkante (en: top of rail)
UV	Unterverteilung
VLD	Spannungsbegrenzungseinrichtung (en: voltage limiting device) <i>Anmerkung: Es wird zwischen VLD-O und VLD-F unterschieden; siehe hierzu auch DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10 und DIN EN 50526-2/-3 (VDE 0115-526-2/-3)</i>
VNB	Verteilnetzbetreiber
VRL	Verbindung mit der Rückleitung

1 Allgemeines

Die Fahrstromversorgung einer Gleichstrom-Nahverkehrsbahn hat den prinzipiellen Aufbau nach Abbildung 1.

Die Anlagen der Fahrstromversorgung an der Strecke bestehen insbesondere aus folgenden Komponenten:

- Speiseleitungen
- Rückleitungen
- Schaltstellen
- Fahrleitungsanlagen

Hierzu zählen auch elektrische Anlagen, die unmittelbar aus der Fahrleitung gespeist werden, z. B. Weichenheizungen.

Für die Dimensionierung und den Ausbaustandard (z. B. hand- oder fernbetätigte Schaltstellen) dieser Anlagen sind folgende Parameter maßgebend:

- maximale Stromaufnahme der Züge
- maximale Zuglänge
- größte Zugdichte
- Fahrdynamik
- Streckenwiderstandsverhältnisse
- Zahl der möglichen gleichzeitigen Anfahrten in einem Abschnitt
- geforderte Zuverlässigkeit des Bahnbetriebes
- mögliche Umleitungsverkehre

Neben den Fahrstromversorgungsanlagen müssen bei Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen auch die unter dem Begriff „Streckenanlagen“ zusammengefassten elektrischen Betriebsmittel und Anlagen entlang der Strecke und auf den Haltestellen, die nicht aus der Fahrleitung, sondern aus örtlichen Wechselspannungsnetzen gespeist werden, hinsichtlich der Schutzmaßnahmen besonders betrachtet werden.

Der Betrieb dieser elektrischen Betriebsmittel und Anlagen erfordert, bedingt durch die Benutzung der Fahrschienen zur Stromrückführung, besondere Schutzmaßnahmen gegen unzulässig hohe Berührungsspannungen. In Übereinstimmung mit den geltenden Normen und VDE-Bestimmungen sind Schutzmaßnahmen anzuwenden, die gleichzeitig eine Verringerung von Streuströmen ermöglichen; dabei haben Maßnahmen zur Verhütung von unzulässig hohen Berührungsspannungen Vorrang.

Zur Dimensionierung der elektrischen Anlage des Gleichrichter-Unterwerkes sind u. a. folgende Parameter maßgebend:

- maximale Stromaufnahme der Züge;
- größte Zugdichte;
- Fahrdynamik;
- Länge der Speiseabschnitte;
- Streckenwiderstandsverhältnisse;
- Zahl der möglichen gleichzeitigen Anfahrten in einem Abschnitt;
- Topografie;
- elektrische Parameter geplanter zusätzlicher Verbraucher (z. B. Haltestellen, Stellwerke, Betriebseinrichtungen).

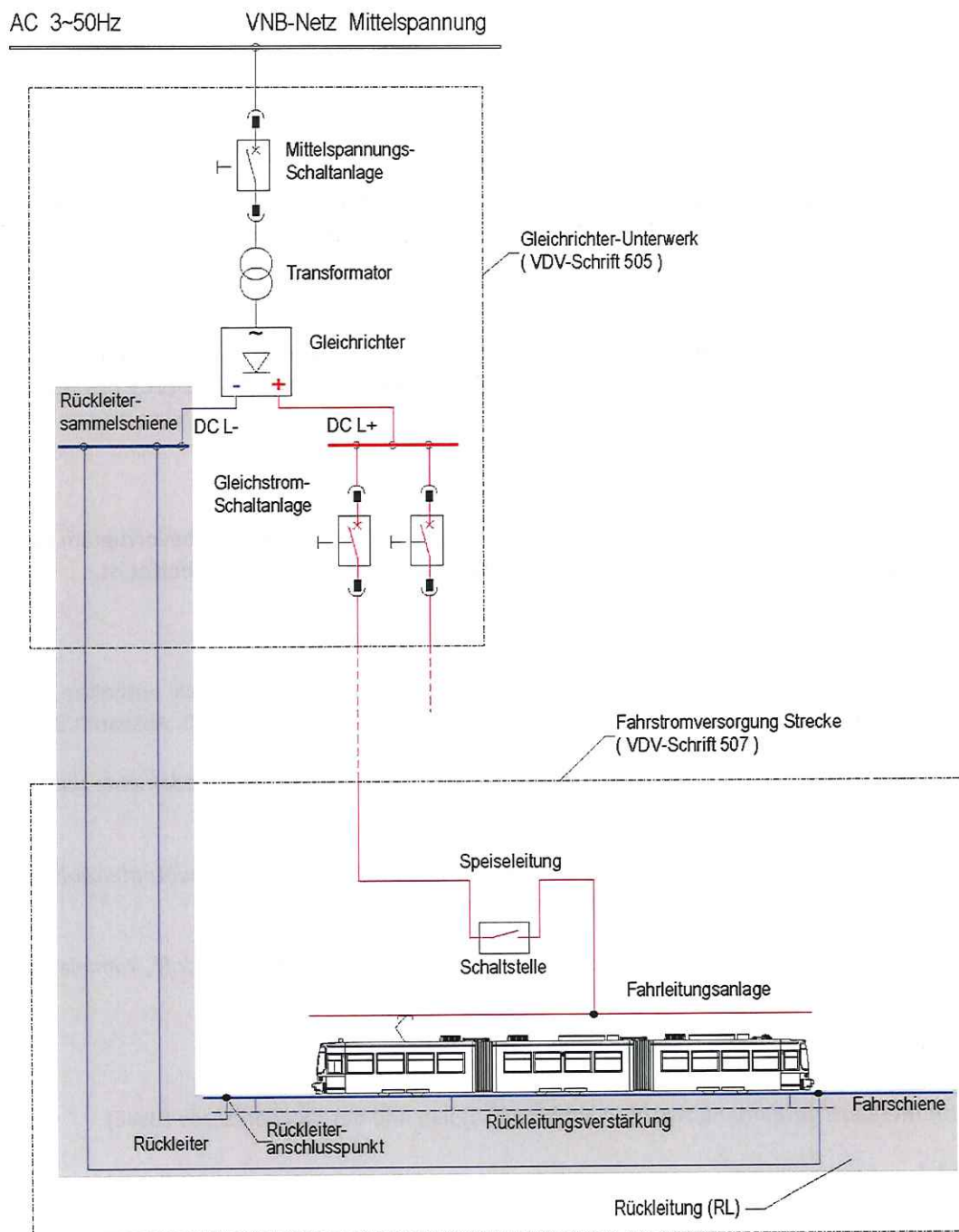


Abbildung 1 Prinzipskizze Fahrstromversorgung von Gleichstromanlagen

2 Begriffe

2.1 Erdung

2.1.1 Erde

Das leitfähige Erdreich, dessen elektrisches Potenzial an jedem Punkt vereinbarungsgemäß gleich null gesetzt wird (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.2.1).

2.1.2 Erder

Ein leitfähiges Teil oder mehrere leitfähige Teile, die in gutem Kontakt mit Erde sind und mit dieser eine elektrische Verbindung bilden (in Anlehnung an DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.2.3).

2.1.3 Fundamenterder

Leitfähiges Teil, das unter einem Gebäudefundament in das Erdreich oder bevorzugt im Beton eines Gebäudefundamentes, im Allgemeinen als geschlossener Ring, eingebettet ist.

2.1.4 Bauwerkserde (BWE)

Metallkonstruktionen oder Konstruktionen, die durchverbundene Metallteile enthalten, die als Erder benutzt werden können (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.2.4).

Beispiele: Bewehrte Bahnbauwerke wie Brücken, Viadukte, Tunnel, Mastfundamente und Stahlbetonfahrwege.

Anmerkung 1: Als Anschlusspunkt für die Bauwerkserde (BWE) sollte die Hauptpotenzialausgleichsschiene (HPAS) eines Bauwerkes dienen.

Anmerkung 2: Der in früheren Ausgaben von VDV-Schriften verwendete Begriff „Tunnelerde“ (TE) wird durch den allgemeineren Begriff „Bauwerkserde“ ersetzt.

2.1.5 Bauwerkserdung

Unmittelbare Verbindung zwischen leitfähigen Teilen und der Bauwerkserde (BWE).

2.1.6 Schutzterdung

Erdung eines Punktes oder mehrerer Punkte eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels zu Zwecken der elektrischen Sicherheit (siehe DIN VDE 0100-200).

2.1.7 Betriebserdung

Schutzterdung und Funktionserdung eines oder mehrerer Punkte in einem Elektrizitätsversorgungsnetz (siehe DIN VDE 0100-200).

Anmerkung: Funktionserdung ist die Erdung eines Punktes oder mehrerer Punkte eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels zu anderen Zwecken als die elektrische Sicherheit (siehe DIN VDE 0100-200).

2.1.8 Potenzialausgleich

Herstellen elektrischer Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, um Potenzialausgleich zu erzielen (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.2.6 bzw. IEC 195-01-10).

2.1.9 Potenzialausgleichsschiene (PAS)

Anschlusspunkt oder Schiene an einem Betriebsmittel oder einer Einrichtung zur Herstellung einer elektrischen Verbindung mit einer Potenzialausgleichsanlage (siehe DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2016-11, 3.16.2 bzw. IEC 195-02-32).

2.1.10 Hauptpotenzialausgleichsschiene (HPAS)

Sammelschiene, an der die Potenzialausgleichskabel angeschlossen sind (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.2.7).

Anmerkung: An der Hauptpotenzialausgleichsschiene werden neben den Potenzialausgleichskabeln im Regelfall auch die Erdungsleitungen angeschlossen.

2.2 Rückleitung

2.2.1 Rückleitung (RL)

Alle Leiter, die den vorgesehenen Pfad für den Bahnrückstrom bilden, z. B. Fahrschienen, Rückleiter, Rückleitungsanschlussleiter (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.3.1).

Anmerkung: Zur Verwendung des Begriffes „Rückleiteranschlusskabel“ siehe Hinweis unter 2.2.3.

2.2.2 Rückleitungsverstärkung

Parallel zur Schienenrückleitung verlegter Leiter, der in wiederkehrenden Abständen mit den Fahrschienen verbunden ist.

Anmerkung: Die o. a. Definition wird in DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.3.3 für den Begriff „Rückleiter“ verwendet.

2.2.3 Rückleiter

Kabel, die die Fahrschienen oder andere Teile der Rückleitung mit dem Unterwerk verbinden (in Anlehnung an BOStrab).

Anmerkung: Die o. a. Definition wird in DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.3.5 für den Begriff „Rückleitungsanschlussleiter“ verwendet.

2.2.4 Rückleitersammelschiene

Eine Sammelschiene in Unterwerken, an der die Rückleiter angeschlossen sind.

2.2.5 Rückleiteranschlusspunkt

Die Stelle, an der Rückleiter mit der Fahrschiene verbunden ist.

2.2.6 Verbindung mit der Rückleitung (VRL)

Die direkte Verbindung zwischen leitfähigen Teilen der Anlage oder Betriebsmittel und der Rückleitung.

Anmerkung: Bei einschienig isolierten Gleisstromkreisen ist die für die Rückleitung vorgesehene Fahrschiene üblicherweise mit „E“ gekennzeichnet (E-Schiene).

2.2.7 Offene Verbindung (mit der Rückleitung)

Verbindung von leitfähigen Teilen zur Rückleitung über eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD), die eine entweder zeitweilige oder dauerhafte leitende Verbindung herstellt, wenn der Grenzwert der (Ansprech-)Spannung überschritten wird (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.2.12).

2.3 Schienenpotenzial

Spannung zwischen Fahrschienen und Erde (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.3.7).

2.4 Speiseleitung

Elektrische Leitung, z. B. ein Kabel oder eine Freileitung, zwischen der Fahrleitung und einem Unterwerk oder einer Schaltstelle, die über einen Leistungsschalter gespeist wird (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.5.13).

2.5 Berührungsspannung

Spannung zwischen leitfähigen Teilen, wenn diese gleichzeitig von einem Menschen oder einem Tier berührt werden (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.1.3).

Anmerkung 1: Der Wert der Berührungsspannung kann durch die Impedanz des mit diesem leitfähigen Teil im elektrischen Kontakt stehenden Menschen oder Tiers erheblich beeinflusst werden.

Anmerkung 2: Der Strompfad durch den Körper verläuft vereinbarungsgemäß von Hand zu beiden Füßen (horizontaler Abstand von 1 m) oder von Hand zu Hand.

Hinweis: Genauere Angaben zu den Spannungsgrenzwerten für die Sicherheit von Personen sind in DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 9 enthalten.

2.6 Aktives Teil

Leiter oder leitfähiges Teil, das dazu bestimmt ist, bei normaler Nutzung unter Spannung zu stehen. Dies schließt vereinbarungsgemäß nicht die Fahrschienen und die damit verbundenen Teile ein (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.1.13).

2.7 Körper

Ein berührbares, leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das normalerweise nicht unter Spannung steht, jedoch im Fehlerfall unter Spannung stehen kann (in Anlehnung an DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.1.12).

2.8 Direktes Berühren

Berühren aktiver Teile durch Personen oder Tiere (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.1.14).

2.9 Indirektes Berühren

Berühren von Körpern elektrischer Betriebsmittel, die im Fehlerfall unter Spannung stehen, durch Personen oder Tiere (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.1.15).

2.10 Schutzklassen der Betriebsmittel

(siehe DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2016-11, Abschnitt 7)

2.10.1 Schutzklasse I

Betriebsmittel mit Basisisolierung als Vorkehrung für den Basisschutz und einer Schutzverbindung als Vorkehrung für den Fehlerschutz.

Anmerkung: Siehe DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2016-11, Abschnitt 7.2.

2.10.2 Schutzklasse II

Betriebsmittel mit

- Basisisolierung als Vorkehrung für den Basisschutz und
- zusätzlicher Isolierung als Vorkehrung für den Fehlerschutz

oder bei denen

- der Basis- und Fehlerschutz durch verstärkte Isolierung bewirkt wird.

Anmerkung: Siehe DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2016-11, Abschnitt 7.3.

2.11 Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich

2.11.1 Oberleitungsbereich (OCLZ)

Bereich, dessen Grenze eine gerissene Oberleitung in der Regel nicht überschreitet (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.5.9).

Anmerkung: Die für Deutschland gültigen Maße des Oberleitungsbereiches sind im nationalen Anhang NC zu DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10 festgelegt.

2.11.2 Stromabnehmerbereich

Bereich, dessen Grenzen ein unter Spannung stehender Stromabnehmer auch bei Bruch oder Entgleisung in der Regel nicht überschreitet (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.5.10).

Anmerkung: Die Kenngrößen des Stromabnehmerbereiches sind vom Verkehrsunternehmen festzulegen.

2.11.3 Schienenoberkante (TOR)

Allgemeine Höhenlage der Gleistangente (gemeinsame Fahrflächentangente – GFT)

2.12 Bezugspotenziale für Schutzmaßnahmen bei Gleichstrombahnen

Bezugspotenziale:	Rückleitung (RL)	Bauwerkserde (BWE)	VNB-Erde
Potenzialausgleich durch Verbindung mit:	Rückleiter Fahrschienen	Hauptpotenzialausgleichsschiene (HPAS) und/oder Potenzialausgleichsschiene (PAS)	PE-Leiter des VNB Potenzialschiene

Anmerkung 1: Die Erde von Energieverteilnetzen (VNB-Erde) ist von den anderen Bezugspotenzialen (Rückleitung, Bauwerkserde) getrennt zu halten (z. B. TT-Netz oder Transformator mit getrennten Wicklungen, isolierende Kabelmäntel).

Anmerkung 2: Der in früheren VDV-Schriften verwendete Begriff „EVU“ (= Energieversorgungsunternehmen) wurde durch den Begriff „VNB“ (= Verteilnetzbetreiber) ersetzt.

3 Fahrstromversorgungsanlagen im Streckenbereich

3.1 Speiseleitung

3.1.1 Ausführung

Speiseleitungen sind für die im Betrieb auftretenden Belastungen auszulegen.

Für Speiseleitungen werden üblicherweise Kabel verwendet. Für Neuanlagen werden die in der VDV-Schrift 515 aufgeführten Kabel empfohlen.

Speiseleitungen müssen von der Fahrleitung mit einem Schaltgerät getrennt werden können. Dieses Schaltgerät befindet sich vorzugsweise in der Schaltstelle (siehe Abschnitt 3.3).

Hinweise für die Verlegung der Speiseleitungen werden in der VDV-Schrift 515 gegeben.

3.1.2 Schutzmaßnahmen

Für die Speisekabel sollte eine Überwachungseinrichtung vorgesehen werden (siehe VDV-Schrift 515). Diese Einrichtung ist erforderlich, wenn die Metallmäntel oder -schirme nicht kurzschlussfest sind oder eine Gefahr durch Streustromkorrosion besteht. Diese Kabelüberwachungseinrichtung bewirkt

- bei Isolationsfehler des Schirmes zur Erde eine Meldung,
- bei Isolationsfehler des Leiters zum Schirm eine Ausschaltung der speisenden Streckenschalter.

Metallmäntel oder -schirme von Speisekabeln müssen in eine Schutzmaßnahme gegen unzulässig hohe Berührungsspannungen einbezogen werden.

Es gibt auch die Möglichkeit, die Metallmäntel, -bewehrungen oder -schirme der Starkstromkabel direkt mit der Rückleitung zu verbinden, wenn sie kurzschlussfest sind und der Schleifenwiderstand klein genug ist, um eine sichere Ausschaltung der speisenden Streckenschalter zu gewährleisten. Müssen die Metallmäntel, -bewehrungen oder -schirme von Starkstromkabeln mehrfach an die Rückleitung angeschlossen werden, so ist sicherzustellen, dass diese keine unzulässig hohen Bahnrückströme führen (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 10.2.1).

Aus Gründen des Brandschutzes sind in Tunneln u. a. folgende Maßnahmen zu treffen:

- Einsatz von halogenfreien Kabeln mit besonderem Verhalten im Brandfall, d. h., Kabelisolierungen und -mäntel sollten aus raucharmen und weitestgehend aus toxikologisch unbedenklichen Stoffen bestehen (siehe VDV-Schrift 515);
- Abschottung gegen Brandausbreitung, insbesondere bei Kabeldurchführungen zwischen benachbarten Brandabschnitten.

Metallmäntel oder -schirme von Kabeln von Schaltstellen müssen in eine Schutzmaßnahme gegen unzulässig hohe Berührungsspannungen einbezogen werden. Zur Erkennung eines Fehlers sollten geschirmte Kabel eine Kabelüberwachungseinrichtung erhalten.

3.4 Fahrleitungsanlage

3.4.1 Allgemeines

Fahrleitungsanlagen (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 3.5.1) werden unterteilt in:

- Oberleitungsanlagen
- Stromschienenanlagen

3.4.2 Oberleitungsanlagen

3.4.2.1 Ausführung

Die Oberleitungsanlagen müssen DIN EN 50119 (0115-601) entsprechen und sind gemäß folgenden VDV-Schriften auszuführen:

- VDV-Schrift 550 „Oberleitungsanlagen für Straßen- und Stadtbahnen“
- VDV-Schrift 551 „Oberleitungsmaste und Mastgründungen“

Bezüglich der Schaltgeräte (Schaltstellen) in Oberleitungsanlagen wird auf die Ausführungen in Abschnitt 3.3 verwiesen.

3.4.2.2 Schutzmaßnahmen

An Oberleitungsanlagen sind folgende Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren zu treffen:

- Schutz durch Abstand
(siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 5.2)
- Schutz durch Hindernisse
(siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 5.3)
- Schutz durch Hindernisse speziell für Brücken und Überführungen
(siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 5.3.2.2 sowie Anhang A)
- Anbringen von Warnzeichen
(siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 5.2.3 sowie Anhang B)

Oberleitungsmaste müssen nicht mit der Rückleitung verbunden werden, wenn die Isolation der Oberleitung von Strecken an der Oberfläche doppelt oder verstärkt ausgeführt wurde (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.2.3.2).

Das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen (AuS) wird in der VDV-Schrift 570 behandelt.

Bezüglich des Schutzes der Oberleitungsanlage und der gesamten Fahrstromversorgungsanlage bei Blitzeinschlag und gegen Überspannungen wird auf VDV-Schrift 525 verwiesen.

3.4.3 Stromschienenanlagen („Dritte Schiene“)

3.4.3.1 Ausführung

Die Stromschiene wird üblicherweise auf ihrer Unterseite vom Fahrzeugstromabnehmer bestrichen. Abweichend davon wird in Deutschland die Stromschiene des Kleinprofilnetzes der Berliner U-Bahn von oben und die Stromschiene der Hamburger S-Bahn seitlich bestrichen.

Es werden Stahl-Stromschienen, Aluminium(Alu)-Verbundstromschienen oder Alu-Stahl-Stromschienen eingesetzt.

Die Stromschienen werden seitlich vom Gleis an Stromschienenträgern befestigt. Es sollten Stromschienenträger aus isolierendem Material (z. B. GFK) verwendet werden. Bei Stromschienenträgern aus Metall sind Isolatoren der Gruppe F mit langen Kriechstromwegen (Schirmen) einzubauen.

Im Haltestellenbereich muss die Stromschienenanlage und im Streckenbereich sollte sie gegenüber dem Sicherheitsraum angeordnet sein (siehe § 19 BOStrab sowie VBG-Fachinformation BGI 5040).

Um einen Lichtbogen insbesondere bei hohen Anfahr- und Bremsströmen zu vermeiden, soll eine Stromschienenlücke kleiner sein als der Abstand zwischen den beiden verbundenen Stromabnehmern eines Fahrzeuges.

Um die Stromschienenlücken in Weichenbereichen zu verkleinern, können in die Stromschiene Seitenaufläufe eingebaut werden.

Die vom Speisepunktschalter ankommende Speiseleitung (üblich sind hierfür Kabel mit einem Querschnitt bis zu 500 mm²) wird in einer Übergangsmuffe auf mehrere hochflexible Kabel umgesetzt und deren Enden mit einem Kabelschuh verpresst. Dieser Kabelschuh wird anschließend mit dem „Stromschienenstuhl“ verschraubt. Die Verwendung von hochflexiblen Kabeln im Anschlussbereich ist deshalb notwendig, um die Bewegungen der Stromschiene, verursacht durch Zugbewegungen und Wärmedehnung, auszugleichen.

3.4.3.2 Schutzmaßnahmen

Als Schutz gegen direktes Berühren müssen bei Stromschienen die nicht vom Fahrzeugstromabnehmer bestrichenen Flächen der Stromschiene mit einer isolierenden, schwer entflammbaren sowie gegen ultraviolette Strahlung und Öl beständigen Schutzabdeckung verkleidet werden. Bei Anwendung in Tunneln sollte diese Abdeckung aus halogenfreiem Material bestehen. Weitere Forderungen sind in DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 5.5 enthalten.

Der „Stromschienenstuhl“ wird mit den daran angeschlossenen Kabeln mit einer speziell geformten, ebenfalls isolierenden, schwer entflammbaren sowie gegen ultraviolette Strahlung und Öl beständigen Abdeckung gegen direktes Berühren geschützt.

Stromschienenträger aus leitfähigem Material müssen nicht mit der Rückleitung verbunden werden, wenn die Isolation zwischen den Stromschienen und den Trägern doppelt oder verstärkt nach DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2016-11, Abschnitte 6.2) ausgeführt ist und wenn die Träger isoliert montiert sind (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.2.3.4). Der isolierte Aufbau der Träger kann z. B. durch Befestigung auf Holzschwellen oder durch Einfügen von isolierenden Bauteilen zwischen Träger und Tragkonstruktion hergestellt werden.

Ein Stromschienenträger aus GFK-Material gilt als verstärkte Isolation.

Der für die Stromschiene und den Fahrzeugstromabnehmer auf beiden Seiten des U-Bahn-Fahrzeuges freizuhaltende Raum muss vom jeweiligen Betrieb festgelegt werden (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 4.2).

4 Ausrüstungen von mit Oberleitung versehenen oberirdischen Strecken

4.1 Leitfähige Bauwerke/-teile innerhalb des Oberleitungs- und Stromabnehmerbereiches

Anlagen und Betriebsmittel können im Fehlerfall in Berührung mit einer unter Spannung stehenden gerissenen Oberleitung oder mit unter Spannung stehenden Teilen eines gebrochenen oder entgleisten Stromabnehmers kommen.

Als Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich wird der Bereich definiert, dessen Grenzen eine gerissene Oberleitung oder ein unter Spannung stehender Stromabnehmer auch bei Bruch oder Entgleisung in der Regel nicht überschreitet (siehe Abschnitt 2.11 dieser VDV-Schrift sowie DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 4).

Im nationalen Anhang NC (normativ) in DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10 wird das Maß X des Oberleitungsbereichs gemäß Abschnitt 4, Bild 1 der Norm mit 4 m definiert. Der Stromabnehmerbereich hingegen ist infolge verschiedenartiger Bauweisen und Maße von Stromabnehmern vom jeweiligen Unternehmen selbst festzulegen. Seine Ermittlung ist mit den allgemeinen Maßangaben gemäß DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 4 sowie Bild 1 durchzuführen (siehe hierzu auch die Darstellung in Abbildung 2 dieser Schrift).

Verkehrssignalanlagen müssen nach den Anforderungen gemäß DIN VDE V 0832-110:2019-02, Abschnitt 5 als Schutzklasse II ausgeführt werden.



Ganz oder teilweise leitfähige Bauwerke und Bauteile im Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich werden abhängig vom Gefährungsgrad in zwei Gruppen eingeteilt:

- Ganz oder teilweise leitfähige Bauteile geringer Abmessungen müssen in keine Schutzmaßnahme einbezogen werden (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.3.1.2). Zu diesen Bauteilen zählen z. B. Kanalschachtdeckel, Signalmaste, Schrankenaufschlagpfosten, Einzelmaste, Warnschilder, Abfallkörbe sowie Zäune, Gitterbauwerke und Metallkonstruktionen mit einer maximalen Länge von 15 m parallel zum Gleis bzw. maximal 2 m horizontal, senkrecht zum Gleis. Die im letzten Absatz des Abschnitts 6.3.1.2 der Norm genannten Einschränkungen sind zu beachten.
- Ganz oder teilweise leitfähige Bauwerke/-teile, die nicht unter den Begriff „Geringe Abmessung“ entsprechend DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.3.1.2 eingeordnet werden können, müssen in eine Schutzmaßnahme gegen unzulässig hohe Berührungsspannungen einbezogen werden. Hierzu zählen auch leitfähige Wartehallen.

Für die letztere Gruppe ist eine der nachfolgenden Schutzmaßnahmen nach DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.3.1.1 oder 6.3.1.4 anzuwenden:

- Bei gegen Erde isolierter Aufstellung sind diese ganz oder teilweise leitfähigen Bauwerke/-teile unmittelbar mit der Rückleitung möglichst sichtbar zu verbinden. Diese Verbindung muss eine ausreichende Strombelastbarkeit besitzen – mindestens 35 mm² Cu oder gleichwertig (siehe Abbildung 2). In diesem Bild ist die rechte Wartehalle dafür als Beispiel dargestellt. Weitere leitfähige Bauwerke/-teile sind in gleicher Weise zu behandeln.
- Bei nicht gegen Erde isolierter Aufstellung sind diese ganz oder teilweise leitfähigen Bauwerke/-teile offen über eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD) mit der Rückleitung möglichst sichtbar zu verbinden. Diese Verbindung muss eine ausreichende Strombelastbarkeit besitzen – mindestens 35 mm² Cu oder gleichwertig (siehe Abbildung 2).

Anmerkung: Ein Ansprechen der Spannungsbegrenzungseinrichtung sollte gemeldet werden.

- An im Stromabnehmerbereich liegenden ganz oder teilweise leitfähigen Bauwerken/-teilen kann auch die Schutzmaßnahme „Schutz durch Hindernisse“ angewendet werden.

Da auf Haltestellen oft eine größere Zahl von Bauwerken/-teilen in vorgenannte Schutzmaßnahme einzubeziehen sind, wird Folgendes empfohlen:

Zur Reduzierung des Montage- und späteren Prüfaufwandes sind sämtliche Potenzialausgleichsleiter der zu schützenden Bauwerke/-teile, die für die Verbindung mit der Rückleitung (VRL) vorgesehen sind, auf eine Potenzialausgleichsschiene (PAS) in einem sog. Schutzerdungsschrank zusammenzuführen. Von dieser PAS aus wird dann über eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD) mit einem Kabel ($\geq 50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$) die Verbindung mit der Rückleitung (VRL) hergestellt (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3).

4.2 Gleisanlagen

4.2.1 Ausführung

Die Gleisanlage bei Gleichstrombahnen ist wegen ihrer Funktion als elektrische Rückleitung ein Bestandteil der Fahrstromanlage und damit als elektrisches Betriebsmittel zu betrachten.

Aus elektrotechnischer Sicht muss zur Verringerung der Streustromgefahr der Bettungswiderstand der Gleisanlage hoch (Fahrschienen gegen Erde isoliert) und der Längswiderstand der Gleise gering sein.

Empfohlene Werte des Ableitungsbelages (reziproker Wert des Bettungswiderstandes) für ein-
gleisige Strecken und Hinweise auf die günstigste technische Ausführung der Anlage sind
DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4):2011-09, Abschnitte 5.2 und 6 zu entnehmen. Es werden dort
Berechnungen und nach Errichtung einer Strecke auch entsprechende Messungen im Anhang A
beschrieben.

Besondere Sorgfalt ist der Isolierung der Gleisanlagen gegenüber Stahl- und Stahlbetonbau-
werken zu widmen. Konstruktive Hinweise dafür sind DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4):2011-09,
Abschnitt 7 zu entnehmen.

4.2.2 Schutzmaßnahmen

In den Fahrschienen fließt der Fahrstrom und der Strom evtl. weiterer an die Fahrleitung ange-
schlossener Verbraucher. Dieser Strom hat ein zeitlich und örtlich sich änderndes Schienen-
potenzial (siehe Abschnitt 2.3) zur Folge, das unter Betriebsbedingungen und im Fehlerfall zu
unzulässig hohen Berührungsspannungen (siehe Abschnitt 2.5) führen kann.

Es sind Schutzmaßnahmen nach DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 9.3.2.4 zu
treffen, um die höchsten zulässigen Berührungsspannungen nach DIN EN 50122-1 (VDE 0115-
3):2017-10, Abschnitt 9.3.2.2 nicht zu überschreiten. Bei Langzeitvorgängen (> 300 s) dürfen die
Berührungsspannungen DC 120 V, in Werkstätten und vergleichbaren Orten DC 60 V nicht
überschreiten.

Zur Erzielung vorgenannter Werte sind die Maßnahmen „Rückleitungsverstärkung“ bzw. „Einbau
einer Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD)“ zu bevorzugen. Weitere Maßnahmen sind in
DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 9.3.2.4 enthalten.

4.3 Haltestellen

4.3.1 Bauwerke – Schutzmaßnahmen

An ganz oder teilweise leitfähigen Bauwerken/-teilen **außerhalb** des Oberleitungs- und Strom-
abnehmerbereiches sind keine besonderen Schutzmaßnahmen zu treffen.

An ganz oder teilweise leitfähigen Bauwerken/-Bauteilen **innerhalb** des Oberleitungs- und Strom-
abnehmerbereichs – soweit diese nicht als leitfähige Bauteile geringer Abmessung gelten (siehe
DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.3.1.2) – müssen Schutzmaßnahmen gegen
unzulässig hohe Berührungsspannungen getroffen werden; dazu gehören auch Wartehallen.
Siehe hierzu Ausführungen unter Abschnitt 4.1.

4.3.2 Energieversorgung und -verteilung

4.3.2.1 Ausführung

Üblicherweise werden Haltestellen aus dem Niederspannungsnetz des VNB versorgt. In beson-
deren Fällen kann die Versorgung auch aus einem örtlichen Mittelspannungsnetz erfolgen.

Das Niederspannungsnetz wird üblicherweise als TN- oder TT-Netz betrieben.

Grundforderung für den Netzaufbau und den Anschluss der Betriebsmittel ist die vollständige Trennung des PE-Leiters des versorgenden Netzes gegenüber der Rückleitung (RL) der Gleichstrombahn.

Es ist auf eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der Verbraucher auf die einzelnen Phasen zu achten.

An geeigneten Standorten sollten Steckdosen, z. B. für Wartungsarbeiten, angebracht werden.

4.3.2.2 Schutzmaßnahmen

Abhängig von der Art der Erdverbindung gibt es im Niederspannungsbereich zwei Ausführungsmöglichkeiten:

- **TN-Netz** mit den Abschaltbedingungen und allgemeinen Bauvorschriften nach DIN VDE 0100. Dieses Netz wird zusätzlich durch einen Transformator mit getrennten Wicklungen galvanisch vom speisenden Netz getrennt (siehe dazu DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Bild 23).
- **TT-Netz** mit vom versorgenden Netz vollständig getrenntem und gesondert geerdetem PE-Leiter (z. B. an Bauwerkserde (BWE)). Hier ist die zusätzliche Trennung vom speisenden Netz durch einen Transformator mit getrennten Wicklungen nicht erforderlich. Die Betriebsmittel werden über kombinierte FI/LS-Schutzschalter mit N-Leiterüberwachung und Gleichstromschaltvermögen betrieben (siehe hierzu DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Bild 22 und VDV-Schrift 509). Der PE-Leiter führt im Fehlerfalle einen Fehlerstrom über die Erde (z. B. Bauwerkserde (BWE)), und dieser Fehlerstrom ist ausreichend, um den FI-Schutzschalter sicher auszulösen (siehe Abbildung 3).

4.3.3 Elektrische Betriebsmittel

4.3.3.1 Ausführung

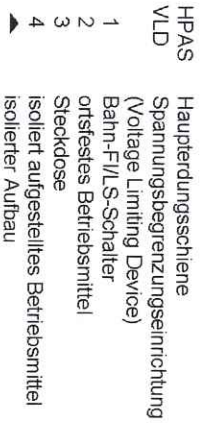
Elektrische Betriebsmittel in Haltestellenbereichen werden üblicherweise über ein Niederspannungsnetz einer der beiden in Abschnitt 4.3.2.2 beschriebenen Netzformen betrieben.

Bei Gleichstrombahnen mit Nennspannung bis einschließlich DC 1500 V sollten elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse II eingesetzt werden (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 7.3.2).

4.3.3.2 Schutzmaßnahmen

Vorrangig sollten elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse II eingesetzt werden, für die keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen erforderlich sind (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 7.4.4.2).

Elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse I können sowohl in dem unter Abschnitt 4.3.2.1 beschriebenen TN-Netz als auch in dem ebenfalls unter Abschnitt 4.3.2.1 beschriebenen TT-Netz über kombinierte FI/LS-Schutzschalter mit N-Leiterüberwachung und Gleichstromschaltvermögen betrieben werden (siehe VDV-Schrift 509). Der PE-Leiter führt im Fehlerfalle einen Fehlerstrom über die Erde (z. B. Bauwerkserde (BWE)), und dieser Fehlerstrom ist ausreichend, um den FI-Schutzschalter sicher auszulösen.



VDV-Schrift 507 | 08/2019 | 28

Bei elektrischen Betriebsmitteln **innerhalb** des Oberleitungs- und Stromabnehmerbereiches ergibt sich das Erfordernis der Verbindung dieser Betriebsmittel mit der Rückleitung. Dazu müssen die Körper dieser elektrischen Betriebsmittel – bei Speisung durch ein TN-Netz – über eine RC-Kombination an den Schutzleiter und mit einem zusätzlichen Leiter genügenden Querschnitts ($\geq 35 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$) über eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD) an die Rückleitung angeschlossen werden. Parallel zum Kondensator muss ein Entladewiderstand geschaltet werden. Der Anschluss der elektrischen Betriebsmittel erfolgt wie in DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Bild 23.

Elektrische Betriebsmittel (auch in Schutzklasse II), Kabelschränke u. Ä. mit elektrisch leitfähigen Gehäusen innerhalb des Oberleitungs- und Stromabnehmerbereiches müssen entsprechend obiger Beschreibung an die Rückleitung (RL) angeschlossen werden, sofern sie nicht unter den Begriff „leitfähige Bauteile geringer Abmessung“ entsprechend DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.3.1.2 eingeordnet werden können.

Für den generellen Anschluss einer größeren Zahl elektrischer Betriebsmittel und auch ganz oder teilweise leitfähiger Bauwerke/-teile über eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD) an die Rückleitung (RL) wird auf den in Abschnitt 4.1 beschriebenen Schutzerdungsschrank mit Potenzialausgleichsschiene (HPAS) (siehe Abbildung 2) verwiesen.

Werden ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse I (z. B. Bohrmaschinen) zum Arbeiten an elektrisch leitenden Bauteilen/Körpern, die mit der Rückleitung verbunden sind (Fahrzeuge, Gleise u. Ä.), über Steckdosen betrieben, so müssen diese über eine FI-Schutzschaltung mit RC-Beschaltung oder einen Transformator mit getrennten Wicklungen angeschlossen werden (siehe Abbildung 3). Hierdurch wird vermieden, dass Rückleiterströme über den Schutzleiter ins Niederspannungsnetz bzw. zur Bauwerkserde (BWE) fließen können. Weitere Ausführungen hierzu siehe VDV-Schrift 509.

Anmerkung: Beim Einsatz mehrerer – insbesondere ortsveränderlicher – elektrischer Betriebsmittel der Schutzklasse I im Parallelbetrieb in einem Netz der beschriebenen Netzformen – TN-Netz oder TT-Netz – kann es zu Gefährdungen des PE-Leiters kommen, wenn diese elektrischen Betriebsmittel direkt mit der Rückleitung verbunden sind oder verbunden sein können. In diesem Fall können Ausgleichsströme (Bahnrückströme) über die PE-Leiter der angeschlossenen Betriebsmittel als Parallelpfad zur Rückleitung fließen. Diese Rückströme können so hoch sein, dass die Schutzfunktion der PE-Leiter nicht mehr gegeben ist.

Wenn mit dem Auftreten unzulässig hoher Berührungsspannungen zu rechnen ist, so sind Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 4.2.2 zu ergreifen.

4.3.4 Beleuchtungsanlagen

Für Haltestellen in Hoch- oder Tieflage ist nach TRStrab EA (Ausgabe: Mai 2011), Teil 2 eine Sicherheitsbeleuchtung erforderlich, nicht jedoch grundsätzlich für Hochbahnsteige von Haltestellen ebenerdiger Strecken. Ausführungen dazu siehe Abschnitt 5.3.3.

4.4 Weichenheizungen

Es wird auf die VDV-Schrift 560 verwiesen, in der u. a. die Ausführung von Weichenheizungen und die erforderlichen elektrischen Schutzmaßnahmen ausführlich beschrieben werden.

Weichenheizungen werden vorwiegend nach Bauformen und der Art der elektrischen Energieversorgung unterschieden:

- Die üblichsten Bauformen sind die Backenschienenheizung und die Kammerheizung.
- Die elektrische Energieversorgung erfolgt entweder aus einem örtlichen Wechselspannungsnetz AC 400/230 V oder direkt aus der Fahrleitung DC 600/750 V.

5 Ausrüstungen von unterirdischen Strecken

5.1 Allgemeines

In Tunnelbauwerken sind Maßnahmen zum Schutz gegen direktes und bei indirektem Berühren sowie gegen Gefahren des Schienenpotenziales und zur Verringerung der Auswirkungen von Streuströmen erforderlich.

Streustromkorrosion wird durch Minimierung des Austrittes von Gleichstrom aus den Fahrschienen und aus dem Tunnel verringert. Dies erfordert:

- einen kleinen Ableitungsbelag zwischen Fahrschienen und Tunnel
- einen kleinen Widerstandsbelag des metallenen leitend durchverbundenen Tunnels
- einen kleinen Schienenlängsspannungsfall

Detaillierte Angaben hierzu sind in DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4) und in der VDV-Schrift 501 enthalten.

Der Schutz von Personen hat Vorrang vor dem Korrosionsschutz. Deshalb ist der Einbau von Spannungsbegrenzungseinrichtungen zum Schutz bei indirektem Berühren und zum Schutz gegen Gefahren durch das Schienenpotenzial erforderlich (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 6.4.2). Hierfür sollten Kurzschließer zwischen den durchverbundenen Bewehrungen des Baukörpers (Bauwerkserde) und der Rückleitung (RL) verwendet werden (siehe hierzu DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Anhang F und DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4):2011-09, Abschnitt 7.4).

5.2 Gleisanlagen

Für Ausführung und Schutzmaßnahmen gelten die Erläuterungen unter Abschnitt 4.2.

Außerdem sind die für Gleisanlagen zutreffenden Ausführungen in der VDV-Schrift 501 anzuwenden.

5.3 Haltestellen und Tunnel

5.3.1 Energieversorgung und -verteilung

5.3.1.1 Grundlagen

Nach § 24 Abs. 5 BOStrab und TRStrab EA (Ausgabe Mai 2011), Teil 1 wird zwischen drei Arten von Einspeisungen unterschieden:

- **Haupteinspeisungen** sind Einspeisungen, über die der gesamte Energiebedarf der angeschlossenen Betriebsmittel gedeckt wird.
- **Hilfseinspeisungen** sind Einspeisungen, über die bei Ausfall der Haupteinspeisung aus einer anderen Energiezuführung der Energiebedarf aller Betriebsmittel gedeckt wird, die zur Aufrechterhaltung eines sicheren Betriebes erforderlich sind.

- **Ersatzeinspeisungen** sind Einspeisungen, über die bei Ausfall der Haupt- und Hilfeinspeisung aus einer netzunabhängigen Energiequelle (z. B. Diesel-Generator-Aggregat, Batterie über Wechselrichter) die erforderliche Energie mindestens für Betriebsanlagen nach § 24 Abs. 5 Nr. 2 BOStrab zur Verfügung gestellt wird.

Die Einspeisungen müssen mit selbsttätigen Umschalteneinrichtungen ausgestattet sein. Die Hilfeinspeisung kann gemäß TRStrab EA (Ausgabe Mai 2011), Teil 1, Abschnitt 2.2 entfallen, wenn ihre Aufgabe von der Ersatzeinspeisung übernommen wird.

Haupt- und Hilfeinspeisung sind in die Niederspannungs-Hauptverteilung einzuführen. Sowohl der Ausfall der Haupt- als auch der Hilfeinspeisung muss einer besetzten Betriebsstelle selbsttätig gemeldet werden (siehe TRStrab EA (Ausgabe Mai 2011), Teil 1, Abschnitt 3.2.1).

5.3.1.2 Ausführung

Unterirdische Haltestellen werden über eine Mittelspannungsanlage (MS-Anlage) entweder aus dem örtlichen Mittelspannungsnetz oder über bahneigene Mittelspannungskabel versorgt (**Haupteinspeisung**). Bei geringem Leistungsbedarf ist die Versorgung aus dem örtlichen Niederspannungsnetz möglich.

Die Energiezuführung für die **Hilfeinspeisung** ist eine andere als die für die Haupteinspeisung. Dies wird durch ein anderes Mittelspannungsnetz, ein anderes Niederspannungsnetz oder durch ein Diesel-Generator-Aggregat realisiert.

Die **Ersatzeinspeisung** muss netzunabhängig sein. Hierfür kommen entweder ein Diesel-Generator-Aggregat und/oder eine Batterieanlage infrage. Bei einem leistungsfähigen Diesel-Generator-Aggregat oder einer leistungsfähigen Batterieanlage kann die Hilfeinspeisung entfallen.

Niederspannungs-Haupt- und -Unterverteilungen sind in Anzahl und Umfang entsprechend der Größe des Versorgungsbereiches auszulegen. Zu diesem Versorgungsbereich zählen neben der Haltestelle auch die angrenzenden Tunnelbereiche.

Es ist auf eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der Verbraucher auf die einzelnen Phasen zu achten.

Zur Durchführung von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sind Steckdosen für Wechselspannung vorzusehen. In Tunneln und in unterirdischen Haltestellen müssen sie in Abständen bis ca. 50 m vorhanden sein (siehe TRStrab EA (Ausgabe Mai 2011), Teil 1, Abschnitt 3.2.2).

Zur Netzgestaltung wird auf Abschnitt 4.3.2.1 verwiesen.

5.3.1.3 Schutzmaßnahmen

Die metallenen leitend durchverbundenen Bewehrungen bei Tunneln aus Stahlbeton oder metallenen leitenden Bauteilen sollten als gemeinsame Erde für die Schutzterdung der Mittelspannungsschaltanlage und für die Betriebs- und Schutzterdung der Niederspannungsanlagen verwendet werden (Bauwerkserde).

Die Konzeption der Schutzmaßnahmen hat grundsätzlich in Abhängigkeit von der Art des Tunnelbauwerkes zu erfolgen. Bei den unterschiedlichen Tunnel-Bauweisen ist stets zu prüfen, dass bei Fahrdratriss keine Potenzialverschleppung eintritt.

Die von außen in die Tunnelanlage eingeführten Stromversorgungs- und Fernmeldekabel sind im Tunnelbauwerk isoliert zu führen. Die unter nicht leitenden Schutzmänteln liegenden metallenen Schirme oder Bewehrungen der Stromversorgungskabel und die mit diesen leitend verbundenen Endverschlüsse sowie aus den Endverschlüssen herausgeführten Schirme sind bis zur Potenzialausgleichsschiene gegen Erde isoliert zu führen (VNB-Erde). Diese Schiene ist von der Potenzialausgleichsschiene (PAS) des Bauwerkes (Bauwerkserde (BWE)) getrennt, jedoch in räumlicher Nähe so aufzubauen, dass die beiden Schienen leicht miteinander verbunden werden können. Als Schutz gegen unzulässig hohe Berührungsspannungen ist im Bereich verschiedener Erdpotenziale für die Dauer von Arbeiten an der Schaltanlage ein Ausgleich zwischen der VNB-Erde und der Bauwerkserde (BWE) sicherzustellen; dies geschieht durch die Verbindung dieser vorgenannten Schienen.

Die unterschiedlichen Erdungssysteme sind eindeutig zu kennzeichnen.

Zu den Schutzmaßnahmen in den möglichen Netzformen, d. h. TN-Netz oder TT-Netz, wird auf Abschnitt 4.3.2.2 verwiesen.

5.3.2 Elektrische Betriebsmittel

5.3.2.1 Ausführung

Elektrische Betriebsmittel in Haltestellen und Tunneln werden üblicherweise über ein Niederspannungsnetz einer der beiden in Abschnitt 4.3.2.2 beschriebenen Netzformen betrieben.

Bei Gleichstrombahnen mit Nennspannung bis einschließlich DC 1500 V sollten elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse II eingesetzt werden (siehe DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3):2017-10, Abschnitt 7.3.2).

5.3.2.2 Schutzmaßnahmen

Siehe hierzu Ausführungen zu Abschnitt 4.3.3.2.

5.3.3 Beleuchtungsanlagen

5.3.3.1 Ausführung

Grundlage für die Ausführung der Beleuchtungsanlagen sind § 27 BOStrab und TRStrab EA (Ausgabe Mai 2011), Teil 2.

In TRStrab EA (Ausgabe Mai 2011), Teil 2, Anlage 1, sind die Anforderungen an die Beleuchtung für die verschiedenen Bauarten von Haltestellen festgelegt.

5.3.3.2 Sicherheitsbeleuchtung

Die Sicherheitsbeleuchtung ist aus der Ersatzeinspeisung zu versorgen.

Anforderungen an die Sicherheitsbeleuchtung sind in § 27 Abs. 4 und 5 BOStrab enthalten. Insbesondere sind Flucht- und Rettungswege mit einer Sicherheitsbeleuchtung auszustatten.

Die Sicherheitsbeleuchtung muss in Betriebsanlagen 0,5 s nach Ausfall der netzabhängigen Beleuchtung eingeschaltet sein. Bei Tunneln und Notausstiegen darf diese Zeit bis zu 15 s betragen.

Für die Kabelanlagen von Sicherheitsbeleuchtungen ist ein Funktionserhalt im Brandfall von mindestens 30 Min. zu gewährleisten (siehe hierzu TRStrab EA (Ausgabe Mai 2011), Teil 1, Abschnitt 3.3).

Die Mäntel von Starkstromkabeln und Starkstromleitungen müssen in ihrem Brandverhalten mindestens den Anforderungen nach DIN EN 60332-3-24 (VDE 0482-332-3-24) entsprechen.

Regelwerke – Gesetze, Verordnungen und Richtlinien

BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung – BOStrab) vom 11.12.1987, zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 16.12.2016
TR Strab EA	Technische Regeln für Straßenbahnen – Elektrische Anlagen – Teil 1: Energieversorgungsanlagen – Teil 2: Beleuchtungsanlagen (Ausgabe Mai 2011)
BGI 5040	VBG-Fachinformation: Gestaltung von Sicherheitsräumen, Sicherheitsabständen und Verkehrswegen bei Straßenbahnen

Regelwerke – Normen und Empfehlungen

Anmerkung: Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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

DIN EN 50119 (VDE 0115-601)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb
DIN EN 50122-1: (VDE 0115-3)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag
DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrombahnen
DIN EN 50123 (VDE 0115-300) Normenreihe	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Gleichstrom-Schalteneinrichtungen
DIN EN 50522 (VDE 0101-2)	Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV
DIN EN 50526-2 (VDE 0115-526-2)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Überspannungsableiter und Spannungsbegrenzungseinrichtungen für Gleichspannungsnetze – Teil 2: Spannungsbegrenzungseinrichtungen
DIN EN 50526-3 (VDE 0115-526-3)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Überspannungsableiter und Spannungsbegrenzungseinrichtung für Gleichspannungsnetze – Teil 3: Anwendungsleitfaden
DIN EN 60332-3-24 (VDE 0482-332-3-24)	Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall – Teil 3-24: Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung von vertikal angeordneten Bündeln von Kabeln und isolierten Leitungen – Prüfmethode C
DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel (EN 61140:2002 + A1:2006)
DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1)	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen

DIN VDE 0100	Errichten von Niederspannungsanlagen
DIN VDE V 0832-110	Straßenverkehrsanlagen – Signalanlagen – Teil 110: Technische Festlegungen
VDV-Schrift 501	Verringerung der Korrosionsgefahr durch Streuströme in Tunneln von Gleichstrombahnen mit Stromrückleitung über Fahrschienen – Teil 1: Maßnahmen und Berechnungsgrundlagen – Teil 2: Messverfahren – Teil 3: Rechenmodell
VDV-Schrift 504	Schienenisolierstöße
VDV-Schrift 505	Aufbau und Schutzmaßnahmen von Gleichrichter-Unterwerken von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV-Schrift 506	Aufbau und Schutzmaßnahmen von elektrischen Energieanlagen in Betriebshöfen und Werkstätten von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV-Schrift 509	Einsatz von Fehlerstrom(FI)-Schutzschaltungen in elektrischen Energieanlagen von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV-Schrift 515	Kabel und Leitungen für die Stromversorgungsanlagen von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen und Obussen
VDV-Schrift 525	Überspannungsschutz für Fahrstromversorgungsanlagen von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV-Schrift 550	Oberleitungsanlagen für Straßen- und Stadtbahnen
VDV-Schrift 551	Oberleitungsmaste, Mastgründungen und Wandanker
VDV-Schrift 560	Elektrische Weichenheizungen von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV-Schrift 570	Rahmen-Dienstanweisung für Arbeiten an und in der Nähe von unter Spannung stehenden Fahrleitungsanlagen von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV-Mitteilung 5501	Mastschalterfernantriebe

Bildverzeichnis

Abbildung 1	Prinzipskizze Fahrstromversorgung von Gleichstromanlagen	11
Abbildung 2:	Schutzmaßnahmen an ganz oder teilweise leitfähigen Bauwerken/-teilen im Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich nach DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3)	24
Abbildung 3:	TT-Netz zur Niederspannungsversorgung elektrischer Betriebsmittel in Schutzklasse I innerhalb und außerhalb des Oberleitungs- und Stromabnehmerbereichs nach DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3)	28

Impressum

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV)
Kamekestraße 37-39 · 50672 Köln
T 0221 57979-0 · F 0221 57979-8000
info@vdv.de · www.vdv.de

Ansprechpartner

Udo Stahlberg
T 0221 57979-132
F 0221 57979-8132
stahlberg@vdv.de

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV)
Kamekestraße 37-39 · 50672 Köln
T 0221 57979-0 · F 0221 57979-8000
info@vdv.de · www.vdv.de
