Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Linie 10 / 17
Gesamterneuerung Leimental

Gemeinde	Basel, Binningen, Bottmingen
Los 3	Zoo - Bottmingen Schloss
Strecke	Basel - Rodersdorf
km	0.372 - 3.474

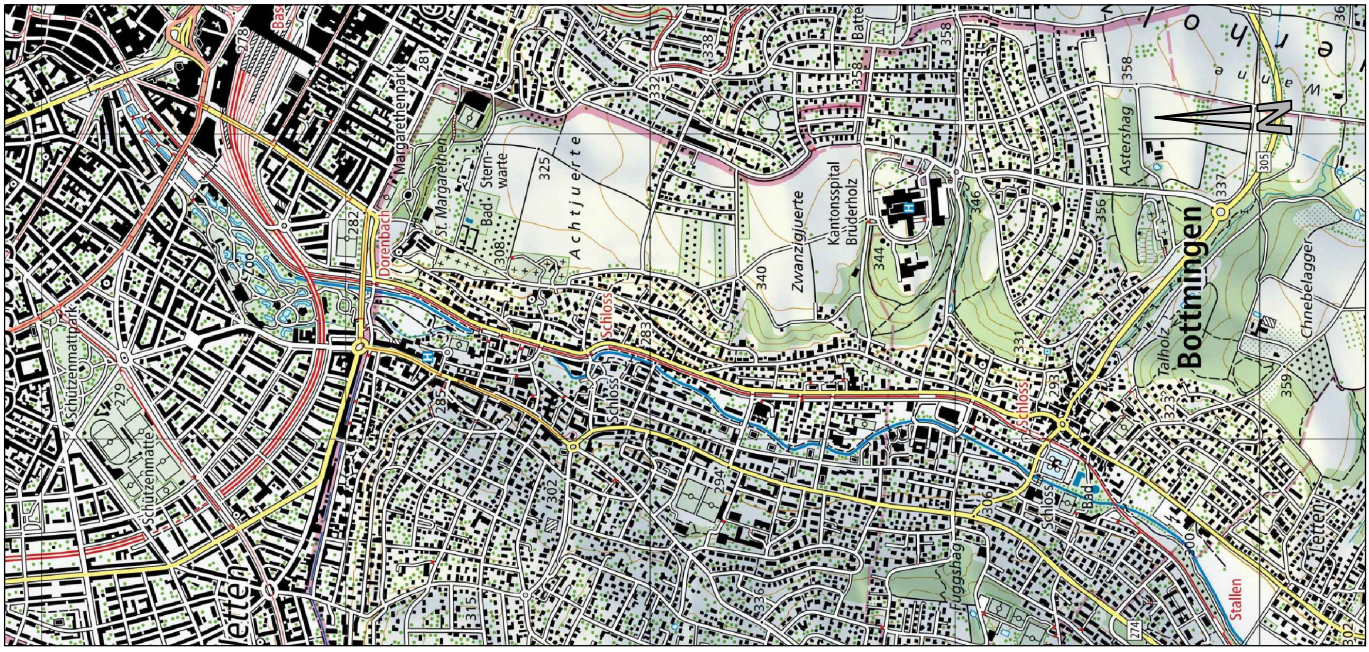
14.06.01

AUFLAGEPROJEKT

Erdungskonzept

Los 3

DER PROJEKTVERFASSER:	DIE BAUHERRSCHAFT:
projektplan.ch ag Signiert von: 9A5EE1EE6B494F6... Hanspeter Stadelm	Bahntechnik Müller GmbH Signiert von: i.A. 396DCE00D6674EC... Hans-Jürgen Dippold	BLT Baselland Transport AG DocuSigned by: i.V. 1ZB2990D6C90422... Reto Rotzler	DocuSigned by: F932A2C7A837447... Fabiano Rosa



CAD-SYSTEM: AutoCAD LT 2023		BAUHERRSCHAFT:			
PLANFORMAT: A4	MASSSTAB: kein	BLT Baselland Transport AG Grenzweg 1 CH-4104 Oberwil Tel. +41 61 406 11 11 Fax +41 61 406 11 22 www.blt.ch			
PLANNUMMER PROJEKTVERFASSER 14.06.01					
PROJEKTVERFASSER **Bahntechnik Müller GmbH** Ingenieurdienstleistungen, Servicedienstleistungen, Anlagen und Ausrüstungen für Bahnen und elektrotechnische Anlagen Bahntechnik Müller GmbH Alois-Senefelder-Straße 1-3 D-68167 Mannheim Tel: +49 (0)621 / 83351-0 projektplan präzis geplant projektplan buchgrindelstrasse 13 ch - 8620 wetzikon tel +41 44 972 25 25 www.projektplanag.ch		INDEX	DATUM	GEZ.	KONTR.
		-	12.06.2026	HS / HD	

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie

Rückleitung und Erdung

Projektierungs- und Instandhaltungshandbuch

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	02.05.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV-Prüfung M. Schweller
B	Einarbeitung Beilage 8 / Dokumenten-bezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Beilagen Verzeichnis	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

Genehmigungsvermerk **4**

Literaturverzeichnis **5**

1 Ausgangslage **6**

1.1 Ausgangslage 6
1.2 Ziel 6
1.3 Zweck / Abgrenzung 6
1.4 Gesetzliche Grundlagen 6

2 Grundlagen Rückleitungs- und Erdungskonzept **7**

2.1 Das Schutzkonzept der Elektrotechnik 7
2.1.1 Basisschutz 7
2.1.2 Fehlerschutz 7
2.1.3 Zusätzlicher Schutz 7
2.2 Erde als elektrischer Leiter 8
2.2.1 Erde und klassische elektrische Leiter aus Cu, Al, Fe im Vergleich 8
2.2.2 Erdung als Schutzmassnahme 8
2.2.3 Erderarten und Erderformen 11
2.2.4 Verbindung mit der Rückleitung (RLS) 12
2.2.5 Rückleitungs- und Erdungskonzept, EMV-Konzept 13

3 Allgemeine Grundlagen der Gleichstromtraktion **14**

3.1 Streckenaufbau 14
3.2 Spannungen, Ströme und Streckenbelastungen 15
3.3 Verteilung von Spannung und Strom über die Strecke 15
3.3.1 Das Schienenpotenzial 15
3.3.2 Das Isolier- und Streustromproblem 15
3.4 Schutz vor Gefahren aus dem Fahrstrom 16
3.4.1 Fahrleitungs- und Stromabnehmerbereich, Zone 1 16
3.4.2 Schutz durch Abstand 18
3.5 Streustromschutzmassnahmen am Rückleitungssystem von DC-Bahnen 19
3.5.1 Geräte zur mittelbaren (offenen) „Bahnerdung“ 19
3.6 Galvanische, kapazitive und induktive Beeinflussungen 20
3.6.1 Galvanische Beeinflussung 20
3.6.2 Kapazitive Beeinflussungen 21
3.6.3 Induktive Beeinflussung 21
3.7 Blitzschutz 21
3.7.1 Gewitter 21
3.7.2 Blitzschutzelemente 21
3.7.3 Vorgaben zum Blitzschutz 22
3.7.4 Blitzschutz in Bahnanlagen 22

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.8 Gemeinschafts-Parallelbetrieb 23

4 Kenngrössen und normative Grenzwerte zur Gleichstromtraktion 24

4.1 Fahrleitungsanlagen 24

4.2 Fahrschienen 24

4.3 Ableitbeläge 24

4.4 Elektromagnetische Felder 25

4.5 Berührungs- und Körperspannungen, zulässige Werte 25

4.5.1 VLD-O und VLD-F 25

4.5.2 Berührungsspannung und Körperspannung 26

5 Netze und Erdungen 29

5.1 Hochspannungsnetze 29

5.2 Mittelspannungsnetze 29

5.3 Niederspannungsnetze 30

5.3.1 TN-S-Netze (Terre Neutre Separe) 30

5.3.2 TN-C-Netze (Terre Neutre Combine) 32

5.3.3 TN-C-S Netze (Bild G 24) 33

5.3.4 TT-Netze (Terre Terre) 33

5.3.5 IT-Netze (Isolee Terre) 34

5.4 Informationstechnische Netze 35

6 Abkürzungsverzeichnis 36

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Beilagen

Beilage 1	Apperatekabinen und Apperateschränke
Beilage 2	Bahnübergänge BUe
Beilage 3	Haltestellen
Beilage 4	Stellwerk STW
Beilage 5	Gleichrichter GR
Beilage 6	Depots und Werkstätten
Beilage 7	Fahrleitungsanlagen
Beilage 8	Weichen
Beilage 9	Kunstbauten

Dazugehörige Dokumente

Kontrollplan
BLT – Projektierungsrichtlinie Tief- und Gleisbau
BLT – Projektierungsrichtlinie Taktil-visuelle Markierungen
BLT – Projektierungsrichtlinie Sicherungsanlage
BLT – Richtlinie Dokumentation ausgeführtes Werk (DaW)
BLT – Projektierungsrichtlinie Fahrstromversorgung
Systemzeichnungen Fahrleitung
Schaltpläne der BLT-Linien 10, 10/17, 11, 14 und 19
Drahtwerkspläne der BLT-Linien 10, 10/17, 11, 14 und 19
BLT – Richtlinie Ausführungsbestimmungen «Arbeiten im Gleisbereich»
InfraSys Anforderungen

Genehmigungsvermerk

BLT Baselland Transport AG

Oberwil,

Reto Rotzler
Leiter Infrastruktur

Patrick Zeller
Leiter Anlagenmanagement

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Literaturverzeichnis

ABB Schweiz. (19. 03 2019). *Niederspannungsbegrenzer HVL 120.3 .* Von Niederspannungsbegrenzer HVL 120.3 : https://library.e.abb.com/public/1b3895889468cf8ac1257b130057bbe3/HVL%20120-03%201HC0075863%20D01%20AB.pdf abgerufen

Bender. (20. 03 2019). *Differenzstrom-Überwachung*. Von Differenzstrom-Überwachung: https://www.bender.de/produkte/differenzstrom-ueberwachung-uebersicht abgerufen

Dehn. (2017). *Blitzplaner.* 92306 Neumarkt: Dehn.

Feydt, M. (Begriffe der Elektrotechnik. 03 2019). *Begriffe der Elektrotechnik*. Von Begriffe der Elektrotechnik: http://www.erdungsmessung.com/hmtl/body_begriffe.html abgerufen

Mathys. (01. 12 2012). *Am TN-S-Netzanschluss* . Von Am TN-S-Netzanschluss : http://toolbox.electrosuisse.ch/_files/downloads/07_1212_Mathys.pdf abgerufen

NISV 814.710 . (2016). *Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV).* Bern: Bundesrat.

Pigler, F. (1998). *Blitzschutz elektronischer Anlagen.* Franzis Verlag.

RTE 27900. (2015). *D-RTE 27900: Erdungs- und Rückleitungshandbuch, S. 58, VÖV UTP 2015.* Bern : Verband Öffentlicher Verkehr.

Schmidt, P. (1988). *Energieversorgung elektrischer Bahnen.* Berlin: Transpress Verlag.

SGK C3. (2011). *Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen.* Zürich: Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz.

SN EN 50122-1. (2016). *Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung, Teil 1.* Fehraltdorf: Electrosuisse.

SN EN 50122-2. (2011). *Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 2.* Fehraltorf: Electrosuisse.

SN EN 50122-3. (2010). *Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 3.* Fehraltdorf: Electrosuisse.

SN EN 50162. (2004). *Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen.* Fehraltorf: Electrosuisse.

SN EN 50310. (2016). *Telekommunikationstechnische Potentialausgleichsanlagen für Gebäude und andere Strukturen.* Fehraltdorf: Electrosuisse.

SN EN 50522. (2010). *Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV.* Fehraltdorf: Electrosuisse.

SN EN 50522. (2011). *Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV.* Fehraltdorf: Electrosuisse.

SN EN 62305-1. (2011). *Blitzschutz. Teil 1: Allgemeine Grundsätze.* Fehraltdorf: Electrosuisse.

SNR 464113. (2016). *SNR 464113 Fundamenterder.* Fehraltdorf: Electrosuisse.

Witt Ind. El. (19. 03 2019). *Erdungskurzschliesser*. Von Erdungskurzschliesser: https://witt-es.com/de/ppm/erdungskurzschliesser-eks-100 abgerufen

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Ausgangslage

1.1 Ausgangslage

Dieses Handbuch besteht aus 2 Teilen:

- Grundlagen (Kapitel 2 bis 5)
- Details (Beilagen 1 bis 8)

Die Grundlagen wiederholen und fassen das Allgemeinwissen über die Gleichstromtraktion zusammen und bilden sozusagen die Basis für die praktische Ausführung der Details. In den Details sind die BLT Standards praxisorientiert, dargestellt.

1.2 Ziel

Dieses Dokument soll eine einheitliche Projektierung und Ausführung der Schutzmassnahmen Potenzialausgleich, Erdung und «mit der Rückleitung verbunden» (früher Bahnerdung) ermöglichen. Es soll einerseits als Vorgabe für die Ausführung von Anlagen dienen, andererseits sicherstellen, dass das korrekte Material verwendet wird. Ziel ist es, dass dieses Dokument sowohl intern bei der BLT, als auch von Dritten genutzt werden kann.

1.3 Zweck / Abgrenzung

Das erstellte Dokument beinhaltet sowohl eine Projektierungsgrundlage als auch die Ausführung. Es soll als Ratgeber dienen, um bekannte Schwierigkeiten bei der Planung / Projektierung und Installation der Anlagen aufzuzeigen und die bestehende Dokumentation zu ergänzen. Es richtet sich an Fachpersonal, welche die Installationen schon kennen.

1.4 Gesetzliche Grundlagen

Dieses Dokument basiert auf der eidgenössischen Eisenbahnverordnung (EBV) sowie der dazugehörigen Verordnung über die Ausführungsbestimmungen (AB-EBV) sowie die Ausführungen der RTE 27900 (Erdung).
Beim Bezug auf die angegebenen Regelwerke, Normen, Vorschriften, Richtlinien ist zu beachten, dass diese ständigen Überarbeitungen im Sinne von Verbesserungen und der Einführung von Neuerungen unterliegen. Es empfiehlt sich daher, in der praktischen Arbeit die hier zitierten Literaturangaben alle 2 Jahre auf neue, aktuelle Fassungen abzufragen. Speziell bei den Europäischen Normen (EN) sind auch die landespezifischen Fassungen (SN EN) und Anhänge zu berücksichtigen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

2 Grundlagen Rückleitungs- und Erdungskonzept

2.1 Das Schutzkonzept der Elektrotechnik

Technische Anlagen bringen Nutzen und bergen aber auch Gefahren, gegen die Schutzmassnahmen erforderlich sind. Das Schutzkonzept der Elektrotechnik beruht auf 3 Säulen:

a) Basisschutz
b) Fehlerschutz
c) Zusätzlicher Schutz

2.1.1 Basisschutz

Der Basisschutz ist der Schutz gegen **direktes Berühren** betriebsspannungsführender Teile einer Anlage durch Abstand. Den Abstand bewirken.

- Isolationen
- Schutzbarrieren
- Entfernungen, die sich nur durch unverantwortliches Handeln oder mit unzulässigen Hilfsmitteln überwinden lassen

2.1.2 Fehlerschutz

Der Fehlerschutz realisiert eine Doppelfunktion. Zum einen schützt er vor inneren Fehlern in einer Anlage (Gerät), ohne dass dabei die Betriebsspannung auf berührbare Teile übertritt (Anlagenschutz). Zum anderen schützt er vor Fehlern, bei denen die Betriebsspannung oder Anteile davon auf berührbare Teile übertreten, also Schutz beim **indirekten Berühren** (Personen- und Tierschutz). Als Schutzelemente kommen in beiden Fällen Sicherungen und Leitungsschutzschalter (Überstromschutzelemente) in Kombination mit Erdung und Potenzialausgleich (durch PEN-, PE- und Potenzialausgleichs-Leiter) zum Einsatz.

Bei elektrischen Bahnen bezeichnet man den in der Fahrleitung hinfliessenden Strom als Fahrstrom IF und den in den Fahrschienen zurückfliessenden Strom als Rückstrom IR. Bei Rückstromführung über die Schienen nimmt das berührbare Rückleitungssystem (z. B. Fahrschienen und darauf stehende Wagen) im Normalbetrieb zwangsläufig Spannungen gegen Erde an, da der Rückstrom am Widerstand der Fahrschienen unvermeidlich einen Spannungsfall erzeugt. Das ist jedoch zunächst kein Fehlerfall, sondern eine normale, im Betrieb **(Operation)** auftretende Erscheinung. Erst wenn diese Spannungen, die sich als Berührungsspannungen abgreifen lassen, Grenzwerte übersteigen, werden Schutzmassnahmen in Form einer zeitlich begrenzten Verbindung vom Rückleitungssystem zur Erde (Potenzialausgleich) notwendig. Gelangt jedoch Fahrleitungsspannung, z. B. durch einen Fahrleitungsriss, auf bahntechnische Ausrüstungen und Ausstattungen, so tritt ein gefährlicher Fehlerfall **(Fault)** auf, der durch sofortige, automatische Abschaltung der Fahrstromanlage zu beseitigen ist.

2.1.3 Zusätzlicher Schutz

Der zusätzliche Schutz lässt sich durch doppelte Isolierung (Schutzklasse II), zusätzlichen Potenzialausgleich (Schutzpotenzialausgleich) und Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD, Residual Current Device) erreichen. Fehlerstromschutzeinrichtungen kommen vor allem dann zur Anwendung, wenn Fehlerstrom / Fehlerspannung zwar gefährliche Werte annehmen, aber nicht ausreichen, um Überstromschutzeinrichtungen auszulösen. Fehlerstromschutzeinrichtungen führen zur Abschaltung der Anlage.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Weitere Vorkehrungen zum Schutz von Mensch und Tier beruhen auf der Anwendung von Trenntransformatoren, Schutzkleinspannungen und speziellen Netzformen (IT-Netz).

Basis- **und** Fehlerschutz sind in einer elektrotechnischen Anlage zwingend erforderlich. Isolation, Erdung und Potenzialausgleich sind Bestandteile des Basis-, Fehler- und zusätzlichen Schutzes für Personen und Sachen und Schwerpunkte dieses Handbuchs.

2.2 Erde als elektrischer Leiter

2.2.1 Erde und klassische elektrische Leiter aus Cu, Al, Fe im Vergleich

Material	Spezifischer Widerstand ρ = [Ω*m]
Kupfer	$0.18 * 10^{-7}$
Aluminium	$0.3 * 10^{-7}$
Eisen	$1.5 * 10^{-7}$
Lösboden	50
Sandboden	1’000
Gesteinsboden	> 1’000
Flusswasser	10 – 100
Beton (nach alten Rezepten)	500
WU-Beton (heutige Fertigung)	> 5’000

Tabelle 1: spezifische Widerstände

Der spezifische Widerstand der klassischen elektrischen Leiter (Cu, Al, Fe) ist gemäss [Tabelle 1] um Grössenordnungen geringer als der von Erdmaterialien und Betonen. Dabei ist aber zu beachten, dass der Querschnitt klassischer Leiter im mm^2 – Bereich liegt, während für die Stromleitung in Erde ein riesiger Querschnitt zur Verfügung steht.

Für Gleichstrom (DC) bildet die Erde einen fast unendlich grossen Leiterquerschnitt. Für Wechselstrom (AC) ist der Erdleiterquerschnitt, bedingt durch den Stromverdrängungseffekt (Skin-Effekt) und magnetischen Kopplungen zwischen Hin- und Rückstrom (über Erde), deutlich geringer, aber immer noch sehr gross (mehrere hundert m^2).

Dem grösseren spezifischen Widerstand der Bodenmaterialien wirkt somit ihr gegenüber den klassischen Leitern viel grösseren Leitungsquerschnitt entgegen, so, dass man für Gleichstrom und niederfrequenten Wechselstrom (technische Frequenzen) der Erde ein den klassischen Leitern durchaus gleichwertiges Leitvermögen zusprechen kann (Beispiel: Monopolare Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)).

2.2.2 Erdung als Schutzmassnahme

Neben Abstand und Isolation zählt die **Erdung** (in Verbindung mit dem Potenzialausgleich) zu den wichtigsten Schutzmassnahmen in der Elektrotechnik. Verbindet man nämlich bestimmte **Teile** einer elektrischen Anlage oder eines metallenen Objekts (welches durch fehlerbedingten Spannungsübertritt der Betriebsspannung aber auch durch elektrische Fremdeinwirkung wie Blitz, Elektrostatische Entladung (Electrostatic Discharge, ESD), Induktion oder Influenz beaufschlagt werden könnte) mittels einer **Erdungsleitung** mit einem in Erde verlegten **Erder,** so erteilt man diesem Teil der elektrischen Anlage oder dem metallenen Objekt zunächst das Ruhepotenzial der Erde **$\varphi 0 = 0$ V.**

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Erdung (oder auch **Schutzerdung**) ist physikalisch gesehen ein **Potenzialausgleich** zwischen zwei durch das Erdreich verbundenen Punkten.

Neben der Erdung gibt es in der Erdungstechnik etwa 15 weitere Begriffe (Betriebserdung, Funktionserdung, Bahnerdung, Wassererde, Tunnelerde usw. (Feydt, 2019) Diese Begriffe beschreiben anlagentypische Erdungen, welche letztlich Schutzfunktionen in Form von Schutz

- im Kurzschlussfall bzw. bei Isolationsfehlern
- vor elektrischem Schlag
- vor gefährlichen elektrischen Durchströmungen
- gegen eindringende Störungen (z. B. Funktionserdung von Filtern)

wahrnehmen zu haben.

Die Funktionsweise und die Wirksamkeit einer Erdung hängt davon ab, ob sie stromlos oder stromdurchflossen ist, ebenfalls wie hoch ihr spezifischer Widerstand ist.

Stromlose Erdung

In der [Abb. 1] ist die Erdungsleitung nicht stromdurchflossen. Das Ruhepotenzial der Erde mit φ = 0 V wird auf die angeschlossenen Objekte übertragen, es herrscht Potenzialausgleich.

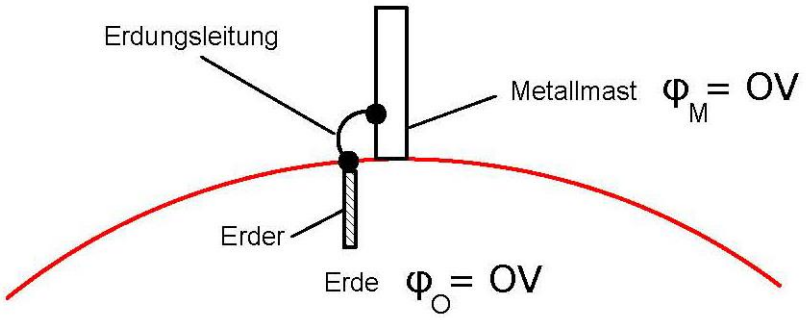


Abb. 1: Stromlose Erdung

Stromführende Erdung

Durch eine Störung, z. B. Isolationsfehler, Erdschluss, Erdkurzschluss, Blitzeinschlag, ESD, Induktion und Influenz, kommt es zu einem Stromfluss durch die Erdungsleitung und den Erder in die Erde. Zwischen dem von der Störung betroffenem Objekt und dem Erder stellt sich annähernd Potenzialausgleich ein, wenn die Erdungsleitung genügend niederohmig / niederimpedant ist.

Um den Erder herum baut sich der sogenannten Potenzialtrichter (auch Spannungstrichter) gemäss [Abb. 2] auf. Er entsteht durch das Abfliessen des Störungsstromes in die den Erder halbkugelförmig umgebende Erde. Da mit zunehmendem Abstand vom Erder Querschnitt und Volumen der durchströmten Erde immer grösser werden, d.h. der Ausbreitungswiderstand der Erde sinkt, sinkt auch das Potenzial des Trichters mit zunehmendem Abstand.
Fixiert man nun auf der Erdoberfläche 2 Punkte radial auf einer Achse senkrecht zum Erder, so tritt hier eine Potenzialdifferenz auf, die sich als Schrittspannung äussert. Ebenso entsteht eine Berührungsspannung zwischen der Standfläche einer Person, die gleichzeitig das geerdete Objekt berührt. Schrittspannung und Berührungsspannung dürfen personen- und tierbezogene Werte, welche auch noch abhängig sind von der Dauer der Durchströmung, nicht überschreiten.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

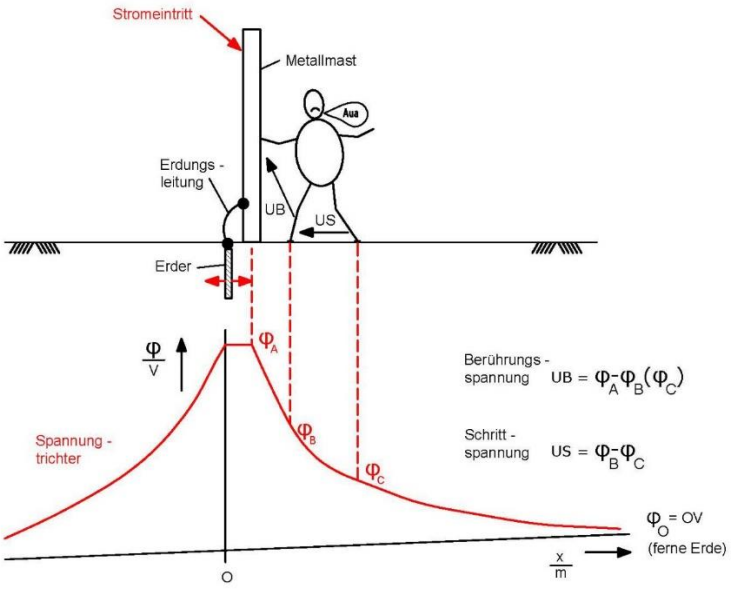


Abb. 2: Stromführende Erdung mit Berührungs- und Schrittspannung

Durch zusätzliche Erder, sogenannte Steuererder gemäss [Abb. 3], lassen sich Schritt- und Berührungsspannung vermindern. (Dehn, 2017) enthält praxisbezogene Ausführungen zur Erdung (hier im Zusammenhang mit dem Blitzschutz) verschiedenster elektrotechnischer Anlagen sowie eine umfangreiche Liste relevanter Normen (EN), Vorschriften (VDE) und Richtlinien (VDN, VdS).

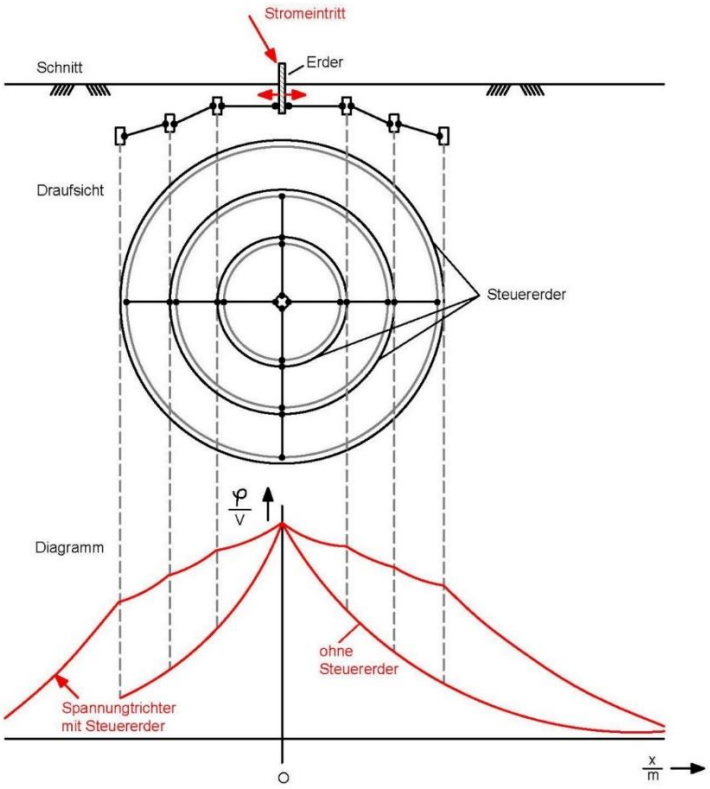


Abb. 3: Minderung der Berührungs- (UB) und Schrittspannung (US) mittels Steuererder

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

2.2.3 Erderarten und Erderformen

Hauptsächlich kommen

- **Galvanische** (ohmsche) Erder in Form von Stäben, Bändern, Netzen in den Materialien FeZn, Edelstahl und Cu

zur Anwendung.

- **Induktive** Erdungen bestehen aus einem galvanischen Erder mit einer vorgeschalteten Erdschlussspule (Petersenspule, selten Bauchtransformator) in Netzen mit Resonanz-sternpunkterdung (RESPE) – Mittelspannungsnetze.
  Beachtlich ist, dass bei Blitzeinschlägen und Erdkurzschlüssen (aufgrund ihrer hochfrequenten Anteile) die Ableitungen, Erdungsleitungen und die Erder selbst neben ihrem ohmschen Widerstand auch einen zu berücksichtigenden induktiven Widerstand aufweisen (Stosserdungswiderstand).
- **Kapazitiv** geerdet sind alle gegen Erde isolierte Betriebsmittel durch ihre natürliche Kapazität gegen Erde. Meist spielt diese parasitäre kapazitive Erdung keine Rolle. In RESPE-Netzen wird sie mit zur Begrenzung des Erdschlussstromes und Aufrechterhaltung des Betriebes genutzt.
  Kapazitive Erdung tritt auch bei Filtern (Funktionserdung) und elektronischen Vorschaltgeräten auf. Das kann dazu führen, dass Fehlerstrom-Schutzschalter (RCD) mit niedrigem Ansprechstrom durch die hohen Ladeströme der Filterkondensatoren ansprechen.

Erdungswiderstand RE

Erdungswiderstand RE (auch Erdausbreitungswiderstand) ist der Widerstand zwischen dem Stromeintrittspunkt in den Erder und einer Bezugserde. Als Bezugserde wird die ferne Erde (mit dem Potenzial $\varphi 0 = 0$ V) angenommen. RE lässt sich messen.

Zur Berechnung von RE sei auf (Pigler, 1998) hingewiesen.

Ab einer bestimmten Länge des Erders (Grenzlänge eines gestreckten Erders) nimmt der Stromaustritt deutlich ab, d. h. eine Überlänge des Erders verringert den Erdungswiderstand RE nicht mehr effektiv und ist deshalb unwirtschaftlich.

Der Erdungswiderstand RE einer Anlage lässt sich durch Parallelschaltung von Einzelerdern vermindern; dabei soll der Abstand der Einzelerder voneinander mindestens der Länge oder Tiefe des Einzelerders entsprechen.

Globale Erdung

Globale Erdung (SN EN 50522, 2010) liegt in innerstädtischen Gebieten und grossen Industrieanlagen vor. Hier befinden sich neben Erdungsanlagen weitere elektrisch leitfähige Objekte (Rohre, Bewehrungen) im Erdboden, die zudem galvanisch mit Erdungsanlagen verbunden werden. Exakte Messungen des Erdungswiderstands RE einer einzelnen Erdungsanlage sind hier nicht möglich.

Im Gebiet einer globalen Erdung wird an allen Stellen das gleiche Erdpotenzial angenommen, dieses Gebiet gilt als Äquipotenzialfläche. Das Potenzial φ dieser Äquipotenzialfläche kann vom Ruhepotenzial $\varphi 0$ der (fernen) Erde abweichen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Neuerrichtung von Erdungsanlagen

Für neue Betonbauwerke kommen heutzutage fast ausschliesslich „wasserundurchlässige“ Betone (WU-Beton) zur Anwendung. Zusätzlich hüllt man oft den erdfühligen Teil eines Bauwerks mit wärme- und wasserdämmenden isolierenden Materialien ein (Perimeterdämmung).

Damit ist die Wirkung eines wie früher in den Beton der Fundamentplatte mit 50 mm Betondeckung eingelegten Fundamenterders stark eingeschränkt.

Deshalb liegt jetzt im Erdreich rund um das Bauwerk ein Ringerder aus Edelstahl (im Erdreich verlegte FeZn-Erder erfüllen nach langer Liegedauer infolge Korrosion nicht mehr die geforderten Erdereigenschaften).

Dieser Edelstahl-Ringerder wird (meist oberhalb des Grundwasserspiegels) mehrfach in das Betonbauwerk eingeführt und mit den in der Bodenplatte und Wänden eingelegten Potenzialausgleichseisen verbunden. Zweckmässig ist, an den Einführungsstellen auch die Blitzschutzableitungen anzuschliessen.

Details dazu in (SNR 464113, 2016)

Verbindung von Erdern mit anderen metallarmierten, erdfühligen Objekten

Ein derartiger Zusammenschluss von Erdern mit erdfühligen Betonarmierungen kann zur Korrosion des „Unedleren Werkstoffs, z. B. Eisen, Zink“ führen („Betonelement“). (Dehn, 2017) empfiehlt deshalb, Erder aus Edelstahl (nichtrostender Stahl, Werkstoffnummer 1.4571, V4A), Kupfer oder kupferummanteltem Stahl auszuführen.
Ein eventuelles Korrosionsgeschehen hängt auch von den Flächen- bzw. Volumenrelationen der Metalle zwischen Erder und angeschlossenem, armiertem Objekt ab.

2.2.4 Verbindung mit der Rückleitung (RLS)

Die Begriffe Bahnerde und Bahnerdung finden häufig umgangssprachlich Verwendung. Als Bahnerde versteht man dabei das Rückleitungssystem (RLS) einer elektrischen Bahn (Fahrschienen, Rückleitungsseile, Rückleitungskabel und mit ihnen galvanisch, d. h. mittels Leitungen verbundene Objekte). Bahnerdung ist die Massnahme, mit der man die Verbindung von Objekten mit dem Rückleitungssystem, also mittels Leitungen, herstellt.

Beide Begriffe sind nicht korrekt. Das Rückleitungssystem einer AC-Bahn wird mit vielen Erdern geerdet, es ist also keine (Bahn)erde. Das Rückleitungssystem einer DC-Bahn darf nicht geerdet werden (Ausnahme Depots und Werkstätten).

Richtigerweise verwendet man für die Verbindung eines Objekts mit dem Rückleitungssystem einer elektrischen Bahn anstelle der Bahnerdung den Begriff:

- **Verbindung mit der Rückleitung -.**

Diese Verbindung (meist kurzschlussfest und dementsprechend niederohmig) ist, physikalisch gesehen, eine Potenzialausgleichsleitung zur Herstellung eines Potenzialausgleichs.

„Bahnerdung“ ist immer unmittelbar, d. h. mit einer „Erdungsleitung“.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Bei der „mittelbaren (offenen) Bahnerdung“ ist zwischen Rückleitung und „bahnzuerdendem“ Objekt ein spannungsbegrenzendes Element in Form eines gesteuerten Schützes, eines Varistors, einer Funkenstrecke, eines Thyristors oder einer Spannungsdurchschlagsicherung (SDS) geschaltet. Ab einer bestimmten Spannung wird dieses Element leitend, die „mittelbare Bahnerdung“ geht in eine unmittelbare „Bahnerdung“ über.
Auch EKS (Erdungskurzschliesser) und VLD (Voltage Limiting Device) sind Bauteile der „mittelbaren“ Bahnerdung.
In den weiteren Darlegungen wird der Begriff „Bahnerdung“ beibehalten, aber immer in Anführungszeichen gesetzt. „Bahnerdung“ lässt sich leichter handhaben als der vorschriftengerechte Begriff „Verbindung mit der Rückleitung“ und ist dem Praktiker vertraut.

2.2.5 Rückleitungs- und Erdungskonzept, EMV-Konzept

Rückleitungs- und Erdungskonzept

Die meisten elektrotechnischen Gewerke (Starkstrom, Schwachstrom, Hochspannung, Niederspannung, Informationstechnik, Blitzschutz) nutzen anlagentypische Erdungen und Potenzialausgleiche. In einer Bahnanlage treffen diese Gewerke zusammen und haben einen Bezug zur Rückleitungsanlage. (RTE 27900, 2015) fordert deshalb ein Gewerke koordiniertes Rückleitungs- und Erdungskonzept in Form eines Gesamterdungskonzeptes, um die Gewerke spezifischen Ausführungen sowie deren Schnittstellen zu beschreiben und nachteilige Beeinflussungen zu verhindern. Zu berücksichtigen sind dabei auch zur Bahnanlage benachbarte aber bahnfremde Anlagen, insbesondere solche, die in die Bahnanlage einspeisen (Elektrizitätswerke EW).

Das Rückleitungs- und Erdungskonzept ist Bestandteil einer Entwurfsplanung. Auf der Basis des abgestimmten und geprüften Rückleitungs- und Erdungskonzepts erstellen die Gewerke ihre Erdungs-, Potenzialausgleichs- und Rückleitungspläne als Ausführungspläne.

Während der Bauausführung erfolgende, zulässige Änderungen sind als Revisionen in die Ausführungspläne einzutragen und dann als Bestandspläne vorzuhalten.

Die Fachbauleitung hat die ordnungsgemässe Ausführung von Erdungs-, Potenzialausgleichs- und Rückleitungsmassnahmen zu überwachen und zu protokollieren.

Es empfiehlt sich, die Bestandspläne in einem Gesamterdungsplan (Bestand) zusammenzufassen, weil dieser Gesamterdungsplan den Systemcharakter und die Konfliktfreiheit von Erdung, Potenzialausgleich und Rückstromführung in einer komplexen Anlage erkennen lässt.

EMV-Konzept

Bei Neuerrichtung oder umfangreicher Änderung von bestehenden Anlagen ist ein EMV-Konzept zu erstellen. Das EMV-Konzept untersucht mögliche elektromagnetische Beeinflussungen innerhalb einer Anlage aber auch auf benachbarte, bahnfremde Anlagen sowie auf Menschen und Tiere und bestimmt Massnahmen zur Einhaltung von Grenzwerten nach (NISV 814.710 , 2016). Bei Gleichstrombahnen entsteht hier insbesondere die Frage, welche magnetischen Felder (H) von Transformatoren und Verteiler- und Schaltanlagen und von Erdkurzschlüssen ausgehen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Allgemeine Grundlagen der Gleichstromtraktion

3.1 Streckenaufbau

[Abb. 4] zeigt den typischen Streckenaufbau einer Gleichstrombahn

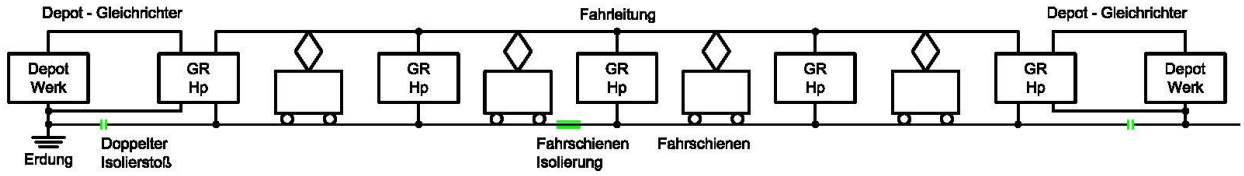


Abb. 4: Steckenaufbau einer DC-Bahn

Entlang der Strecke befinden sich Depots, Werkstätten, Gleichrichterstationen (nachfolgend Gleichrichter, GR genannt) und Haltestellen. Die Strecke kann eingleisig oder mehrgleisig sein, auch in Abschnitten.
Oft liegen Gleichrichter, Haltestellen, Depots und Werkstätten an einem, dem gleichen Standort und bilden bauliche Einheiten.
Der Abstand der einzelnen Gleichrichter hängt von der Streckenbelastung ab. Bei hochbelasteten Strecken (U-Bahn, S-Bahn (MRT)) kann er nur 1 km betragen, bei geringer belasteten Strecken (Strassenbahnen (LRT)) aber auch mehrere Kilometer.
Der Fahrstrom (IF, Hinstrom) wird über die durchgeschaltete Fahrleitung zugeführt, d. h. die die Strecke speisenden Gleichrichter sind parallelgeschaltet. Dadurch ist auch bei Ausfall eines Gleichrichters der weitere Fahrbetrieb möglich.
Der Rückstrom (IR) fliesst in den meist durchgeschweissten und gegen Erde sorgfältig isolierten Fahrschienen.
Verschiedene Schalter ermöglichen die abschnittsweise Zu- oder Abschaltung (Freischaltung) einzelner Streckenabschnitte. Die Streckenselektivität wird durch Streckentrenner und offenen Parallelführungen herbeigeführt, wobei bei Letzteren die Fahrleitungen an den Abschnittsenden mit einer gewissen Überschneidung aufhören. Im Bereich der Streckentrenner und Parallelführungen liegen Schalter, welche die einzelnen Fahrleitungsabschnitte durchschalten können. Die Steuerung der Fahrleitung erfolgt aus einer Zentrale, bzw. Ortssteuereinrichtung OSE. Im Gefahren- oder Havariefall ist auch eine örtliche Abschaltung eines Fahrleitungsabschnitts möglich (z. B. in Bahnhöfen).
Eine Besonderheit bilden Depots und Werkstätten. Wegen der dort einzuhaltenden besonderen Sicherheitsbestimmungen erfolgt deren Fahrstromversorgung durch einen separaten Gleichrichter und die hier rückstromführenden und **geerdeten** Fahrschienen sind durch doppelte Isolierstösse gegen die Fahrschienen der Strecke entkoppelt (Inselbetrieb).
Depots und Werkstätten im Mischbetrieb (welche vorgenannte Bedingungen nicht erfüllen) sollten auf Inselbetrieb umgerüstet werden.
Die Gleichrichter sind in der Regel in 12-Puls-Technik ausgeführt. Der von ihnen gelieferte Fahrstrom besitzt eine Restwelligkeit von 1 % (bezogen auf den reinen Gleichstrom). 6-Puls-Gleichrichter weisen eine Restwelligkeit von 10 % auf. Je nach Last kann die Restwelligkeit etwas ansteigen.
Die Antriebe der modernen Fahrzeuge sind mit Drehstrommotoren ausgerüstet, deren Drehzahlsteuerung mittels Frequenzumrichtern erfolgt. Mit der **dynamischen** Bremsung speisen die Fahrzeuge in das Fahrleitungsnetz zurück. Zum Schutz vor einer Wechselstrom-Durchströmung besitzen die Fahrzeuge eine Wechselstromüberwachung, die bei Überschreiten eines bestimmten Wertes (z. B. 1.5 A AC) zur Abschaltung des Fahrzeugs führt.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.2 Spannungen, Ströme und Streckenbelastungen

DC-Bahnen arbeiten mit verschiedenen Spannungen;

600 V	vornehmlich Strassenbahnen (Light Rail Transit, LRT)
750 V, 1'200 V,1'500 V	S- und U-Bahnen (Mass Rapid Transit, MRT)
3 kV, 12 kV	Fernverkehrs- und Güterbahnen

Die Fahrströme (Strom pro Zug) von DC-Bahnen liegen je nach Fahrzeugtyp und Streckenart zwischen 200 A (LRT) und 4 kA (MRT). Die Streckenströme einer zweigleisigen, hochbelasteten DC-Bahn (MRT) erreichen 8 kA.

3.3 Verteilung von Spannung und Strom über die Strecke

3.3.1 Das Schienenpotenzial

Der hauptsächlich über die Fahrschienen fliessende Rückstrom IR erzeugt längs des Widerstands der Fahrschienen einen Spannungsfall. Örtlich (quer zum Gleis) lässt sich dieser Spannungsfall als Schienenpotenzial φR abgreifen und gegen ferne Erde als Schienenspannung UR darstellen. φR (UR) sind (neben der Berührungsspannung) die Ursachen des Streustromproblems und der Streustromkorrosion, verursacht durch DC-Bahnen.

3.3.2 Das Isolier- und Streustromproblem

Das Rückleitungssystem einer DC-Bahn und an das Rückleitungssystem mittels „Bahnerdung“ angeschlossene Objekte sind sorgfältig gegen Erde zu isolieren, um Streustromkorrosion zu vermeiden. Das Isolierproblem ist leicht erklärt. Man verwendet zur Isolierung nichtleitende Materialien. Das Isoliervermögen der Isoliermaterialien ist jedoch begrenzt und kann sich durch Beschädigung, Alterung, Witterungseinflüsse und Verschmutzung verschlechtern. Hiervon sind insbesondere die erdfühligen Schienenbefestigungen betroffen. An ihnen tritt eine Leckage auf; der grösste Teil des Rückstroms IR fliesst in den Fahrschienen zum GR zurück, ein kleiner Teil des Rückstroms fliesst jedoch in die Erde und vagabundiert im Erdreich als Streustrom. Diese Leckage entsteht auch an Objekten, die mittels „Bahnerdung“ mit dem Rückleitungssystem verbunden sind. Liegen im Erdreich blanke metallene leitfähige Objekte (Rohrleitungen, Bewehrungen), so tritt der Streustrom IS in diese (besser als Erde leitenden Objekte) ein, fliesst in ihnen und tritt wieder aus diesen Objekten aus, denn er muss ja als Teilrückstrom zum GR zurück. An den Stromaustrittsstellen kommt es zu einem Abtrag des Materials dieser Objekte, der **Streustromkorrosion**. Auch die Fahrschienen selbst sind an den Leckage Stellen von der Streustromkorrosion betroffen. In [Abb. 5] liegt der **negative** Pol der Speisung an der Fahrleitung, der **positive** an den Fahrschienen.

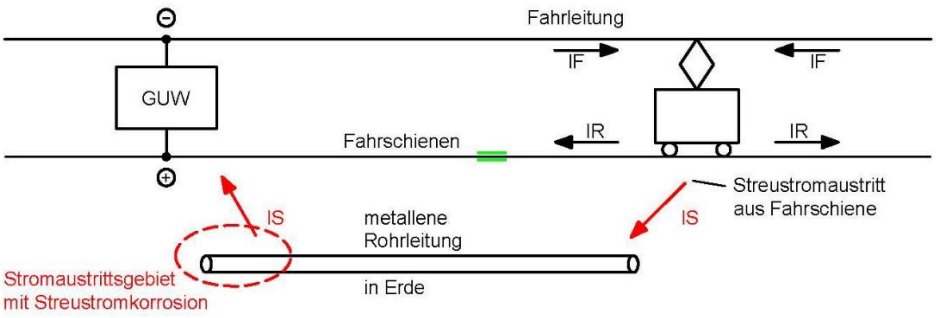


Abb. 5: Streustromkorrosion

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Gleichstrombahnen werden sowohl mit positiver als auch negativer Polarität der Fahrleitung betrieben. Hochleistungsbahnen (MRT) haben gewöhnlich negative Polarität der Fahrleitung (Schmidt, 1988), S. 163, Strassenbahnen meist positive Polarität der Fahrleitung.

Die Polarität der Fahrleitung hat technisch-historische Gründe. Die früheren Quecksilberdampfgleichrichter konnten nur mit negativer Polarität an der Fahrleitung betrieben werden. Die Polarität der Fahrleitung in Bezug auf die Streustromgefährdung ist heute ohne Bedeutung, weil durch die rückspeisenden Triebfahrzeuge die Richtung des Stromflusses ständig wechselt.

Die Grösse des in den Erdboden gelangenden Streustrom wird hauptsächlich durch den Ableitbelag (G‘ in S/km) der Fahrschienen bestimmt. Der Kehrwert des Ableitbelags ist der Ableitwiderstand (R‘ in Ω*km), also der Widerstand der Fahrschienen zur Erde. Auch in der Fachliteratur wird der Ableitwiderstand manchmal fälschlicherweise als „Bettungswiderstand“ bezeichnet. Der Bettungswiderstand ist eine signaltechnische Grösse, nämlich der Widerstand zwischen 2 Fahrschienen. Er darf eine bestimmte Grösse nicht unterschreiten, weil sonst das Signal eines Gleisstromkreises kurzgeschlossen und eine freie Strecke als besetzt gemeldet wird. Zwischen Bettungswiderstand und Ableitwiderstand besteht ein Zusammenhang durch den Nebenschluss über Erde. Beide Widerstände unterliegen unterschiedlichen Messverfahren.

Normative Vorgaben und Festlegungen zum Schutz vor Streustromkorrosion und unzulässigen Schienenspannungen enthalten (SN EN 50122-2, 2011), (SN EN 50162, 2004) und (SGK C3, 2011).

3.4 Schutz vor Gefahren aus dem Fahrstrom

Um mögliche Gefährdungen aus der Schienenspannung und der Fahrleitungsspannung und deren Verschleppung örtlich einzugrenzen, wurden

- der Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich (Zone 1) sowie
- der Handbereich (Zone 2) definiert.

3.4.1 Fahrleitungs- und Stromabnehmerbereich, Zone 1

(SN EN 50122-1, 2016) legt in Bild 2 den Fahrleitungs- und Stromabnehmerbereich allgemein fest. Die nationalen Anhänge definieren die Masse dieser Bereiche unterschiedlich.[Abb. 6] zeigt die diesbezüglichen Festlegungen der Schweiz nach (RTE 27900, 2015) S. 44,

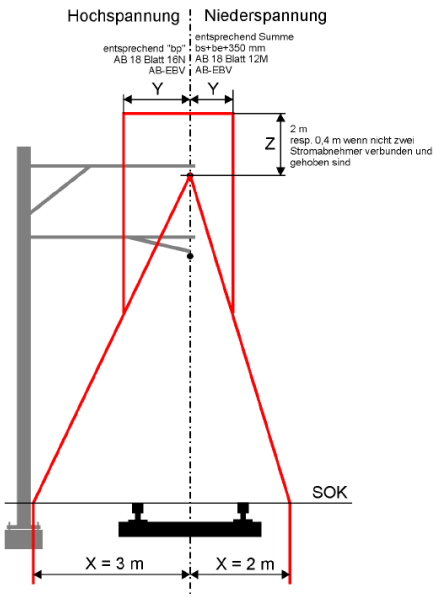


Abb. 6: Zone 1 Fahrleitungs- und Stromabnehmerbereich

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Die Kontur der Zone 1 begrenzt jenen Bereich, in den eine gerissene Fahrleitung (Oberleitungsbereich) oder ein gebrochener bzw. entgleister Stromabnehmer (Stromabnehmerbereich) aller Wahrscheinlichkeit nach gelangen kann. Tangieren Objekte diese Kontur oder befinden sich innerhalb der Kontur, so kann die Fahrleitungsspannung auf diese Objekte gelangen.

X - Halbe Basisbreite auf SOK
- X = 3.00 m Hauptbahn, Hochspannung, AC > 1'000 V, DC > 1'500 V
- X = 2.00 m Nebenbahn, Niederspannung, AC ≤ 1'000 V, DC ≤ 1'500 V

In engen Kurven ist X in Abhängigkeit vom Kurvenradius zu vergrössern.

Metallene bzw. elektrisch leitfähige Objekte bestimmter Grösse und Funktion, die die Zone 1 tangieren oder in diese hineinragen, erfordern eine unmittelbare oder mittelbare „Bahnerdung“, d.h. Verbindung mit der Rückleitung und eine automatische, sofortige Abschaltung der Fahrleitungsspannung im Fehlerfall. Für solche Objekte gibt es eine Vielzahl von Regelungen, darunter auch solche, die **keine** „Bahnerdung“ erfordern. Im Wesentlichen hängt es davon ab, welche Abmessungen diese Objekte besitzen, ob sie elektrotechnische Ausrüstungen beinhalten, welche Schutzklasse sie in Bezug auf die Fahrleitungsspannung besitzen und ob sie die Fahrleitungsspannung an weiter entfernte Orte verschleppen können.

Von einer „Bahnerdung“ kann für folgende Objekte abgesehen werden siehe (RTE 27900, 2015) wenn sie nachstehende Forderungen erfüllen:

- Kleine leitfähige Bauteile ohne elektrische Ausrüstung, L_{max} 15 m, parallel zum Gleis, horizontal, senkrecht zum Gleis L_{max} 2.00 m
- Kleine leitfähige Bauteile vorgenannter Maximalabmessungen mit elektrischer Ausrüstung, wobei die elektrische Ausrüstung eine der Fahrleitungsspannung entsprechende Schutzklasse II besitzen muss
- Leitfähige Materialien, die vorübergehend im Bereich der Gleise gelagert werden (z. B. Fahrschienen)

Derartige, nicht bahnzuerdende Objekte sind u.a. auch Signaltafeln, Schilder, Abfallkörbe, Kanalschachtdeckel (sofern deren Rahmen nicht in weiterführende Bewehrungen eingebunden ist), Schrankenaufschlagpfosten. Je nach Situation empfiehlt sich aber immer eine Detailbetrachtung.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.4.2 Schutz durch Abstand

Schutz bei indirektem Berühren zweier, unterschiedlicher Potenziale – Handabstand - Zone 2

Im Bereich von Gleichstrombahnen ist es möglich, gleichzeitig 2 metallene Objekte mit unterschiedlichem Potenzial, z. B. das Rückleitungspotenzial am Wagenkasten und das Erdpotenzial einer Bahnausstattung) zu berühren. Durch den Potenzialunterschied kann eine beeinträchtigende bzw. gefährliche Durchströmung des Menschen entstehen. Bild G 9 zeigt einen solchen Fall.

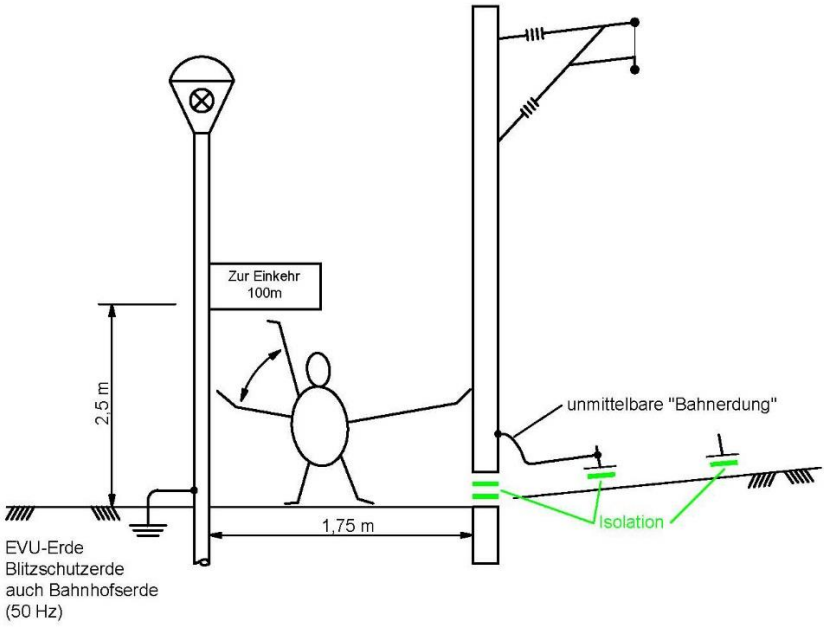


Abb. 7: Zone 2, Handbereich

Das Objekt 1 trage das Potenzial der Rückleitung der DC-Bahn, während das Objekt 2 Erdpotenzial des (fremden) Energieversorgers aufweise.
Um Gefahren zu vermeiden, muss ein Mindestabstand zwischen beiden Objekten eingehalten werden, den die Zone 2 beschreibt. In horizontaler Richtung 1.75 m, in vertikaler Richtung 2.50 m.

Schutz vor direktem Berühren

Alle Fahrleitungsspannung führende Bauteile einer elektrischen Bahn müssen gegen direktes Berühren geschützt sein. Zu diesen Bauteilen gehören

- Fahrleitung, Speiseleitungen, Umgehungsleitungen, Schalterleitungen, Stromabnehmer, dachseitige Durchverbindungen auf Zügen, Ausleger, Isolatoren

Hauptsächliche Schutzmassnahme ist der Schutz durch Abstand. In bestimmten Fällen muss der Schutz durch Barrieren erzwungen werden, z. B. durch Berührungsschutzgeländer und -wände und Berührungsschutzdächer auf und an Brücken (Strassenüberführungen), Tunnelportalen oder querenden Rohrleitungsbrücken.

(SN EN 50122-1, 2016) gibt beispielhaft notwendige Abstände und Auslegungen für die Schutzbarrieren an. Deren Dimensionierung geben landes- und betreiberspezifische Festlegungen vor.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.5 Streustromschutzmassnahmen am Rückleitungssystem von DC-Bahnen

Ziel dieser Schutzmassnahmen ist die Verhinderung der Streustromkorrosion. Eine dieser Massahmen sind Isolierungen. Die Isolierpflicht gilt für alle Objekte und Leitungen, die eine unmittelbare „Bahnerdung“ besitzen.

Dabei kommt der Montage der Fahrschienen besondere Bedeutung zu.[Abb. 8] zeigt übliche Verfahren zur Isolierung der Fahrschienen gegen Erde.

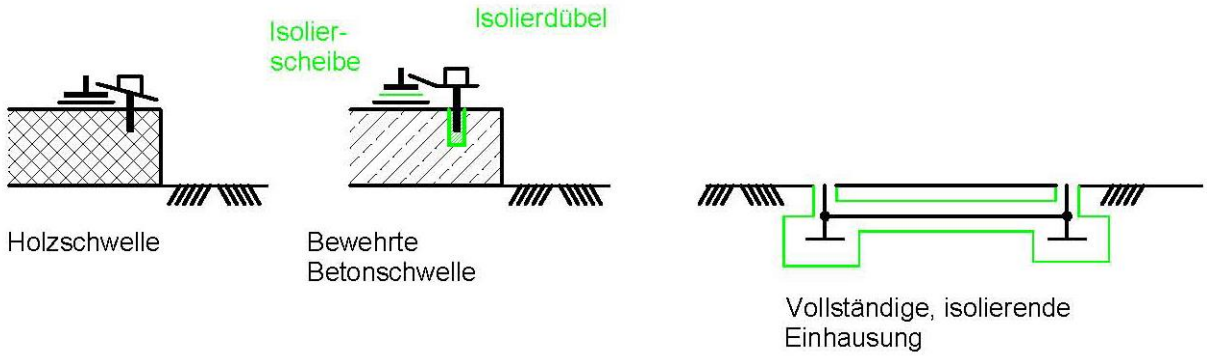


Abb. 8: Isolierung der Fahrschienen gegen Erde

Defekte Kunststoffdübel in Betonschwellen lassen sich durch Messungen ermitteln, manchmal sogar nur durch Anfassen der Schienenschrauben (spürbare Erwärmung).

3.5.1 Geräte zur mittelbaren (offenen) „Bahnerdung“

Bei der mittelbaren „Bahnerdung“ [Abb. 9] kommen Erdungskurzschliesser (EKS) / (Witt Ind. El., 2019) / und Niederspannungsbegrenzer (ABB Schweiz, 2019) zur Anwendung. Sie können auch für Einzelobjekte eingesetzt werden. In Bahnhöfen und Haltepunkten arbeiten sie zwischen Fahrschiene und Bahnhofs-, Haltepunkte-Erde (die zugleich 50 Hz-Erde und Blitzschutzerde ist). Zur Herstellung eines Potenzialausgleichs (im Fehlerfall) ist ihr Einsatz auch zwischen Mittelspannungserde 50 Hz (Fremderde) und Bahnhofserde in Abstimmung mit dem Mittelspannungsversorger möglich. Aufgabe vorgenannter Geräte ist vornehmlich der Schutz vor zu hohen Berührungsspannungen.

Geräte des Typs VLD-O (Voltage Limiting Device - Operation) schützen vor zu hohen Berührungsspannungen im Betriebsfall, dabei kommt es nicht zur Abschaltung der Fahrleitungsspannung. Der EKS ist ein Gerät des Typs VLD-O.

Geräte des Typs VLD-F (Voltage Limiting Device - Fault) schützen bei Fahrleitungs(erd)schluss, sie führen zum sofortigen Öffnen der Leistungsschalter innerhalb weniger ms und können Kurzschluss- und auch Blitzströme führen. Niederspannungsbegrenzer erfüllen in der Regel die Funktion eines VLD-F.

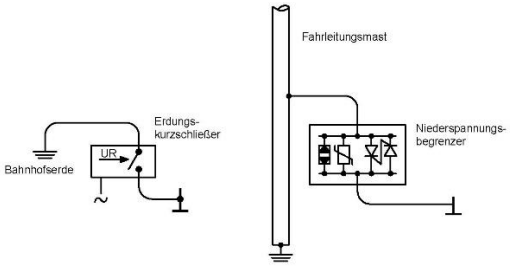


Abb. 9: Erdungskurzschliesser und Niederspannungsbegrenzer

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Erdungskurzschliesser (EKS)

EKS stellen eine Verbindung zwischen dem angeschlossenen Objekt und der **DC-Rückleitung** mittels Kontakten eines Leistungsschützes her (diese Verbindung geht dann von mittelbarer in unmittelbare „Bahnerdung“). Die Einschaltung des Leistungsschützes erfolgt in Abhängigkeit von der Schienenspannung und wird zeitlich begrenzt, um Streustromfolgen zu minimieren. EKS benötigen eine Fremdspeisung (230 V AC). Neben der Steuerelektronik enthalten sie eine Meldeelektronik zur Fernübertragung.
Erdungskurzschliesser können auch von Hand einlegbare Verbindungslaschen sein (in Anlagen für Reparatursituationen).

Spannungsbegrenzer, Niederspannungsbegrenzer

Spannungsbegrenzer, Niederspannungsbegrenzer verwenden Funkenstrecken, Varistoren und Thyristoren, auch in Kombination, zur Herstellung einer niederohmigen Verbindung zwischen einem spannungsbeaufschlagten Objekt (Schienenspannung oder Fahrleitungsspannung) und der Rückleitung. Spannungsbegrenzer, Niederspannungsbegrenzer benötigen keine Fremdspeisung und sind selbstlöschend.

3.6 Galvanische, kapazitive und induktive Beeinflussungen

Die galvanische, kapazitive und induktive Beeinflussungen auf bahneigene und bahnfremde Anlagen, insbesondere Informationsanlagen ist in [Abb. 10] dargestellt:

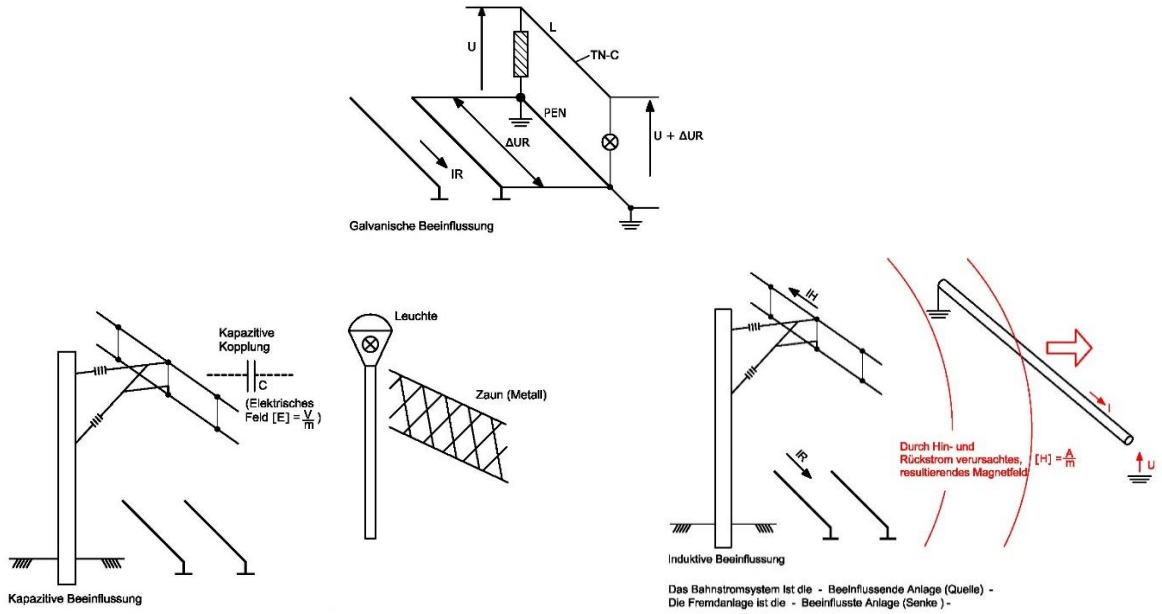


Abb. 10: Galvanische, kapazitive und induktive Beeinflussung

3.6.1 Galvanische Beeinflussung

Galvanische Beeinflussung liegt dann vor, wenn Teile des Bahnstroms (insbesondere des Rückstroms IR) in andere Stromkreise infolge metallener, leitender Verbindungen eindringen können. Die eingedrungenen Bahnstromanteile überlagern sich dem Betriebsstrom dieser Stromkreise und können zu Störungen und Beschädigungen der Kabel und angeschlossenen Geräte führen. Beachtung ist PE-Leitern zu widmen, sie sind zwar nicht Teile des Betriebsstromkreises, aber ihre Beschädigung durch eingedrungene Bahnstromanteile kann deren Schutzfunktion aufheben. Bei PEN-Leitern wird der durch den Bahnstromanteil erzeugte Spannungsfall zur Betriebsspannung addiert / subtrahiert!

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.6.2 Kapazitive Beeinflussungen

Kapazitive Beeinflussungen (Ursache Influenz, Fahrleitungsspannung) auf benachbarte Anlagen sind unkritisch, wenn die betroffenen Objekte dieser Anlagen erdfühlig oder sogar geerdet sind. Durch die hohe innere Impedanz der kapazitiven Quelle ist eine „Abschirmung“ leicht möglich.

3.6.3 Induktive Beeinflussung

Induktive Beeinflussung geht bei 16.7/50 Hz-Anlagen sowohl vom Betriebsstrom als auch vom Kurzschlussstrom aus. Bei Gleichstromanlagen führt der Kurzschluss als schnelle, zeitabhängige Stromänderung auch zu induktiven Beeinflussungen. Von der induktiven Beeinflussung betroffen sind insbesondere lange, parallel zur Bahnachse liegende, leitfähige Objekte (Kabel, Leitungen, Rohrleitungen, aber auch metallene Zäune, Geländer und Leitplanken). Die Zone der induktiven Beeinflussung [Abb. 11] erstreckt sich auf mehrere hundert Meter senkrecht zur Bahnachse. Kritische, d. h. gefährliche Beeinflussungen können etwa bis zu 30 m senkrecht zur Bahnachse auftreten und zu unzulässigen Berührungsspannungen, Störungen und Zerstörungen in informationstechnischen Anlagen führen.
Als Schutzmassnahmen dienen Erdungen und bei informationstechnischen Kabeln und Leitungen – geerdete Abschirmungen (sogenannten Reduktionsfaktorkabel).

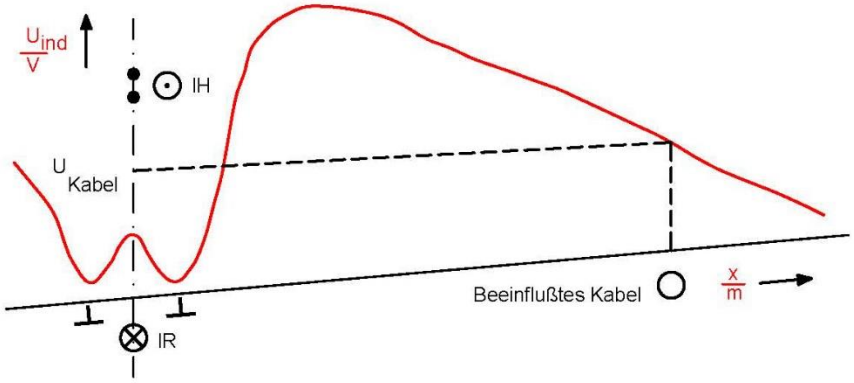


Abb. 11: Zone der induktiven Beeinflussung

3.7 Blitzschutz

3.7.1 Gewitter

Gewitter entstehen durch Ladungstrennungen zwischen Wolken und Erde (oder auch zwischen Wolken). Dabei bildet sich ein Kondensator, der sich ab einer gewissen Feldstärke E entlädt. In Gewitterzonen erreicht diese Feldstärke Werte E > 25 kV/m. Im Entladungsfall können 3 Vorgänge auftreten:

- Direkter Blitzeinschlag in ein Objekt mit Blitzströmen > 100 kA
- Indirekter Blitzeinschlag in benachbarte Objekte
- Überspannungen durch Induktion auf linienförmigen Leitern. Ursache ist das Magnetfeld des Blitzstroms

3.7.2 Blitzschutzelemente

Der Blitzschutz ist eine Kombination folgender Elemente [Abb. 12]:

- Blitzfangeinrichtung
- Blitzableitung
- Blitzschutzpotenzialausgleich

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

- Blitzschutzerdung
- Überspannungsschutz

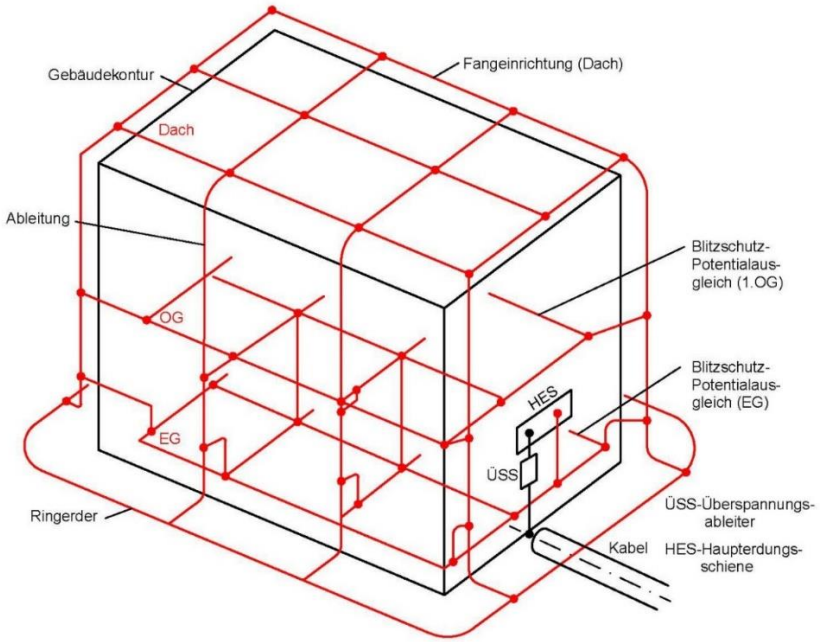


Abb. 12: Blitzschutz

3.7.3 Vorgaben zum Blitzschutz

Normative Vorgaben zum Blitzschutz enthält (SN EN 62305-1, 2011), praktische Lösungen in (Dehn, 2017). Mit einer Blitzschutz-Risikoanalyse wird die Schutzbedürftigkeit eines Objekts und die erforderliche Blitzschutzklasse (BSK I – IV) bestimmt. Aus der Blitzschutzklasse leiten sich die auszuführenden Massnahmen nach [Kap. 3.7.2] ab.

BSK	I	II	III	IV	Bemerkung
Blitzkugel-Radius (m)	20	30	45	60	
Maschenweite Fangeinrichtungen (m)	5x5	10x10	15x15	20x20	
Ableitungsabstand (m)	10	10	15	20	Typisch
Raster Fundamenterder (m)	10	10	15	20	
Einfangwahrscheinlichkeit (%)	99	97	91	84	
Scheitelwert Erstblitz 10/350µs (kA)	200	150	100	100	
Mittlere Steilheit di/dt (kA/µs)	200	150	100	100	
Impulsladung Langzeitstrom (C)	200	150	100	100	

Tabelle 2: Blitzschutzklassen

3.7.4 Blitzschutz in Bahnanlagen

Das Fahrleitungsnetz und die Rückleitung (Fahrschienen) wird durch Ventilableiter (eine Kombination von Funkenstrecken und Varistoren) in den Schaltanlagen und Einspeisestellen geschützt.
Ortsfeste Anlagen (Bahnhöfe, Haltepunkte, Unterwerke, Depots und Werkstätten) erhalten eigene Blitzschutzanlagen. Die Blitzschutzklasse ergibt sich aus einer Blitzschutz-Risikoanalyse.

Empfohlen wird für wichtige Objekte, z. B. Stellwerke, die BSK I.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Bahnhöfe und Haltepunkte sollten mindestens die Forderungen der BSK III erfüllen.

Der direkte Anschluss von Elementen des Gebäudeblitzschutzes an die Fahrschienen (sie sind bei AC-Bahnen geerdet, bei DC-Bahnen über die Ableitwiderstände erdfühlig) ist **nicht** gestattet.

3.8 Gemeinschafts-Parallelbetrieb

Gemeinschafts-Parallelbetrieb liegt vor, wenn:

- **AC- und DC-Bahnen in einer gemeinsamen Trasse** betrieben werden

  Kann dabei die eine Bahn in den Oberleitungsbereich der anderen Bahn gelangen, so sind zwischen die beiden Rückleitungssysteme (Fahrschienen) Spannungsdurchschlagssicherungen (SDS) einzubauen.

  Das Leitsystem der DC-Bahn (LST) ist auf mögliche induktive Beeinflussung durch die AC-Bahn zu untersuchen.

  Bei langen Parallelführungen beider Bahnen besteht die Möglichkeit, dass durch induktive Kopplung (aus der AC-Bahn) Wechselstrom in das Fahrstromsystem der DC-Bahn eindringt und die Wechselstromüberwachung der Züge zum Ansprechen bringt. In diesem Fall ist durch Rückleitungsseile auf der AC-Bahn die Kopplung zu verringern.

- **AC-Bahn und DC-Bahn in einer ortsfesten Anlage** (z. B. Bahnhof)

  zusammengeführt werden. Das Rückleitungssystem der AC-Bahn ist mit der Erdungsanlage des ortsfesten Objekts zu verbinden. Für die DC-Bahn gilt die Isolierung des Rückleitungssystems. Zu beachten sind Handbereiche und Fahrleitungsbereiche zwischen beiden Bahnen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4 Kenngrössen und normative Grenzwerte zur Gleichstromtraktion

4.1 Fahrleitungsanlagen

Fahrdraht	Material	Querschnitt mm²	Widerstand R in Ω/km
Ri 107	Cu	107	0.177
CUAG 100	CuAG	100	0.183
CUMG 100	CuMG	100	0.183
Verbund-Strom-schiene	Fe / Al	5’100	0.0069
Deckenstrom-schiene	Al / Cu	2’100 (Profil) 100 (Fahrdr.)	
Tragseil	Cu	95 und 120	
Seil	Al / St	185 / 22	0.158
Seil	Al / St	240 / 40	0.121

Tabelle 3: Kenndaten zu Fahrleitungsanlagen

Für die Fahrdrähte werden verschiedene Kupfer-Legierungen angeboten:

- Cu-ETP reines Kupfer
- CuAG 0.1 % Kupfer-Legierung mit 0.1 % Silberanteil
- CuSn 0.2 % Kupfer-Legierung mit 0.2 % Zinnanteil
- CuMg 0.02 % Kupfer-Legierung mit 0.02 % Magnesiumanteil (Elcorim light)

Die elektrische Leitfähigkeit nimmt mit zunehmendem Legierungsanteil ab, während die mechanische Festigkeit (Zugfestigkeit) zunimmt.

4.2 Fahrschienen

Typ	Widerstand R in Ω/km
46 E1	0.019
49 E1	0.018
54 E2	0.017
60 R2	0.015

Tabelle 4: Kenngrössen zu Fahrschienen

4.3 Ableitbeläge

Zur Ableitung (des Streustroms) wird gewöhnlich der Ableitbelag G`A (auch Y`A) angegeben. Der Kehrwert davon ist der Widerstandsbelag R`A.

Material	G’A S/km	R’A in Ω/km
Holz-/ Betonschwelle	0.02 - 0.04	50 - 25
Schotterbettung	0.5 - 1.0	2 - 1
Feste Fahrbahn	0.01	100
Geschlossener Oberbau (vollständig isolierende Ein-hausung (Rasengleis))	0.0003	3’300

Tabelle 5: Kenngrössen Ableitbeläge

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

(SN EN 50122-2, 2011) gibt zulässige Ableitbeläge (0.5 ≤ G`A ≤ 2.5) S/km für eingleisige Strecken oder $I`_{max}$ = 2.5 mA/m, den pro Meter aus den Fahrschienen austretender Strom (als Mittelwert über 24 h) pro Gleis an. Diese Angaben gelten für den Streustromschutz und den Korrosionsschutz der Fahrschienen.
Das heisst jedoch nicht, dass parallele, erdverlegte Metallrohre oder Bewehrungen nicht streustromgefährdet sind. Über die reale Situation geben nur Messungen (SN EN 50122-2, 2011) und (SGK C3, 2011) Aufschluss. Anzustreben ist bei zweigleisigen Gleichstrombahnen ein Ableitbelag G`A ≤ 0.1 S/km.

4.4 Elektromagnetische Felder

Die Immissionsgrenzwerte der elektrischen Feldstärke, der magnetischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte betragen gemäss (NISV 814.710 , 2016):

Frequenz [Hz]	E-Feld [V/m]	H-Feld [A/m]	B-Feld [µT]
> 1	-	3’200	4’020
50	5	80	100
50 Mittelwert 24 h			1

Tabelle 6: Immissionsgrenzwerte

4.5 Berührungs- und Körperspannungen, zulässige Werte

4.5.1 VLD-O und VLD-F

Die Berührungsspannung UB ist im **ungestörten (Operation)** Betrieb identisch mit der Schienenspannung UR, also der Spannung zwischen dem Rückleitungssystem und damit verbundenen Objekten (z. B. Wagenkasten) und der örtlichen Erde. Es handelt sich hierbei im Prinzip um indirektes Berühren.

Gelangt jedoch Fahrleitungsspannung UF auf ein berührbares Objekt, so liegt ein **Fehlerfall (Fault)** mit direktem Berühren und ungleich höheren Berührungsspannungen UB vor.

Im Fall **Operation** ist als Schutzmassnahme eine Spannungsbegrenzungseinrichtung des Typs **VLD-O** (Voltage Limiting Device Operation) erforderlich, im Fall **Fault** ein solches des Typs **VLD-F**.

VLD-O und VLD-F unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Ansprechspannung als auch der Strombelastbarkeit. VLD-O entspricht dem schon erwähnten Erdungskurzschliesser, während Niederspannungs-Begrenzungseinrichtungen eher vom Typ VLD-F sind. Auch die Einschaltzeiten unterscheiden sich. Beide fungieren als Schalter mit minimalem Durchgangswiderstand im eingeschalteten Zustand.

Charakteristika von VLD-O:

- Ansprechspannung U ≤ 120 V (möglichst einstellbar)
- Einschaltzeit t - Millisekunden bis Minuten (für die Zeitdauer zu hoher Berührungsspannung im operativen Fall)
- Strombelastbarkeit I ≤ 1 kA, aber auch mehrere kA

Charakteristika von VLD-F:

- Ansprechspannung U ≤ 120 V
- Einschaltzeit t – Millisekunden, bis zur Abschaltung des Fehlers
- Strombelastbarkeit I bis 40 kA (Kurzschluss)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

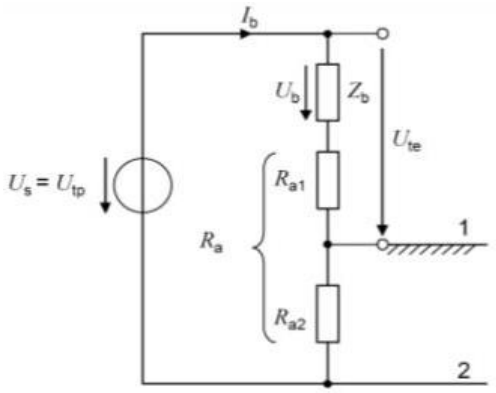
Die Zuordnungen von Niederspannungsbegrenzer, EKS und VLD-O, VLD-F sind nicht eindeutig. Beispielsweise kann der HVL-120/03 / (ABB Schweiz, 2019)/ sowohl als VLD-O als auch als VLD-F betrieben werden (Kurzschluss mittels antiparalleler Thyristoren). Der EKS (Witt Ind. El., 2019) kann aber nur als VLD-O eingesetzt werden, da das kurzschliessende Schütz maximal 800 A als Dauerstrom trägt.

4.5.2 Berührungsspannung und Körperspannung

(SN EN 50122-1, 2016) unterscheiden im Berührungsfall zwei Spannungen.
In [Abb. 13] entspricht die Berührungsspannung der Spannung zwischen dem berührten Objekt (Ute) und der Standfläche.
Über dem Körper (Mensch oder Tier) fällt jedoch eine geringere Spannung, in [Abb. 13] – Ub, ab, weil die Durchströmung des Körpers mit dem Körperstrom Ib einen Spannungsteiler mit folgenden Widerständen durchläuft:

- Hautwiderstand, wird vernachlässigt, da er bereits bei geringen Spannungen durchbricht
- Körperwiderstand Zb, wird allgemein mit 1 kΩ angenommen, in verschiedenen Quellen aber auch nur 300 Ω (Tiere, Kinder)
- Schuhwiderstand Ra1, in der Literatur widersprüchlich, nasse Schuhe (?), Lederschuhe sollen keinen Widerstand aufweisen, barfuss?
- Widerstand der Standfläche aus nichtleitendem Material Ra2, z. B. Bahnsteigdecke mit Naturstein, Asphalt; auch hier ist ein definierter Widerstand weder bauseitig noch während der Nutzungsdauer (Wasser, Streusalz) gewährleistet.

Die Unterscheidung zwischen unbeeinflusster Berührungsspannung Utp und Berührungsspannung Ute ist wegen des undefinierten Standortwiderstand Ra2 mehr theoretisch, der Standortwiderstand lässt sich zwar temporär messen aber nicht langzeitig garantieren. In [Abb. 13] fehlt das Erdsymbol.



Legende

1	Standfläche
2	Erde
U_s	Quellenspannung
U_{tp}	unbeeinflusste Berührungsspannung
U_{te}	Berührungsspannung
U_b	Körperspannung
I_b	Körperstrom
Z_b	Gesamt-Körperimpedanz
R_{a1}	zusätzlicher Widerstand für Schuhe
R_{a2}	zusätzlicher Widerstand der Standfläche
$R_{a2} = \rho_s \times 1{,}5\ m^{-1}$	
ρ_s	spezifischer Widerstand der Standfläche [in Ωm]

$U_{tp,\,max}(t) = U_{te,\,max}(t) + I_b(t) \times R_{a2}$

Abb. 13: Berührungsspannung und Körperspannung

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Höchstzulässige Körperspannungen

In [Tabelle 7] sind höchstzulässige Körperspannungen bei Gleichstrombahnen und in [Tabelle 8] bei Wechselstrombahnen nach (SN EN 50122-1, 2016) angegeben.

Zeitdauer [s]	Zulässige Körperspannung $U_{b\ max}$ [VDC]
> 300	120
300	150
1	160
0.9	165
0.8	170
0.7	175
0.6	180
0.5	190
0.4	205
0.3	220
0.2	245
0.1	285
0.05	325
0.02	370

Tabelle 7: Zulässige Körperspannung bei Gleichstrombahnen

Zeitdauer [s]	Zulässige Körperspannung Ub max [VAC]
> 300	60
300	65
1	75
0.9	80
0.8	85
0.7	90
0.6	100
0.5	120
0.4	150
0.3	230
0.2	295
0.1	345
0.05	360
0.02	370

Tabelle 8: Zulässige Körperspannung bei Wechselstrombahnen

(SN EN 50122-1, 2016) enthält Angaben zu höchstzulässigen Berührungsspannungen in Abhängigkeit von der Fehlerdauer **(Fault)**, die zur Anwendung des Schutzgerätes **VLD-F** zwingen. Im Bahnbetrieb (DC und AC) übliche Abschaltzeiten liegen unter 100 ms.

Zweckmässige Festlegungen für die Grenzwerte der Körperspannungen

(RTE 27900, 2015) S. 38 gibt unter Bezug auf NIN und NIV als höchstzulässige, dauernd anstehende Berührungsspannungen an:

- AC 50 V
- DC 120 V

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Langjährige praktische Erfahrungen zeigen jedoch, dass höchste, dauernd anstehende Berührungsspannungen sowohl bei AC als auch bei DC 50 V nicht überschreiten sollten, um beeinträchtigende Körperdurchströmungen zu vermeiden. Diese Empfehlung berücksichtigt auch die Unwägbarkeiten der durchströmten Widerstände gemäss [Kap.: (4.5.2)]. Siehe auch die in (RTE 27900, 2015) durchgeführte Berechnung und Wertung der Körperströme.

Zulässige, dauernd anstehende Körperspannungen in Depots und Werkstätten

Gemäss (SN EN 50122-1, 2016) sind die herabgesetzten Werte für Körperspannungen in Werkstätten unter Berücksichtigung der Verletzungsgefahr für Personen aufgrund unkontrollierter Reaktionen verursacht durch Berührungsspannungen während der Arbeit ausgewählt:

- AC 25 V
- DC 60 V

Diese reduzierten Werte unterstützen die vorgenannte Empfehlung, denn es ist nicht zu begründen, warum dem Betriebspersonal und den Fahrgästen auf der Strecke höhere Werte zugemutet werden sollen.

Überlagerte Berührungsspannungen

(SN EN 50122-3, 2010) informiert über zulässige überlagerte Berührungsspannungen. Solche Überlagerungen der DC-Anlage können sowohl galvanischer als auch induktiver Art sein und aus 16.7 Hz- und aus 50 Hz-Anlagen stammen. Das Erdungskonzept und Beeinflussungsberechnungen lassen solche Überlagerungen erkennen und entsprechende Gegenmassnahmen treffen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5 Netze und Erdungen

5.1 Hochspannungsnetze

Hochspannungsnetze (> 110 kV) arbeiten mit starrer Sternpunkterdung. Die relativ geringen Ströme sind im Kurzschlussfall und im Fall des Erdkurzschlusses schutztechnisch gut beherrschbar. Im Fehlerfall erfolgt die sofortige Abschaltung innerhalb weniger Millisekunden.

5.2 Mittelspannungsnetze

Mittelspannungsnetze (3 kV bis 63 kV) arbeiten mit verschiedenen Arten der Sternpunkterdung auf der Speiseseite:

- RESPE, Resonanzsternpunkterdung mittels Petersen-Spulen, hierbei wird die Resonanz der Kapazität des Leitungsnetzes mit der Induktivität der Petersen-Spule genutzt, um den Erdschlussstrom zu begrenzen. Dadurch könne RESPE-Netze auch im Erdschlussfall weiter betrieben werden, allerdings kommt es dabei zu Sternpunktverschiebungen, welche die Phasenspannung der gesunden Phasen über die Nennspannung erhöht. Diese Sternpunktverschiebung ist bei der Isolation zu beachten. Erdschlussfehler sollten deshalb innerhalb einer Stunde beseitigt werden.
- NOSPE, Niederohmige Sternpunkterdung mittels Widerständen, Drosseln oder auch in Kombination beider. Im Erdschlussfall kommt es zur Abschaltung. Die Widerstände und Drosseln dienen zur Strombegrenzung und zu Fehlerortung.
- Neuerdings wird auch bei Mittelspannungsnetzen die starre Sternpunkterdung angewendet.
- Netz mit isoliertem Sternpunkt

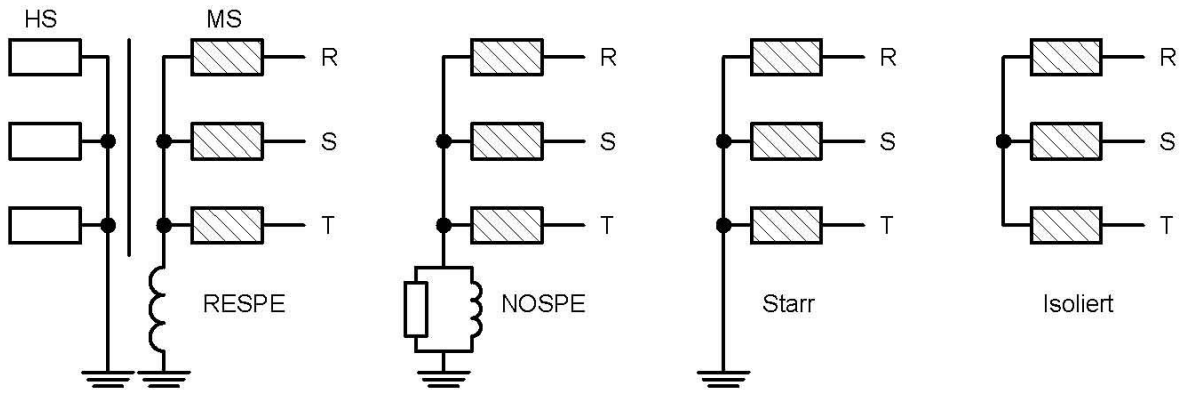


Abb. 14: Erdungsverhältnisse von Mittelspannungsnetzen

Mittelspannungskabel (meist Einleiterkabel) führen einen Mittelspannungs-PE in Form eines Kupfergeflechts mit. Dieser M-PE wird an der Speisequelle geerdet. Für die Erdung dieses M-PE auf der Abnehmerseite gibt es 3 Möglichkeiten, wobei der ankommende M-PE grundsätzlich zuerst auf eine isolierte Schiene zu legen ist:

- Erdung beim Abnehmer, die 2-seitige Erdung des M-PE kann zur Strombelastung des M-PE führen (durch Wirbelströme und Fremdströme), deshalb sollte die 2-seitige Erdung nur bei Kabeln ausgeführt werden, die nicht an der Belastungsgrenze arbeiten.
- Isolation des M-PE beim Abnehmer, Auflegung auf eine gegen Erde isolierte Schiene (für Messzwecke und für Erdung im Reparaturfall).

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

- Verbindung des M-PE über einen Erdungskurzschliesser (EKS) mit der Erdungsanlage des Abnehmers. Der EKS schliesst bei zu hoher Spannungsdifferenz zwischen M-PE und Erdungsanlage, welche sowohl durch Fehler auf der Mittelspannungsseite als auch in der (Niederspannungs-) Anlage des Abnehmers auftreten und zu unzulässigen Berührungsspannungen führen könnten. Als EKS kann auch kann auch eine einlegbare Lasche zwischen der isolierte M-PE-Schiene und der nichtisolierten Erdungsschiene des Gebäudes dienen.

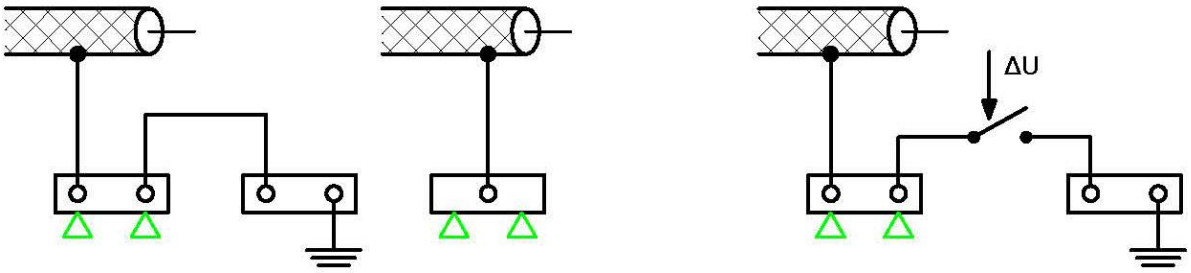


Abb. 15: Behandlung des Mittelspannung - PE in der Abnehmeranlage

Auf jeden Fall sind die Erdungsmassnahmen von Mittelspannungskabeln im Einvernehmen mit dem Energieversorger festzulegen.
Mittelspannungskabel werden heute meist als Einleiterkabel ausgelegt. Zur Vermeidung grosser, induktiv koppelnder Schleifen (EMV) sind diese Einleiterkabel möglichst im 3-er Bündel zu verlegen [Abb. 16].

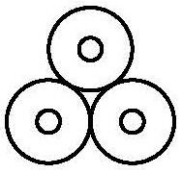


Abb. 16: EMV-gerechte Bündelung von Einleiterkabeln

Zur Erdung in Netzen mit Spannungen > 1'000 V AC siehe auch (SN EN 50522, 2011).

5.3 Niederspannungsnetze

Niederspannungsnetze (230 V / 400 V, 50 Hz) können nachfolgend beschriebene Netzformen aufweisen:

5.3.1 TN-S-Netze (Terre Neutre Separe)

Der Schutzleiter PE hat nur eine (punktförmige) Verbindung (ZEV, ZEP) mit dem Betriebsstromkreis (L, N). Der N-Leiter ist wie ein Phasenleiter zu behandeln (isoliert, da stromführend, mit entsprechender Farbe).

Diese Netzform hat folgende Vorteile:

- Der Schutzleiter PE führt im Betriebsfall keinen Strom.
- Es können keine fremden Ströme in den Betriebsstromkreis eindringen, induktive Einkopplungen erfolgen im Gleichtakt (jeder Leiter L, N wird auf das gleiche Potenzial angehoben), dadurch entstehen keine Gegentakt-Differenzspannungen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

- Da Hin- und Rückstrom in dicht beieinanderliegenden Leitern innerhalb des Kabels verlaufen, entstehen nur geringe Koppelschleifen, die dazu noch durch den „Schlag“, d. h. Lageveränderung der Leiter im Kabel („Verdrillung“), verringert werden.
- Die Zentrale Erdungsverbindung (ZEV oder Zentraler Erdungspunkt ZEP) lässt sich mit Differenzstromrelais (Bender, 2019) auf Fehler (2. Erdverbindung von L oder N) überwachen. Das Differenzstromrelais dient nur zur Information, es darf **nicht** zur Abschaltung einer Anlage (wie RCD) verwendet werden.
- Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter, RCD) lassen sich im TN-S-Netz immer anwenden. RCD gibt es mit Ansprechfehlerströmen zwischen 0.01 A und 1.0 A. Für den Personenschutz (z. B. Steckdosen) sind 0.03 A (30 mA) RCD’s zu verwenden, für den Anlagenschutz (Brandschutz) solche mit 0.3 A.
- Im Betriebsfall leitet das TN-S-Netz keine Streuströme (vagabundierende Ströme) in das Potenzialausgleichsnetz und das Erdreich.

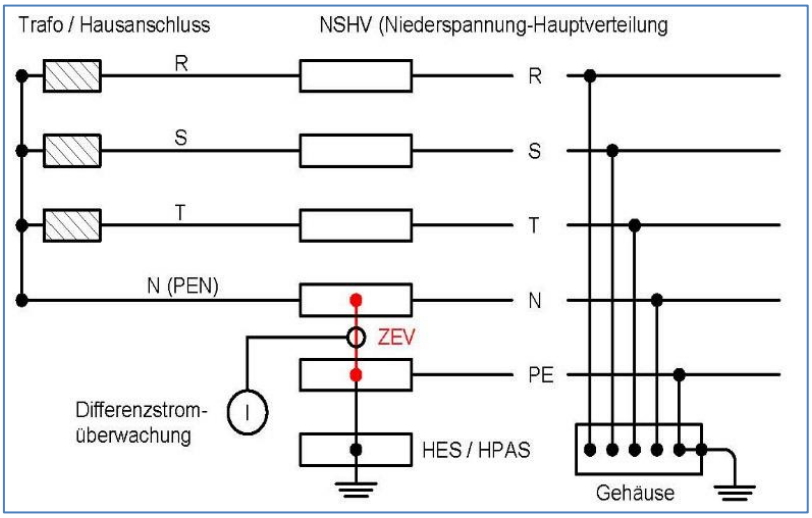


Abb. 17: TN-S-Netz mit Differenzstromüberwachung

Zu den Vorteilen des TN-S-Netzes siehe auch (Mathys, 2012). Für Anlagen, die bedeutende informationstechnische Betriebsmittel enthalten schreibt (SN EN 50310, 2016) das TN-S-Netz zwingend vor und empfiehlt, in Bestandsanlagen TN-C-Netze nicht beizubehalten, d. h. Umrüstung auf TN-S. TN-S ist ab Einspeisung in die Anlage, besser noch ab speisenden Transformator auszuführen. In der Fachliteratur wird das TN-S-Netz oft mit geerdetem Sternpunkt des Transformators [Abb. 18] dargestellt. Diese Ausführung ist nicht zweckmässig, besser ist, die ZEV in die Niederspannungshauptverteilung zu legen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Niederspannungsnetze in Bahnanlagen sollten immer in der Form TN-S ausgeführt werden.

Das Schutzprinzip des TN-S-Netzes wird auch als „stromlose Nullung“ bezeichnet.

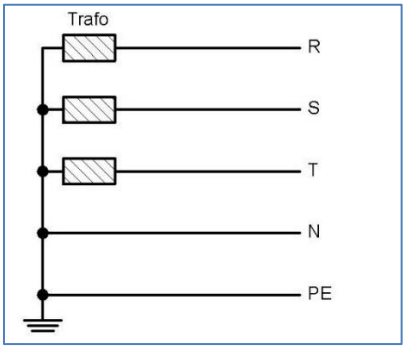


Abb. 18: Unzweckmässige Ausführung eines TN-S-Netzes

5.3.2 TN-C-Netze (Terre Neutre Combine)

TN-C-Netze („stromführende Nullung“) sind häufig noch in Bestandsanlagen und in Ortsnetzen anzutreffen. Die Funktion des Rückleiters (N) wird hier mit der Funktion eines Schutzleiters (PE) in einem einzigen Leiter (PEN) zusammengeführt. Der PEN-Leiter ist sowohl in der Speisequelle als auch in der Abnehmeranlage (mindestens beidseitig, besser mehrfach) zu erden.

Dadurch fliesst Betriebsstrom nicht nur im PEN-Leiter sondern, auch im Potenzialausgleichsnetz und Erde zurück mit folgenden Nachteilen:

- In den Betriebsstromkreis können Fremdströme ein- und Betriebsmittel zusätzlich durchfliessen. Auch Blitzteilströme können in den Betriebsstromkreis galvanisch eingekoppelt werden.
- Durch die mehrfache Erdung gelangen Streuströme (Teile des Betriebsstroms) als vagabundierende Ströme in das Erdreich.
- Da anteilige Rückströme auch in Erde fliessen, ist die enge Kopplung an die Hinströme nicht mehr gegeben. Es entstehen grosse Induktionsschleifen. Induktiv eingekoppelte Spannungen führen zu Differenzspannungen zwischen den Leitern.
- Die Anwendung von RCDs in TN-C-Netzen ist **nicht** gestattet (obwohl man in der Fachliteratur derartige Vorschläge findet).
- Insgesamt sind TN-C-Netze **nicht** als elektromagnetisch verträglich zu bewerten.

Wenn möglich, sollten TN-C-Netze auf TN-S umgerüstet werden.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

TN-C-Netze haben zwei (historische) Gründe. Zum einen gelingt es, durch die vielfache Erdung (örtliche Erde) Berührungsspannungen zu reduzieren, zum anderen vermindert der zusätzliche Rückstromweg über Erde die Netzimpedanz und erleichtert das Ansprechen von Überstrom-schutzgeräten (insbesondere in ausgedehnten Netzen).

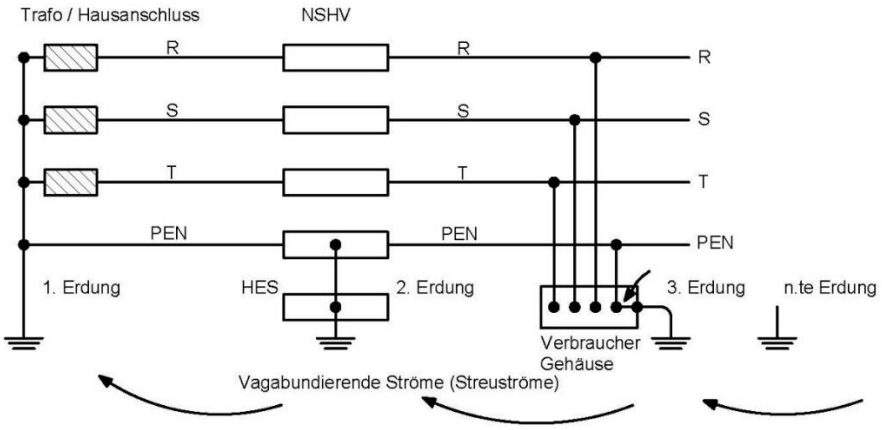


Abb. 19 TN-C-Netz mit vagabundierenden Strömen

Im Prinzip entspricht das Bahnstromsystem einer Wechselstrombahn dem TN-C-Netz, während das Bahnstromsystem einer Gleichstrombahn wegen der Isolierung der Fahrschienen eher einem unsymmetrischen (wegen der begrenzten Isolierfähigkeit) IT-Netz gleichkommt.

5.3.3 TN-C-S Netze (Bild G 24)

Beim TN-C-S-Netz ist die Speiseseite als TN-C und sind Teile der Abnehmeranlage als TN-S ausgeführt. Derartige Netzkonfiguration sind auch heute noch für Neuerrichtungen zugelassen, aber wegen der Nachteile der TN-C-Seite eigentlich abzulehnen.

Sie sind jedoch bei Verbraucheranlagen infolge der TN-C-Versorgung durch das EW der Normalfall.

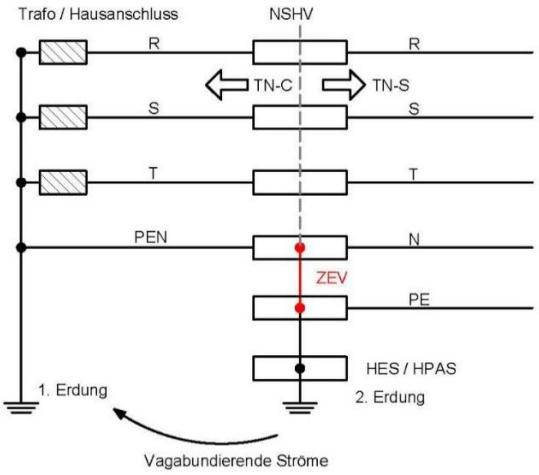


Abb. 20: TN-C-S-Netz

5.3.4 TT-Netze (Terre Terre)

Bei TT-Netzen wird die Speisequelle starr geerdet und der Strom über die Leiter L und N dem Verbraucher zugeführt. Die metallenen Gehäuse der Verbraucher besitzen eine eigene Erdung. Gelangt Leiterspannung durch einen Fehler auf das Gehäuse (Berührungsgefährdung, indirekte

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Berührung), wird der Fehlerstrom über die Erde zur Speisequelle zurückgeführt und lässt die Schutzeinrichtungen ansprechen.

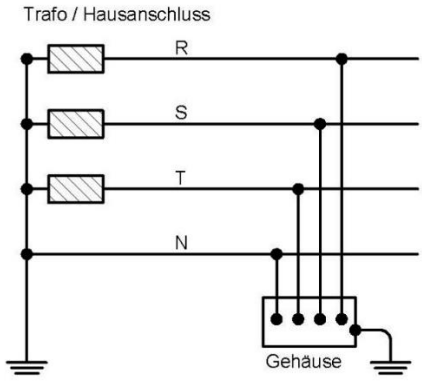


Abb. 21: TT-Netz

Bei der Bemessung der Überstromschutzeinrichtung sind die Erdungswiderstände zu berücksichtigen, zu hohe Erdungswiderstände können zu einer Nicht- oder unzulässig verzögerten Auslösung von Sicherungen und Leitungsschutzschaltern führen.
Fehlerstromschutzschalter sind auch nur bei entsprechend nachgewiesenen Erdungsverhältnissen einsetzbar.
TT-Netze kommen dann zur Anwendung, wenn sich beispielsweise Gehäuse oder metallene Halterungen von elektrischen Betriebsmitteln im Rissbereich einer Oberleitung befinden. Im Kabel oft mitgeführte PE-Leiter sind im Betriebsmittel isoliert zu verwahren.

5.3.5 IT-Netze (Isolee Terre)

Im IT-Netz wird kein Leiter geerdet. Im Betriebsfall liegen an Hin- und Rückleiter jeweils die halbe Speisespannung, aber mit entgegengesetzten Vorzeichen an. Die „Mitten“ von Quelle und Verbraucher nehmen das Potenzial φ = 0 V an.

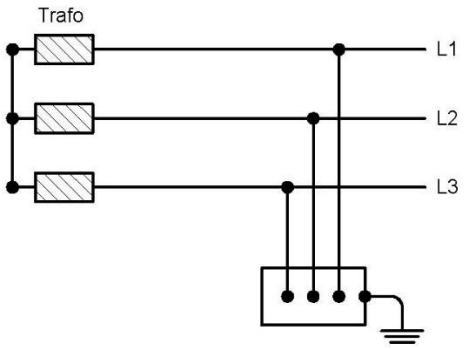


Abb. 22: IT-Netz

Im Fehlerfall (Betriebsspannung gelangt auf das metallene, berührbare, geerdete Gehäuse) nehmen Gehäuse und fehlerbehafteter Leiter das Erdpotenzial an. Der fehlerfreie Leiter geht von halber Speisespannung auf volle Speisespannung. Die Anlage kann weiter betrieben werden, der Berührungsschutz ist gewährleistet. Auch bei direkter Berührung eines Leiters im IT-Netz ist der Berührungsschutz gewährleistet, da dieser Leiter sofort auf Erdpotenzial springt. Es fliesst ein geringer, kapazitiver Körperstrom (infolge der Erdkapazität des nicht berührten Leiters), der aber bei langen Leitungen gefährlich werden kann.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

IT-Netze werden vornehmlich dort eingesetzt, wo eine Berührung aktiver Teile möglich ist, aber nicht zur Abschaltung führen darf (z. B. in der Medizintechnik, bei der Marine und bei Tunnel-Elektranten).
Da sich Fehlerstromschutzschalter in IT-Netzen nur schwierig anwenden lassen, kommen hier vornehmlich Isolations-Überwachungsgeräte zum Einsatz.
Alternative zum IT-Netz ist die Verwendung von Schutzkleinspannungen.
Die praktische Anwendung der Niederspannungs-Netzformen bei Gleichstrombahnen wird in den Details (Anhang 1 - 7) näher beschrieben.

5.4 Informationstechnische Netze

Informationstechnische Netze (z. B. LST) werden heute in der Regel zweidrähtig-erdfrei oder als LWL ausgeführt. Dadurch ist eine galvanische Einkopplung von Fremdströmen in die Betriebsstromkreise (die Fremdströme würden die Signalpegel störend überlagern) nicht möglich. Möglich ist aber die induktive Einkopplung von Störungen in zweidrähtige-erdfreie informationstechnische Netze. Ursache ist hierfür das von einer Fremdanlage ausgehende magnetische Feld. Solche Störungen äussern sich als gefährliche Längsspannungen auf den Signaladern und als Querspannungen zwischen beiden Signaladern. Die entstehende Querspannung hängt proportional von der vor allem kapazitiven Asymmetrie der Signaladern ab.

Schutz vor induktiver Beeinflussung von informationstechnischen Netzen ist durch Metallmäntel und Schirme der eingesetzten Kabel möglich. Die Erdung der Mäntel und Schirme darf bei zwei- oder mehrfacher Erdung des Metallmantels nicht an den DC-Fahrschienen erfolgen (Gefahr durch Überlastung mit anteiligem Rückstrom).
Vielfach wird auf die zwei- oder mehrfache Erdung des Kabelmantels verzichtet und nur die einseitige Erdung (meist an der Quelle) angewandt. Dadurch wird eine statische Schirmung (gegen das elektrische Feld) erreicht, nicht jedoch eine Reduzierung der induktiven Beeinflussung.

Bei Gleichstrombahnen ist eine gefährliche induktive Beeinflussung durch den Betriebsstrom nicht zu erwarten. Im Kurzschlussfall (bedingt durch die sehr schnelle zeitliche Änderung des Stroms) kann es jedoch zu einer unzulässigen Beeinflussung informationstechnischer Netze kommen. Dieser Fall sollte durch Beeinflussungsberechnungen abgeklärt werden.

Eine einseitige Erdung der Metallmäntel und Schirme informationstechnischer Kabel bietet nur einen Schutz gegen elektrische Felder, nicht jedoch gegen magnetische Felder.

Vorsicht ist beim Einsatz einfacher Koaxialkabel geboten. Hier ist der geerdete „Schirm“ eigentlich kein Schirm, sondern der koaxiale Rückleiter und damit Bestandteil des Signalstromkreises. Das Signal wird störanfällig in Bezug auf galvanisch und induktiv eingekoppelte Störungen. Besser sind Koaxialkabel mit doppeltem Schirm, wobei der innere Schirm erdfrei den Signalstrom führt und der äussere, geerdete Schirm den Beeinflussungsschutz sicherstellt.

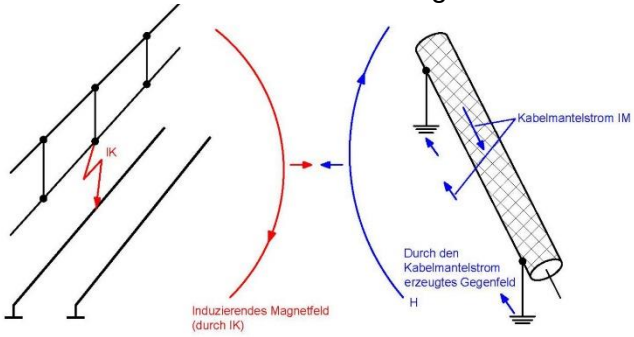


Abb. 23: Magnetfeldkompensation in Kabelmantel

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

6 Abkürzungsverzeichnis

AA	**A**ussen**a**nlage
Abb.	**Abb**ildung
AB-EBV	**A**usführungs**b**estimmungen zur **E**isen**b**ahn**v**erordnung
BPL-Rechner	**B**edien**pl**atz-**Rechner**
BUe	**B**ahn**ü**bergang
Bü	Hauptsignale bei **B**ahn**ü**bergängen
EL-Team	**El**ektro**team**
ESTW	**E**lektronisches **St**ell**w**erk
FL-Masten	**F**ahr**l**eitungs**masten**
FL-Team	**F**ahr**l**eitungs**team**
GAK (QC)	**G**leis**a**nschluss**k**asten
HPAS	**H**aupt**potenziala**usgleichs**s**chiene
IA	**I**nnen**a**nlage
IBN	**I**n**b**etrieb**n**ahme
KAG	**K**abel**a**bschluss**g**estell
KEV	**K**abel**e**nd**v**erschluss
KV	**K**abel**v**erteiler
LED	**L**ight-**e**mitting **d**iode
LRP	**L**icht**r**aum**p**rofil
LWL	**L**icht**w**ellen**l**eiter
RGS	**R**alph **G**autschi **S**uhr Bahnsicherungstechnik GmbH
RTE	**R**egelwerk **T**echnik **E**isenbahn
SEAG	**S**chweizer **E**lectronic **AG**
SOK	**S**chienen **o**ber**k**ant
Tab.	**Tab**elle
TK	**T**asten**k**asten
Vb	**V**or**b**ereitungssignale
WB	**W**alden**b**urgerbahn
ZSI	**Z**ug**si**cherung (Name der Produktlinie von Siemens Schweiz, TS)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 1

Apparatekabinen und Apparateschränke

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

30. April 2024



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0	Erstellung Beilage 1 AK's & AS	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse
1	HAK 2.0 / Potentialausgleich in AK	Stephan Arnold	30.04.2024	

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3

2 Grundlagen 3

2.1 Normen und Richtlinien 3

2.2 Abkürzungen 3

3 Allgemeine Beschreibung 4

3.1 Energieversorgungskonzept 4

3.1.1 Apparatekabine (AK) 4

3.1.2 Apparateschränke AS 5

3.2 Potenzialausgleich / Erdung / Blitzschutz 6

3.2.1 Galvanische Trennung der Erdsysteme EWE, BWE, RLS 6

3.2.2 Potenzialausgleich 6

3.2.3 Erdung 6

3.2.4 Blitzschutz 6

3.2.5 Überspannungsbegrenzer VLD 6

4 Aufbau der Apparatekabine AK 7

4.1.1 Niederspannungs Hauptverteilung 7

4.1.2 Abgänge für dritte mit separater Messung 7

4.1.3 BLT Messung: 8

5 Aufbau der Apparateschränke AS 10

5.1.1 Stromversorgung vom Lokalen EW 10

6 Verbindungen mit dem Rückleitungssystem 12

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT-Standardisiert auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

Für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
KSS	Kabelmantel Sammel Schiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Allgemeine Beschreibung

In Apparatekabinen (AK) sind je nach Ausführung Hauptverteilung, USV-Anlage, BUe-Steuerungen, LSA-Steuerung, Stellwerksrechner, LWL-Knoten, Fernwirkanlagen und weiter Anlagen verbaut.
Apparateschränke (AS) sind vorwiegend auf Haltestellen als Haltestellenverteiler verbaut.

3.1 Energieversorgungskonzept

3.1.1 Apparatekabine (AK)

Die Energieversorgung der Apparatekabine erfolgt über eine redundante, USV gestützte Stromversorgung vom lokalen EW und als Rückfallebene von der Fahrleitung.
Falls die Apparatekabine in unmittelbarer Nähe zum Gleichrichter (GR) steht, wird die AK über den Eigenbedarfstransformator versorgt.

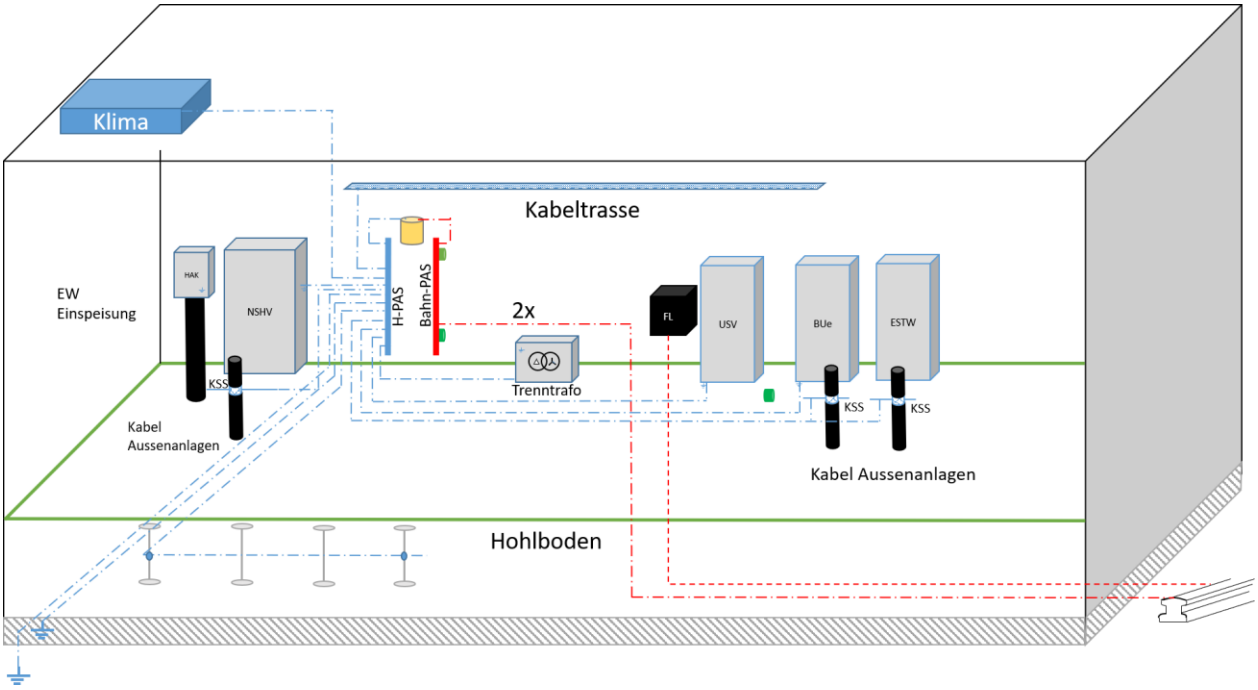


Abb. 1: Erdungsprinzip Apparatekabine

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.1.2 Apparateschränke AS

Die Energieversorgung des Apparateschranks erfolgt über eine Zuleitung vom lokalen EW und hat keine Rückfallebene von der Fahrleitung.

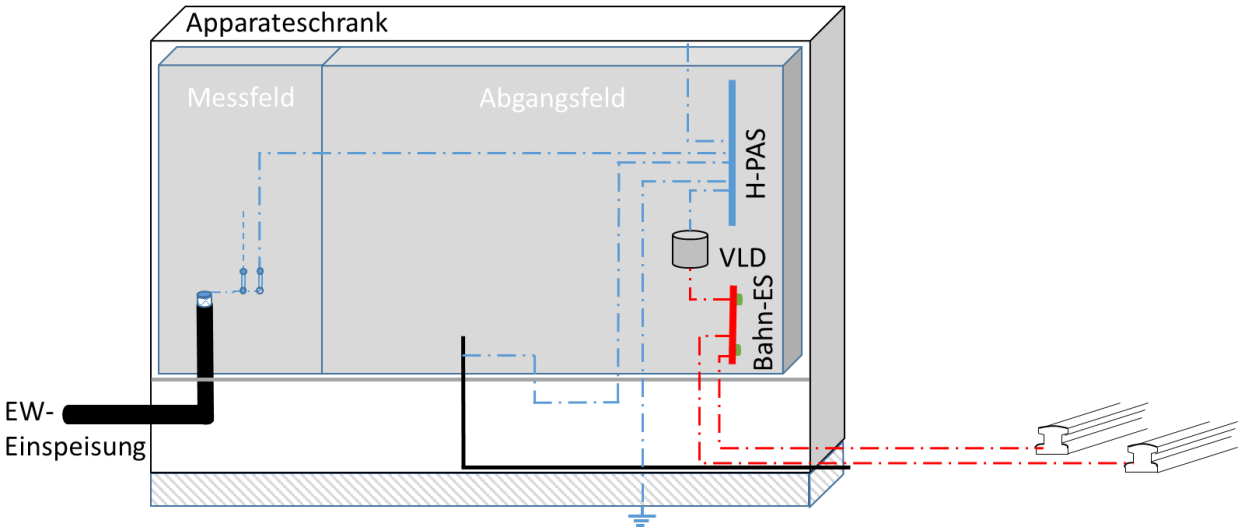


Abb. 2 Erdungsprinzip Apparateschrank

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.2 Potenzialausgleich / Erdung / Blitzschutz

3.2.1 Galvanische Trennung der Erdsysteme EWE, BWE, RLS

- Die EW-Erde (EWE), die in der Regel gerade die metallene Bewährung der EW Zuleitung bildet, wird im HAK nicht mit der BWE verbunden und verbleibt Isoliert im HAK.
- Sämtliche metallenen Anlage Teile werden an die Bauwerkserde (BWE) angeschlossen. Die BWE bildet das Rückgrad des BLT Erdungssystems.
- Die Einführung von Rückleitungspotential (RLS) in die Apperatekabinen ist zu vermeiden. Ausnahme bildet eine Potenzialausgleichsleitung, welche auf eine gegen das Bauwerk isolierte Schiene aufgelegt wird. Diese Schiene ist mit einem Schild – Achtung „Bahnerde“ – zu kennzeichnen. Die Rückleitung der redundanten DC Versorgung ist als seperate Leitung (siehe Kap.([6]) auf die Fahrschine zu führen diese darf nicht auf die Erdungsschine (Bahn-PAS) des RLS angeschlossen werden.
- Der Niederspannungsbegrenzer VLD ist kurzschlussfest zwischen den H-PSA der BWE und der RLS (Bahn-PAS) anzuschliessen.

3.2.2 Potenzialausgleich

Sämtliche leitenden Anlageteile wie Türen, metallene Kabelpritschen, Doppelboden Gerüste, etc. sind in den Potenzialausgleich einzuschliessen und an die H-PAS (BWE) anzuschliessen. Dazu wird eine Leiter mit 50mm^2 verwendet.

3.2.3 Erdung

Das Fundament der Apparatekabine bildet in der Regel den Erder der Anlage, das lokale EW bestimmt, ob ein zusätzlicher Erder in Form eines Ring- oder Staberders notwendig ist. Der Fundamenterder ist ebenfalls an die H-PAS anzuschliessen.

3.2.4 Blitzschutz

Die Apparatekabine besitzt in der Regel keinen Blitzschutz, da diese meist in der Unmittelbaren Nähe der Fahrleitung platziert ist und damit gerechnet werden kann das ein Blitz in die Fahrleitung oder in eine FL-Mast einschlägt.

3.2.5 Überspannungsbegrenzer VLD

Zwischen der Haupt-Potenzialausgleichsschiene (H-PAS) (BWE) und der RLS-ES (Bahn-ES) befindet sich der Überspannungsbegrenzer (VLD), der im Falle zu hoher Berührungsspannungen und im Falle der Eintragung von Fahrleitungsspannung auf Ausrüstungen der Haltestelle eine niederohmige Verbindung zwischen der Potenzialausgleich (BWE) und dem RLS herstellt. Dieser Überspannungsbegrenzer muss die Funktionalitäten VLD-O (Voltage Limiting Device – Operation) und VLD-F (- Fault) erfüllen.

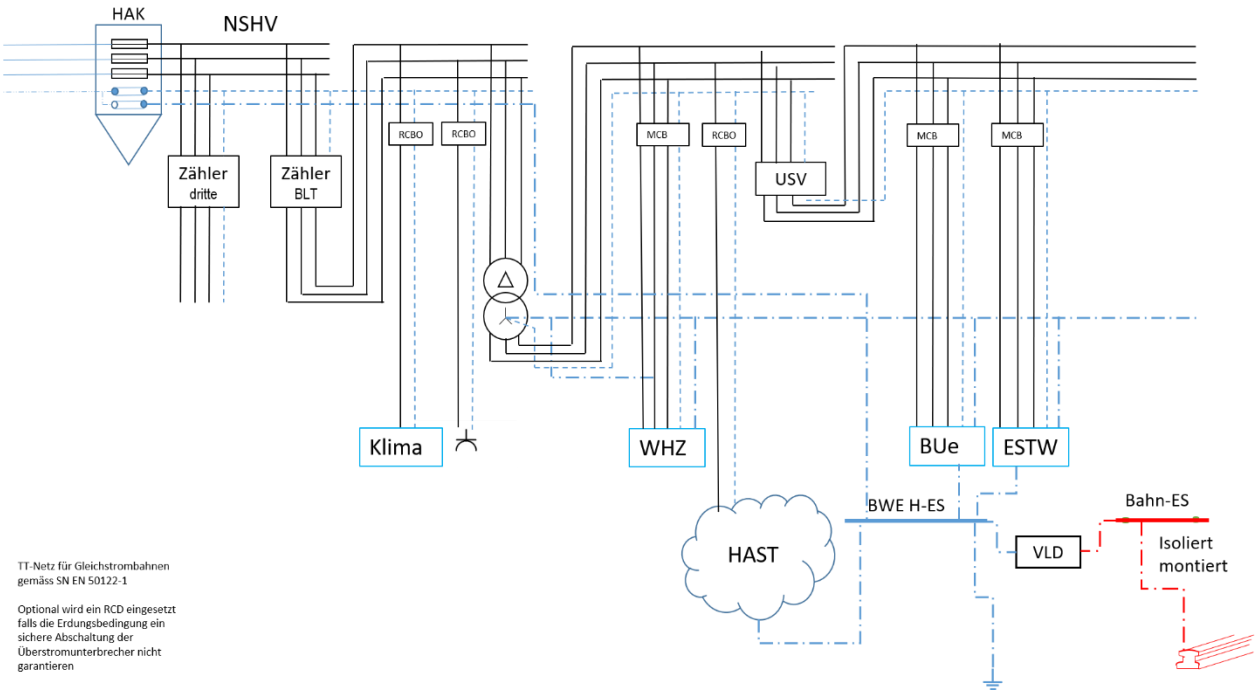
Der bei BLT eingesetzte ABB HVL 120.03 erfüllt diese Vorgabe. Sowohl die BWE- als auch die RLS des Überspannungsbegrenzers müssen kurzschlussfest verbunden sein.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4 Aufbau der Apparatekabine AK

4.1.1 Niederspannungs Hauptverteilung

Durch die Auftrennung der EWE und der BWE entstehen in Gebieten mit hohen Erdübergangswider Situationen, die den Einsatz von Fehlerstromschutzschalter (RCD) anstelle von Schmelzsicherungen im Hausanschlusskasten erfordern. BLT entscheidet situativ, ob ein konventioneller HAK oder ein HAK mit RCD eingesetzt wird.
Die Hauptverteilung kann aufgrund von den unterschiedlichen Situationen, die auf dem Netz herrschen nicht abschliessend für alle Konfigurationen beschreiben werden.
Je nach Standort sind in der AK zusätzlich LSA-Steuerungen untergebracht diese bedeutet, dass die HV einen weiteren Zählerplatz für die LSA-Steuerungen hat. Die aktuell eingesetzten USV



anlagen besitzen, je nach Konfiguration über nicht genügen Anschlüsse, so dass die gesicherten Abgänge aus Platz gründen über die HV geführt werden. Je nach Energiebedarf der Anlage wird der Trenntransformator dimensioniert. Dieser wird in der Regel in die Hauptverteilung integriert.

Abb. 3 Aufbau NSHV Gemäss SN EN 50122-1

Die Hauptverteilung hat je nach Anlage Konfiguration folgenden Aufbau:

4.1.2 Abgänge für dritte mit separater Messung

Gemeindemessung
Für Strassenbeleuchtung Gemeindestrassen
Abgänge immer über RCD (FI) führen (TT-Netz)
Kantonsmessung:
Für LSA, und Beleuchtung Kantonsstrassen
Abgänge immer über RCD (FI) führen (TT-Netz)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.1.3 BLT Messung:

vor dem Trenntransformator:
sämtliche Abgänge müssen über einen Fehlerstrom Schutz RCD verfügen (TT-Netz)
Abgänge für Klima, Heizung, Steckdosen, etc.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Abgänge nach dem Trenntransformator:

Abgänge müssen nicht zwingend über einen RCD verfügen, wenn der Kurzschlussstrom ausreichend gross ist um eine sichere Abschaltung zu gewährleisten.

Abgänge für:

- Haltestellen wie z.B. DFI, Billetautomat und Beleuchtung Perron, -Shelter, etc. werden immer über einen RCD (Typ A) erschlossen. Falls ein Objekt in der Zone 1 steht, muss diese über einen RCD (Typ B) geschützt sein.
- Weichenheizungen werden immer über einen RCD Typ B erschlossen (Gleichstrom Beaufschlagung kann nicht ausgeschlossen werden).
- USV-Anlage

Unterbruchsfreie Strom Versorgung:

Abgänge müssen nicht zwingend über einen RCD verfügen, wenn der Kurzschlussstrom ausreichend gross ist um eine sichere Abschaltung zu gewährleisten. (Achtung bewegliche mittel müssen immer über einen FI (RCD) Schutz verfügen)

Abgänge für:

- Raumbeleuchtung der Apparatekabine
- USV-Steckdose (Orange)
- Fernwirkanlage
- BUe Steuerung
- Stellwerk

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5 Aufbau der Apparateschränke AS

5.1.1 Stromversorgung vom Lokalen EW

- Durch die Auftrennung der EWE und der BWE entstehen in Gebieten mit hohen Erdübergangswider Situationen, die den Einsatz von Fehlerstromschutzschalter (RCD) anstelle von Schmelzsicherungen im Hausanschlusskasten erfordern. BLT entscheidet situativ, ob ein konventioneller HAK oder ein HAK mit RCD eingesetzt wird.
- Die Haltestelle verfügt über eine Einspeisung vom EW welche die Anlagen mit Energie versorgt.
- BLT setzt bei der Haltestelleneinspeisung das TT-Netz gemäss SN EN 50122-1 um.

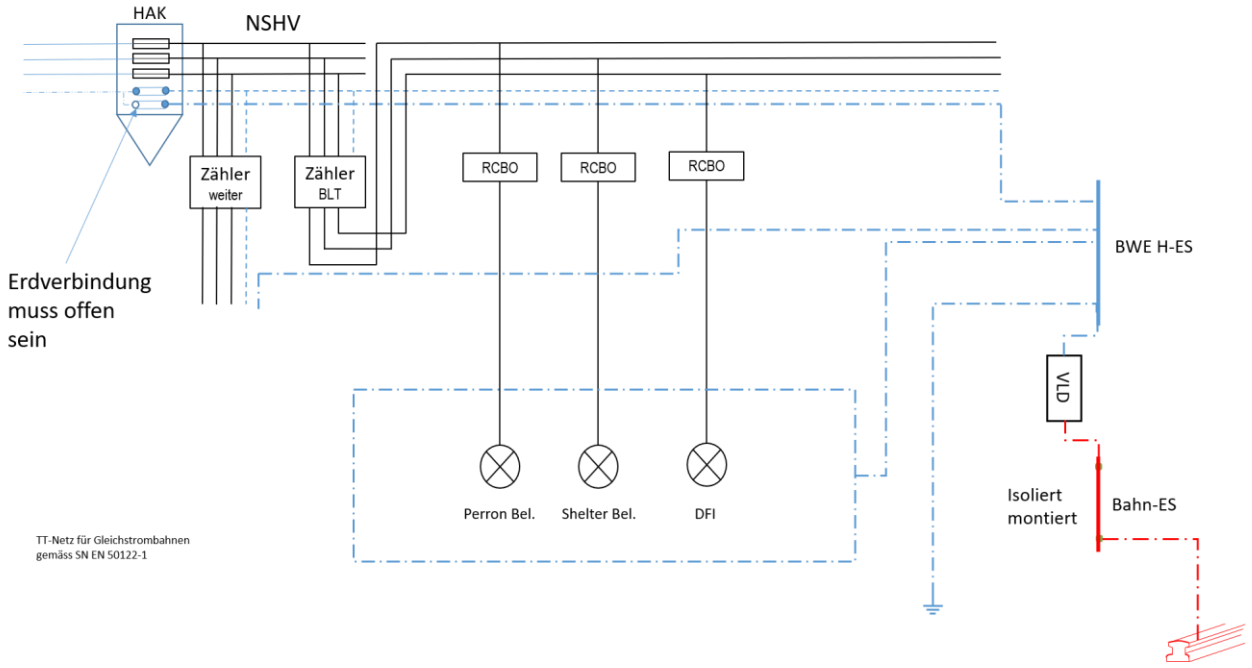


Abb. 4 Aufbau Hauptverteilung im Apparateschrank

Abgänge für feste Installationen

Hierbei handelt es sich um die Abgänge für die Versorgung der Ausrüstungen der Haltestelle. Diese werden bei der BLT grundsätzlich in der Netzformen TT mit vorgeschalteten Fehlerstromschutzschaltern allpolig geschützt. In der Zone 1 darf der PE nicht angeschlossen werden, da eine Beaufschlagung mit dem Fahrdraht den mit geführten PE beschädigt.

Abgänge für bewegliche Mittel

Für die Verwendung beweglicher elektrischer Geräte (Reinigungsmaschinen, Arbeitsmaschinen) sind Steckdosen vorzusehen. Generell sollten diese Geräte die Schutzklasse II (SK II) besitzen. Allerdings ist nicht auszuschliessen, dass auch Geräte der SK I zum Einsatz kommen (schwere Bohrmaschinen und Schrauber).
Bei diesen Geräten ist nicht auszuschliessen, dass sie nur SK I aufweisen und beim Arbeiten an den Fahrschienen oder am Zug Rückleitungspotenzial annehmen können.
Die Steckdose ist deshalb innerhalb des Einspeiseschrankes und nur zugänglich für Fach- oder unterwiesenes Personal anzuordnen. Die Steckdose ist mit dem Hinweis – Für Arbeiten im Gleisbereich nur ein Gerät anschliessen – zu versehen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Die Einspeisung in der Steckdose erfolgt in der Netzform TT mit Fehlerstromschutzschalter (FI). In die PE-Leitung ist ein RC-Glied einzuschleifen[1].
Die Festlegungen gelten sowohl für Wechsel- als auch für Drehstromsteckdosen.

Alternative: Auf die RC-Glieder kann verzichtet werden, wenn der Anschluss der Arbeitsmittel an die Steckdose über einem zwischengeschalteten tragbaren Trenntransformator erfolgt. Am Abgang des Trenntransformators ist der Hinweis anzubringen: **«Nur ein Gerät anschliessen»**.

Potenzialausgleich

Der metallene Gerüstrahmen der NSHV ist an die H-PAS (BWE) aufzulegen. Der PE-Schiene der NSHV ist ebenfalls Kurzschlussfest an die H-PAS aufzulegen.

[1] SN EN 50122-1 Kap. (7.4.4.2)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

6 Verbindungen mit dem Rückleitungssystem

Die Rückleitung der Redundante Einspeisung und die Verbindung zum Niederspannungsbegrenzer (VLD) benötigen eine Verbindung mit dem Rückleitungssystem.
Die Verbindung vom VLD zur Rückleitung ist nicht stromführend und wird daher grün-gelb markiert diese wird mit 2x120mm^2 ausgeführt.
Die Rückleitung der redundanteren DC Einspeisung muss dagegen gelb gekennzeichnet werden. 1x16 mm^2

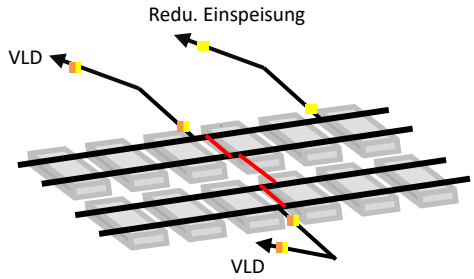


Abb. 5 Verbindungen mit dem RLS

Schienenquerverbinder SQV
In unmittelbarer Nähe der Verbindung mit dem VLD muss ein SQV montiert werden 120mm^2. Diese ist ausreichend dimensionier so, dass für die DC Rückleitung der redundanten Einspeisung nicht eine separate SQV erstellt werden muss. Vorausgesetzt diese Verbindungen werden im Abstand von wenigen Metern erstellt. Bei einem zweigleisigen Haltepunkt ist der Überspannungsbegrenzer mit einer zweiten Leitung auch am zweiten Gleis anzuschliessen[2].

[2] RTE 27900 (Kap. 6.4)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 2

Bahnübergänge BUe

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	02.05.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV geprüft
B	Verbindungen mit dem RLS / Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Innenanlage / Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3

2 Grundlagen 3

2.1 Normen und Richtlinien 3

2.2 Abkürzungen 3

3 Allgemeine Beschreibung 4

4 Innenanlagen 4

4.1.1 BUe Steuerschrank 4

5 Aussenanlagen 5

5.1 Verbindungsschutzleiter AK → VK 5

5.1.1 Dimensionierung 5

5.2 Anschlussschutzleiter VK → Element 5

5.2.1 Dimensionierung 5

5.3 Kabelmantel Behandlung 5

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert Auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

Für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Allgemeine Beschreibung

Die Ein- und Ausschaltinformationen werden in der Apparatekabine (AK) verarbeitet und steuern die Bahnsignale, den Schrankenantrieb und die Strassensignale. BUe können vom Stellwerk aus oder in autarker Form betrieben werden. Bestimmte Aufgaben lassen sich mit unterschiedlichen Betriebsmitteln erfüllen, so die Gleisfreimeldung z. B. mit Gleisstromkreisen, Radsensoren, Balisen, Funk oder zuletzt mit „Fahren auf Sicht.“

4 Innenanlagen

Der Aufbau der Energieversorgung in der Apparatekabine ist in der Beilage 1 beschrieben. Hier werden nur die Grundlegenden Anforderungen an die BUe Steuerung wiedergegeben.

4.1.1 BUe Steuerschrank

- Sämtliche Leitungen die von aussen in die BUe Steuerung eingeführt werden sind mit einem Überspannungsschutz gesichert.
- Überspannungsschutzgeräte sind mit Leitungslängen unter 0.50 m anzuschliessen.
- Die N-Schiene ist gegen den Schrank zu isolieren. Sie darf keine Verbindung zur (BWE-PAS) bzw. zur Erde haben. Keine Verletzung des TN-S Prinzips
- Der metallene Schrankrahmen / Gestell ist an die H-PAS anzuschliessen.
- Der metallene Rahmen der Steuereinheit ist an die H-PAS anzuschliessen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5 Aussenanlagen

Die von der BUe Steuerung versorgten Aktoren werden in der Netzform TT angeschlossen. Ein allfällig mitgeführter Schutzleiter (PE) wird nicht angeschlossen und isoliert verwahrt. Sämtliche Aussenelemente wie Anschlusskasten, Schrankenantriebe, Strassen- und Bahnsignale, etc. werden erdfühlig gestellt und an den Schutzleiter des Bauwerks BWE angeschlossen. Im fehlerfall, Fahrleitungsriss und Beaufschlagung eines Elements in der Zone 1, wird der Kurzschluss über den VLD auf das RLS abgeleitet. Hier ist zu beachten, dass die Erdungsleitung den Fehlerstrom sicher führen kann .

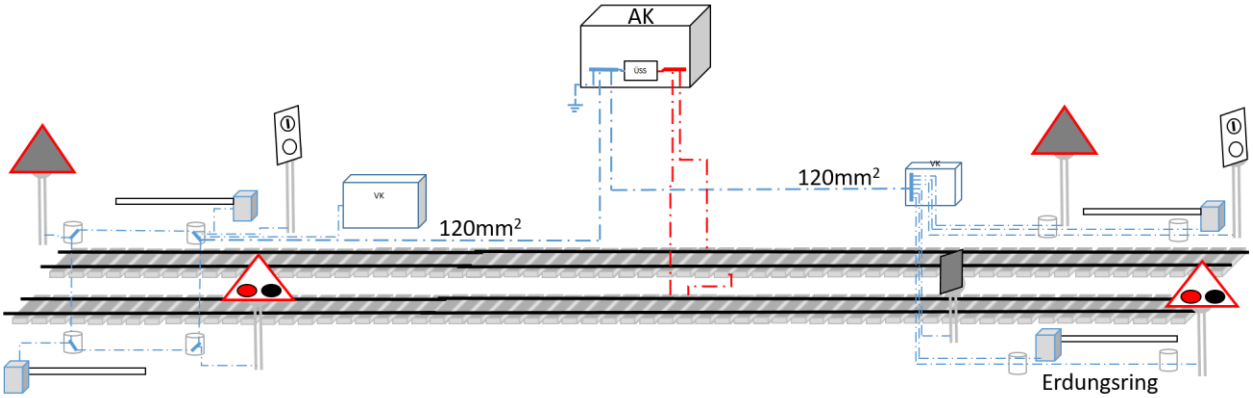


Abb. 1: BUe Aussenanlagen

5.1 Verbindungsschutzleiter AK → VK

Die Verbindung von der H-PAS aus der AK zur Sammelerdschiene im Verteilkasten VK diese Verbindung kann mehrere hundert Meter lang sein. Hier muss der Schlaufenwiederstand besonders beachtet werden.

5.1.1 Dimensionierung

Mit den im BLT Netz zu erwartenden Kurzschlussströmen und Abschaltzeiten reicht bis einer Distanz von 100 m ein 120 mm^2 ab dieser länge muss der Querschnitt berechnet werden.

5.2 Anschlussschutzleiter VK → Element

Bahnübergangselement wie Schrankenantriebe, Haltesignale, Wechselblinker, etc. werden je nach Situation direkt an den Ringleiter angepresst oder im VK an die Sammelerdschiene angeschlossen.

5.2.1 Dimensionierung

Bis zu einer Distanz von 50 m werden Sämtliche Bahnüberganselemente werden mit 70 mm^2 an den Ringleiter, bzw. an die Sammelerdschiene angeschlossen. Bei längeren Distanzen muss eine Kurzschlussberechnung gemacht werden.

5.3 Kabelmantel Behandlung

Von aussen eingeführte Kabel

- Metallische Bewehrungen und Kabelschirme dürfen bei Gleichstrombahnen nur an einem Kabelende geerdet werden, damit sie nicht durch Bahnrückströme übermässig thermisch

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

belastet werden. Das offene Schirmende muss aus Gründen des Personenschutzes isoliert werden.[1]

- Schirme und metallene Bewehrungen sind mit der Kabelmantel-Sammelschiene (KSS) der Quelle zu verbinden.

[1] D RTE 27900 (Kap. 9.6)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 3

Haltestellen

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	02.05.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV geprüft
1.1	Abgleich mit Kabeltypenliste	Stephan Arnold	28.01.2020	
1.2	Anpassungen bei Handlauf	Stephan Arnold	20.03.2020	
B	Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Innenanlage, Präzisierung Kap 5.1 / Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3

2 Grundlagen 3

2.1 Normen und Richtlinien 3

2.2 Abkürzungen 3

3 Allgemeine Beschreibung 4

3.1 Schutzmassnahmen 4

3.1.1 Erdung 4

3.1.2 Potenzialausgleich 4

3.1.3 Isolierung 4

3.1.4 Streustromschutz 4

3.1.5 Berührungsschutz im Betriebsfall 4

3.1.6 Berührungs- und Anlagenschutz im Fehlerfall 4

3.1.7 Energieversorgung (50 Hz) 4

3.1.8 Elektromagnetische Verträglichkeit 5

3.1.9 „Bahnerdung“ 5

4 Innenanlagen 5

5 Aussenanlagen 6

5.1 Allgemeine Angaben 6

5.1.1 Ringerder 6

5.1.2 Potenzialausgleichsleiter / Blitzschutz 6

5.2 Energieversorgung 50 Hz 7

5.2.1 Metallene Geländer 7

5.2.2 Ausfahrsignal 7

5.2.3 Fahrgastinformationsanzeiger (DFI) 7

5.2.4 Billettautomat 7

5.2.5 Kandelaber 7

5.2.6 Kiosk 8

5.2.7 Personenunterstand und Fahrradunterstand 8

5.2.8 Stele 8

5.2.9 Fahrleitungsmast 8

5.2.10 Weitere, nicht an den Potenzialausgleich anzuschliessende Ausrüstungen 8

5.3 Zugang zum Potenzialausgleich im Perron Bereich 8

5.4 Abkopplung des Haltestellenpotenzials von Fremdpotenzial 8

5.5 Vermeidung von Fehlerquellen 9

5.5.1 PEN des EW’s (EWE) auf Haltestellenerde geschaltet 9

5.5.2 Zwei SK I- Geräte an einer Steckdose 9

6 Kabelmantel Behandlung 10

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

Für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Allgemeine Beschreibung

Eine Haltestelle ist eine Bahnanlage, an der Passagiere Züge besteigen oder verlassen können, also eine Zugangsstelle für Reisende. Bei der BLT verfügen die Haltestellen in der Regel über folgende Ausrüstung:

- Personenunterstand
- Billettautomat
- Fahrgastinformationssystem (DFI)
- Beleuchtungskandelaber
- Technikkabine
- Stele
- Handlauf
- Fahrradunterstand
- Div. Ausrüstung wie Abfalleimer, Werbeplakatständer, Zeitungsständer, etc.

3.1 Schutzmassnahmen

3.1.1 Erdung

Mittels Potenzialausgleich sind die metallenen Ausrüstungen der Haltestelle, bis auf zulässige Ausnahmen, siehe [Kap. (5.1.1)] auf das Schutzpotenzial der Erde (φ = 0 V) zu legen. Die Erdungsmassnahmen sind mit den weiteren Schutzmassnahmen [Kap. (3.1.3 bis 3.1.9)] zu kombinieren bzw. zu koordinieren.

3.1.2 Potenzialausgleich

Zwischen den metallenen Ausrüstungen der Haltestelle ist Potenzialausgleich herzustellen.

3.1.3 Isolierung

Das Rückstromsystem einer Gleichstrombahn ist sorgfältig gegen Erde zu isolieren.

3.1.4 Streustromschutz

Die Verschleppung von Rückströmen und Rückleitungspotenzialen in nicht der Rückstromführung dienenden Anlagenteilen ist zu verhindern.

3.1.5 Berührungsschutz im Betriebsfall

Das Entstehen unzulässig hoher Berührungsspannungen im Betriebsfall ist zu verhindern. Die Möglichkeit des gleichzeitigen Berührens geerdeter Ausrüstungen und Rückleitungspotenzialführender Bahnkomponenten ist zu vermeiden (Zone 2).

3.1.6 Berührungs- und Anlagenschutz im Fehlerfall

Gelangt Fahrleitungsspannung durch einen Fehlerfall (Fahrleitungsriss, oder Entgleisung) auf Ausrüstungen der Haltestelle, ist das Anstehen unzulässig hoher Berührungsspannungen und Ströme durch sofortige automatische Abschaltung zu verhindern (Zone 1).

3.1.7 Energieversorgung (50 Hz)

Durch entsprechende Netzkonfigurationen ist der Personen- und Anlagenschutz sicherzustellen. Die Beschaltung der Netze mit Sicherungen / Leitungsschutzschaltern und Überspannungsschutzgeräten wird vorausgesetzt.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.1.8 Elektromagnetische Verträglichkeit

Die Netzkonfiguration muss elektromagnetisch verträglich mit den übrigen Ausrüstungen und Ausstattungen sein. Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik sowie der Informationstechnik müssen Sicherheit gegen elektromagnetische Beeinflussungen aufweisen.

3.1.9 „Bahnerdung“

„Bahnerdung“ (Normgerecht: Verbindung mit der Rückleitung) ist die elektrisch leitende Verbindung von Ausrüstungen und Ausstattungen mit dem Rückleitungssystem.

Vorgenannte Grundsätze zeigen auf, dass der Personen- und Anlagenschutz in Haltestellen nicht allein durch den Potenzialausgleich, sondern nur in Koordination mit weiteren Schutzmassnahmen gesichert werden kann.

Der Aufbau, die Funktion und die Koordination der Schutzmassnahmen in einer Haltestelle ist den nachfolgenden bildlichen und textlichen Darstellungen dieser Planungsgrundlage zu entnehmen.

4 Innenanlagen

Der Aufbau der Energieversorgung in Apparatekabine (AK) bzw. in Apparateschränken (AS) ist in der Beilage 1 beschrieben.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5 Aussenanlagen

Übersicht über die Schutzmassnahmen in einer Haltestelle.

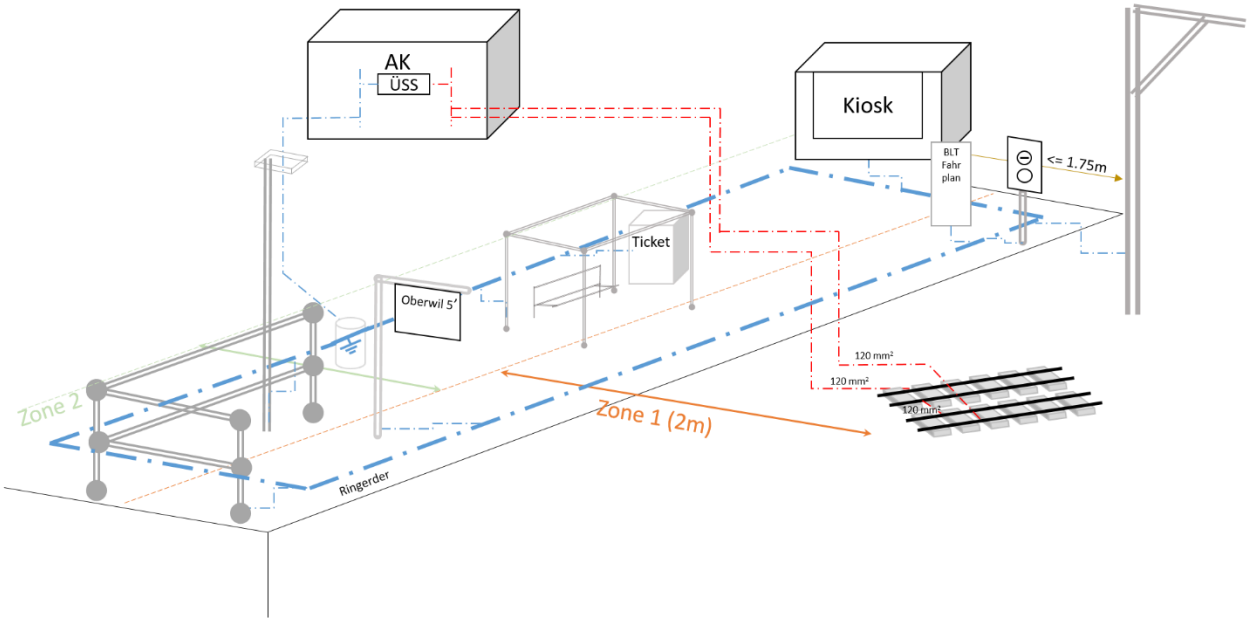


Abb. 1: Erdungskonzept Haltestelle aussen

5.1 Allgemeine Angaben

[Abb. 1] zeigt das Perron einer Haltestelle mit seiner baulichen Konfiguration und den Ausrüstungen. Einige Ausrüstungen sind in der Zone 1 aufgestellt. Hier besteht die Möglichkeit der Eintragung von Fahrleitungsspannung (Zone 1, Fahrleitungsriss oder Entgleisung). Die notwendigen Erdungsmassnahmen sind als Erdungsleitungen in Rot (RLS) bzw. Blau (BWE) dargestellt. Für die Leitungsverlegung sind Leerrohre oder Kabelkanäle erforderlich[1].

! Sämtliche Anschlüsse in der Zone 1 dürfen nur mit dem 70mm2 an den Potenzialausgleich angeschlossen werden, da in einem Fehlerfall der zu erwartende Kurzschlussstrom den PE-Leiter beschädigt.

5.1.1 Ringerder

Zum verlegen des Ringerders bietet sich das Streifenfundament unter den Betonplatten der gleisseitigen Bahnsteigwand an.
Zugängig wird der Ringerder über Schächte. Die metallenen Schachtdeckel gelten als Bauteile kleiner Abmessungen ohne elektrische Ausrüstung. Sie sind deshalb nicht an den Potenzialausgleich anzuschliessen[3].
Zuführung der Potenzialausgleichsleitungen zum Schacht über Leerrohre. Zum Anschluss der Potenzialausgleichsleitungen an den Ringerder siehe (Kap. [5.3]).

5.1.2 Potenzialausgleichsleiter / Blitzschutz

Bei der BLT wird, der einfachheitshalber, sämtliche Ausrüstungen in den Haltestellen mit demselben Leiter verbunden.

[1] SN EN 50122-2 (Kap. 6.2.5)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

- 70 mm^2 doppelt isolierter[2]

Dieser ist in der Lage einen Blitz sowie den höchsten zu erwartenden Kurzschlussstrom ohne bleibende Schäden sicher abzuleiten.

5.2 Energieversorgung 50 Hz

siehe (Beilage 1 AK's & AS).

5.2.1 Metallene Geländer

Grundsätzlich gilt [Kap. (5.1.2)] in Spezialfällen kann wie folgt davon abgewichen werden: Das metallene Kopfgeländer liegt im Rissbereich der Fahrleitung (Zone 1). Ist seine Länge ≤ 2.00 m senkrecht zum Gleis, erfolgt kein zusätzlicher Potenzialausgleich (Bauteil kleiner Abmessung)[3]. Bei Längen > 2.00 m ist das Geländer kurzschlussfest an die Bauwerks-Erde anzuschliessen. Das metallene Längsgeländer wird leitend mit dem Kopfgeländer verbunden.
Steht ein metallenes Längsgeländer in der Zone zwei muss dieses nicht geerdet werden, wenn seine Fussstützen erdfühlig sind.[4]
Zum Anschluss von Fremdgeländern siehe (Kap.: [5.4]).

5.2.2 Ausfahrsignal

Das Ausfahrsignal (A) steht in Zone 1 und damit im Rissbereich der Fahrleitung und kann von Fahrleitungsspannung oder auch vom Blitz getroffen werden. Zudem besitzt diese elektrotechnischen Komponenten. Der Mast ist kurzschlussfest an den Potenzialausgleich anzuschliessen. Die Stromzufuhr zum Ausfahrsignal erfolgt in der Netzform TT mit vorgeschaltetem Fehlerstromschutzschalter. Die Schirme der Steuerleitungen für das Ausfahrsignal ist isoliert zu verwahren. Diese Schirme werden einseitig an der Quelle an den Potenzialausglich angeschlossen. Eine Erklärung zur einseitigen Erdung erfolgt in [Kap. (5.5.1)]

5.2.3 Fahrgastinformationsanzeiger (DFI)

Der Ausleger des Masts für den Fahrgastinformationsanzeiger befinden sich in Zone 1 und kann von Fahrleitungsspannung oder auch vom Blitz getroffen werden. Zudem besitzt diese elektrotechnischen Komponenten. Der Mast ist kurzschlussfest an den Potenzialausgleich anzuschliessen. Die Stromzufuhr zum Fahrgastinformationsanzeiger erfolgt in der Netzform TT mit vorgeschaltetem Fehlerstromschutzschalter. Die Schirme der Steuerleitungen für den Fahrgastinformationsanzeiger ist isoliert zu verwahren. Diese Schirme werden einseitig an der Quelle an den Potenzialausglich angeschlossen.

5.2.4 Billettautomat

Der Metallrahmen des Billettautomats ist mit dem Potenzialausgleich zu verbinden. Die Stromversorgung des Fahrkartenautomaten erfolgt in der Netzform TT mit Fehlerstromschutzschalter.

5.2.5 Kandelaber

Die Metallkonstruktion des Kandelabers kann einen Blitzstromeintrag erfahren. Die Einspeisung der Lampe erfolgt in der Netzform TT mit vorgeschaltetem Fehlerstromschutzschalter.

[2] RTE 27900 Kap. 10.4.2.1
[3] SN EN 50122-1 (Kap. 6.3.1.2)
[4] SN EN 50122-1 (Kap. 6.3.2)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5.2.6 Kiosk

Das Metallgerüst des Kiosks ist an den Potenzialausgleich anzuschliessen. Die Stromversorgung des Kiosks erfolgt in der Netzform TT mit Fehlerstromschutzschalter.

5.2.7 Personenunterstand und Fahrradunterstand

In die Metallkonstruktion des Personenunterstands und des Fahrradunterstands können Blitzströme und im Fehlerfall Fahrleitungsspannung eingetragen werden. Die Metallkonstruktion ist deshalb kurzschlussfest an den Potenzialausgleich anzuschliessen. Die Stromversorgung der Personenunterstands- und Fahrradunterstands-Beleuchtung erfolgt in der Netzform TT mit vorgeschaltetem Fehlerstromschutzschalter.

5.2.8 Stele

In die Metallkonstruktion der Stele können Blitzströme und im Fehlerfall Fahrleitungsspannung eingetragen werden. Die Metallkonstruktion ist deshalb kurzschlussfest an den Potenzialausgleich anzuschliessen. Die Stromversorgung der Stele erfolgt in der Netzform TT mit vorgeschaltetem Fehlerstromschutzschalter.

5.2.9 Fahrleitungsmast

Der Fahrleitungsmast ist durch Blitzströme und Eintrag von Fahrleitungsspannung gefährdet. Er ist deshalb im Perron Bereich kurzschlussfest an den Potenzialausgleich anzuschliessen, unabhängig davon, ob es sich um einen Mast mit einfacher oder doppelter oder verstärkter Isolierung der Fahrleitung handelt.

5.2.10 Weitere, nicht an den Potenzialausgleich anzuschliessende Ausrüstungen

Metallene Ausrüstungen kleiner Abmessung, die keine elektrischen Betriebsmittel tragen (z. B. Sitzbänke, Abfalleimer) sind nicht an den Potenzialausgleich anzuschliessen, selbst wenn sie sich in Zone 1 befinden sollten[3].

5.3 Zugang zum Potenzialausgleich im Perron Bereich

Die Verbindung der von den Ausrüstungen kommenden Potenzialausgleichsleitungen erfolgt über Leerrohre in einen Schacht. Die Potenzialausgleichsleitungen werden auf eine Potenzialausgleichsschiene im Schacht aufgelegt und diese Schiene ist mit dem hier zugängigen Fundamenterder kurzschlussfest zu verbinden. Es ist aus Korrosionsschutz gründen darauf zu achten, dass die Schiene im oberen Bereich des Schachts montiert ist.

5.4 Abkopplung des Haltestellenpotenzials von Fremdpotenzial

Das Rückleitungssystem der Gleichstrombahn ist zwar gegen Erde isoliert, aber diese Isolierung besitzt einen begrenzten Widerstand gegen Erde (in einem ausgedehnten Bahnnetz kann dieser Widerstand bis auf 0.5 Ohm absinken)[5].
Die Potenzialausgleichsanlage einer Haltestelle und die daran angeschlossenen Ausrüstungen stehen im Potenzialtrichter der Gleichstrombahn. Das Potenzial der Erdungsanlage wird sich also vom Potenzial von fremd geerdeten Objekten unterscheiden. Um die Verschleppung des Haltestellen-Erdungspotenzials zu verhindern und um Berührungsspannungen bei gleichzeitiger Berührung von Haltestellenobjekten und fremd geerdeten Objekten zu minimieren, sind folgende Massnahmen vorzusehen:

[5] SN EN50122-2 (Kap 5.2)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

- Bei Anbindung einer Fremdgeländers an das Haltestellengeländer ist dieses durch Isoliermuffen zu entkoppeln.
- Fremdobjekte (z. B. Strassenkandelbar) sind mit definiertem Abstand zu Haltestellenobjekten aufzustellen.

In beiden Fällen ist der Sicherheitsabstand gemäss Zone 2 einzuhalten.

5.5 Vermeidung von Fehlerquellen

5.5.1 PEN des EW's (EWE) auf Haltestellenerde geschaltet

Zwei Haltestellen werden vom selben Trafo gespeist. Die PEN der beiden Energieversorgungskabel wären mit der jeweiligen BWE verbunden.
Die Berührungsspannung kann durch zu hohen Fahrstrom (Operation) oder durch Fahrleitungsbruch (Fault) zu hoch werden. Oftmals sprechen in solchen Fällen die Überspannungsbegrenzer (VLD) beider benachbarter Haltestellen an, schalten durch und bleiben im Fall Operation bis zu Minuten durchgeschaltet. Dabei wird das RLS mit den BWE verbunden. Die gleiche Situation entsteht, wenn nur ein VLD durchschaltet und ein zweiter Fehler durch eine nicht bemerkte, fehlerhafte Verbindung des RLS zur Erde vorliegt.
In solchen Fällen fliesst ein Teil des Rückleitungsstromes ΔIR über die PEN-Leiter von einer Haltestelle zum EW und zurück zur anderen Haltestelle. Es besteht die Gefahr der Überlastung der PEN-Leiter. Ein solcher Vorfall wird durch eine galvanische Trennung der Haltestellen vermieden, in dem der PEN isoliert gegen Erde aufgelegt wird.

5.5.2 Zwei SK I- Geräte an einer Steckdose

Die Wartungs- und Instandhaltungssteckdosen sind mit dem Hinweis – Nur ein Gerät anschliessen – versehen. Hintergrund hierfür ist:
Es ist nicht auszuschliessen, dass unkundiges Personal zwei SK I-Geräte an verschiedenen Stellen der Haltestelle über eine Verlängerung mit Mehrfachsteckdose betreibt.
Diese Geräte können bei Arbeiten am Gleis oder am Zug unterschiedliches Schienenpotenzial annehmen. Die Spannungsdifferenz treibt einen anteiligen Rückstrom durch die PE-Leiter der Geräte, welcher diese gefährden können.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

6 Kabelmantel Behandlung

Sämtlich Kabel die Anlagen im Aussenbereich einer Haltestelle versorgen besitzen eine Metallene Bewährung. Siehe hierzu auch [Kap. (5.2.3)].

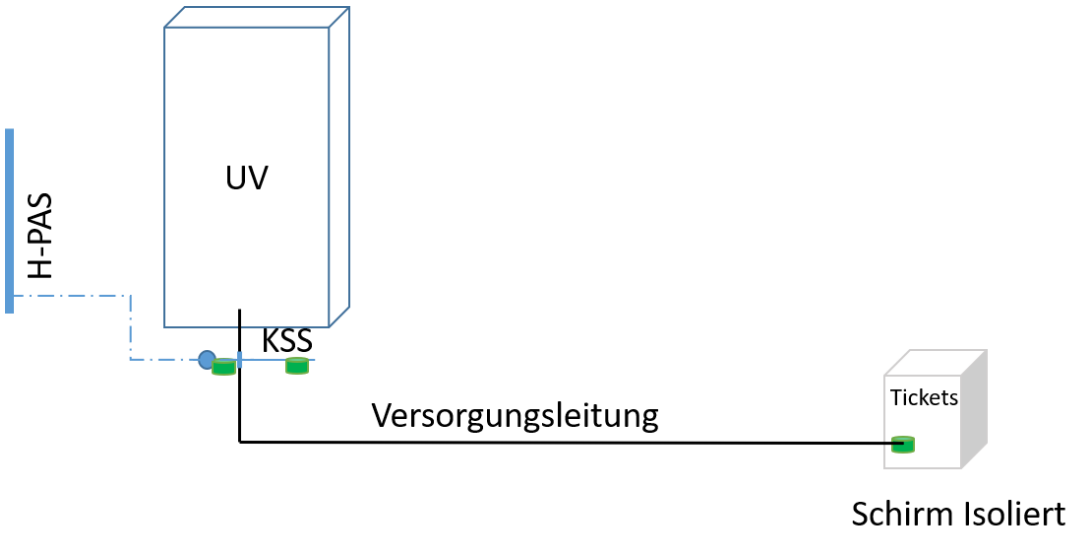


Abb. 2: Kabelmantel Behandlung

- Metallische Bewehrungen und Kabelschirme dürfen bei Gleichstrombahnen nur an einem Kabelende geerdet werden, damit sie nicht durch Bahnrückströme übermässig thermisch belastet werden. Das offene Schirmende muss aus Gründen des Personenschutzes isoliert angeschlossen werden.[6]
- Schirme und metallene Bewehrungen sind an der Kabelmantel-Sammelschiene (KSS) der Quelle zu verbinden.

[6] D RTE 27900 (Kap. 9.6)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

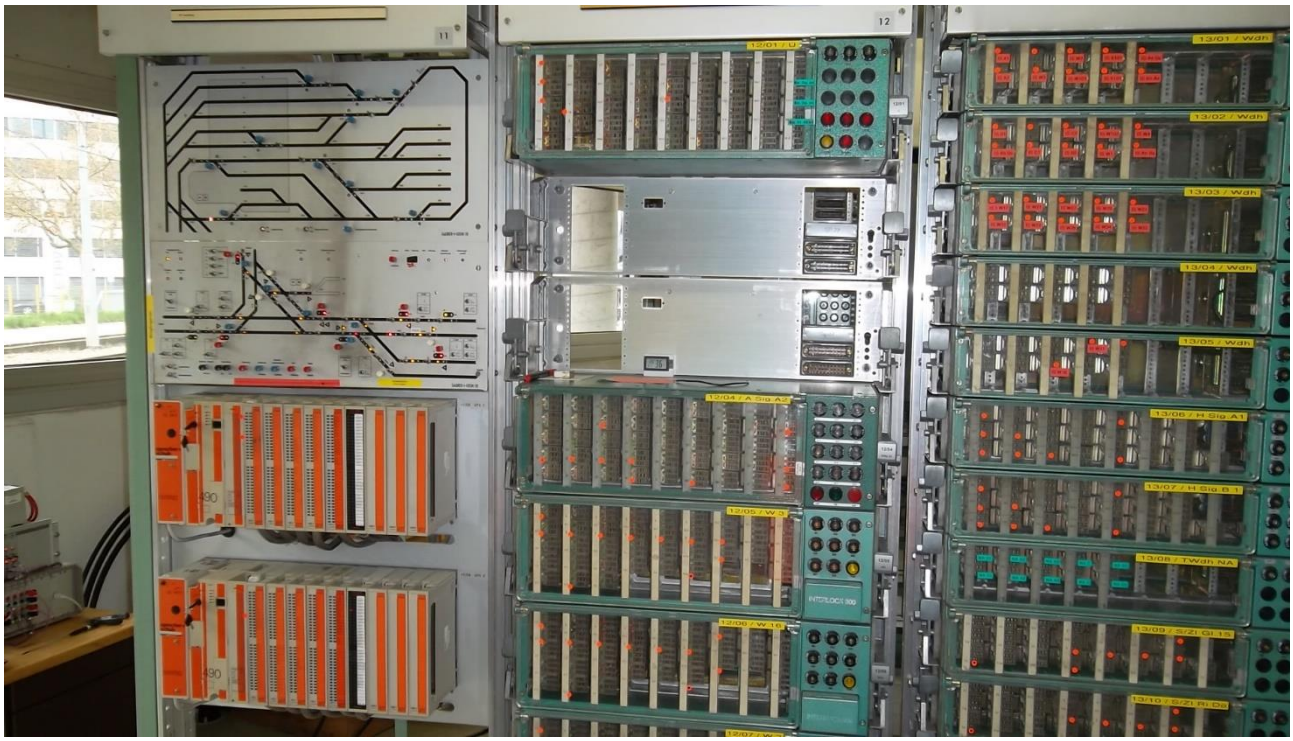
BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 4

Stellwerk STW

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	21.05.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV geprüft
1.1	EW-Erde in Metallkabinen	Stephan Arnold	03.07.2020	Kap. 4.1.6
B	Verbindungen mit dem RLS / Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	Kap 5.1.4
C	Innenanlage / Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3

2 Grundlagen 3

2.1 Normen und Richtlinien 3

2.2 Abkürzungen 3

3 Allgemeine Beschreibung 4

4 Innenanlagen 4

4.1.1 Stellwerk-Steuerschrank 4

4.1.2 Weichenantriebe 4

4.1.3 Weichenheizungen 4

5 Aussenanlagen 5

5.1 Komponenten der Aussenanlagen 5

5.1.1 Kabelverteiler 5

5.1.2 Achszähler (AZ) 5

5.1.3 Signale 5

5.1.4 Weichenantreibe 5

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

Für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr
[12.] SNR 464022 Blitzschutzsysteme

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Allgemeine Beschreibung

Ein Stellwerk ist eine ortsfeste Bahnanlage der Eisenbahn zur Steuerung des Bahnbetriebs. Es dient der Stellung von Fahrwegelementen wie Weichen und Gleissperren, stellt Abhängigkeiten zwischen den Fahrwegelementen und Signalen her und bindet Bahnübergangssicherungsanlagen in die Sicherungslogik ein. An das Stellwerk angeschlossen kann eine Gleisfreimeldeanlage sein, die den aktuellen Belegungszustand der Gleise überwacht. Mechanische, elektrische oder elektronische Abhängigkeiten zwischen diesen Elementen kennzeichnen die technisch-historischen Entwicklungsstufen der Stellwerke[1].

4 Innenanlagen

Der Aufbau der Energieversorgung in der Apparatekabine ist in der Beilage 1 beschrieben. Hier werden nur die Grundlegenden Anforderungen an den Stellwerks-Steuerung wiedergegeben.

4.1.1 Stellwerk-Steuerschrank

- Sämtliche Leitungen, die von aussen in die Stellwerk Steuerung eingeführt werden sind mit einem Überspannungsschutz gesichert.
- Überspannungsschutzgeräte sind mit Leitungslängen unter 0.50 m anzuschliessen.
- Die N-Schiene ist gegen den Schrank zu isolieren. Sie darf keine Verbindung zur Erde haben. Keine Verletzung des TN-S Prinzips
- Der metallene Schrankrahmen / Gestell ist an die H-PAS anzuschliessen.

4.1.2 Weichenantriebe

Wird in der Beilage 8 detailliert beschrieben.

4.1.3 Weichenheizungen

Wird in der Beilage 8 detailliert beschrieben.

[1] Wikipedia.org 2019

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5 Aussenanlagen

5.1 Komponenten der Aussenanlagen

5.1.1 Kabelverteiler

Vom Stellwerk her werden die Komponenten der Aussenanlagen über sogenannte Stammkabel erschlossen, die Aufsplittung der Stammkabel auf Stichkabel zur Erschliessung der nachfolgend beschriebenen Komponenten erfolgt im Kabelverteiler KV.

- Der Kabelverteiler wird Erdfühlig gestellt und am Potenzialausgleichsleiter BWE mit min. 1x120 mm^2 angeschlossen.
- Der Kabelverteiler verfügt über eine Erdsammelschiene, die für den Anschluss der weiteren Schutzleiter vorbereitet ist.
- Die metallenen Bewährungen der Stichkabel werden im KV an die KSS angeschlossen.
- Die metallene Bewährung der Stammkabel aus dem Stellwerk werden isoliert aufbewahrt (abschrumpfen).

5.1.2 Achszähler (AZ)

Die Achszähler sind Schutzisoliert. Die Erschliessung erfolgt über einen Gleisanschlusskasten GAK. Die Bewährung des Stichkabels vom KV bzw. vom Stellwerk wird im GAK isoliert verwahrt (abgeschrumpft).

5.1.3 Signale

Der Signalmast wird erdfühlig gestellt und an die Sammelschiene im Kabelverteiler angeschlossen 70 mm^2.
Die Signalbeleuchtung erfolgt in der Netzform TT Es wird kein PE Leiter mitgeführt. Die Bewährung des Stickkabels wird isoliert verwahrt (abgeschrumpft).

5.1.4 Weichenantreibe

Wird in der Beilage 8 detailliert beschrieben.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 5

Gleichrichter GR

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	04.06.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV geprüft
1.1	Abb. 1 überarbeitet	Stephan Arnold	20.03.2020	
B	Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3

2 Grundlagen 3

2.1 Normen und Richtlinien 3

2.2 Abkürzungen 3

3 Übersicht und Grundsätze 4

4 Detaillierte Planungsgrundsätze für die GR-Komponenten 5

4.1 Mittelspannungsanlage 5

4.1.1 MS-Einspeisefeld 5

4.1.2 Mess-, Kontroll- und Steuerfeld 5

4.1.3 Feld MS-Eigenbedarf 5

4.1.4 Felder MS – Trafo / Gleichrichter 5

4.2 Transformatoren 5

4.3 Gleichrichter 6

4.3.1 Kontroll- und Steuerfelder 6

4.3.2 Rückleiterfelder RL 6

4.3.3 Speisefelder F (Feeder) 7

5 Niederspannung 230 V / 400 V, 50 Hz 7

5.1 Netzform 7

5.2 Abgänge von der NSHV 7

5.2.1 Standardverbraucher des GR 7

5.2.2 Wartungssteckdose WSD 7

5.2.3 IT-Abgang 8

5.2.4 TT-Abgang 8

6 Kabelmantelbehandlung 8

7 Zuführung von Rohrleitungen 8

8 Potentialausgleich nichtelektrischer, metallener Bauteile des GR 8

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert Auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

Für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr
[12.] SNR 464022 Blitzschutzsysteme
[13.] SNR 464113 Fundamenterder

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Übersicht und Grundsätze

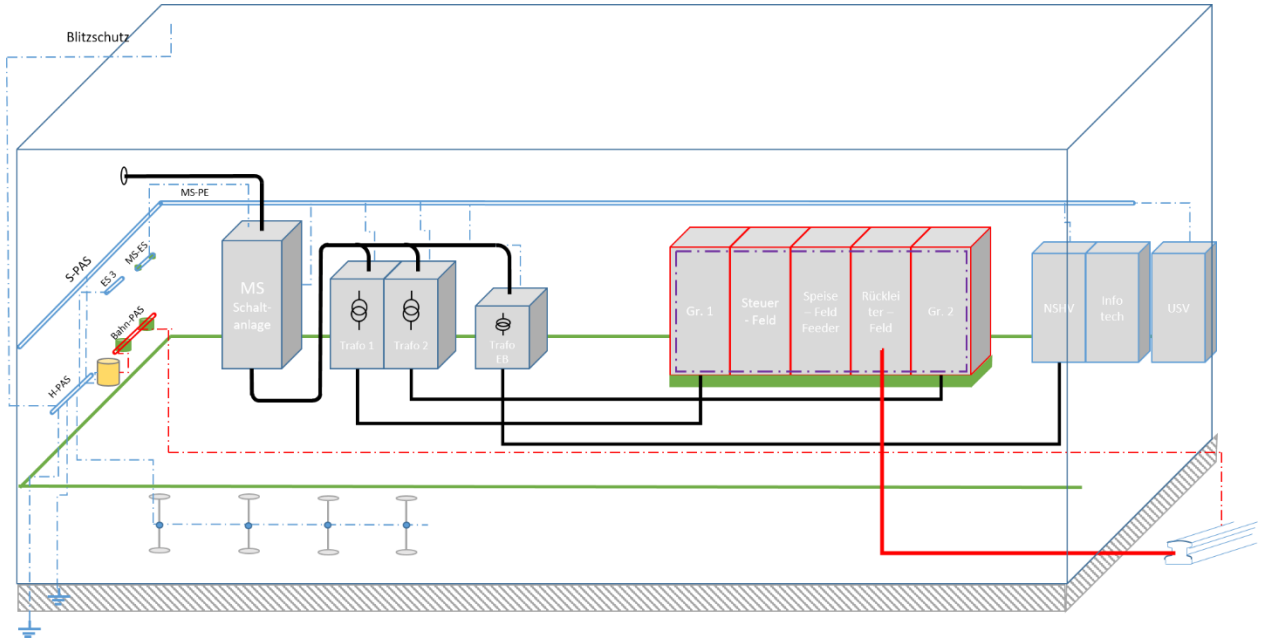


Abb. 1: GR Innenanlagen

[Abb. 1] zeigt eine Übersicht über eine Gleichrichteranlage von der Mittelspannungs-Einspeisung (MS) durch ein Elektrizitätswerk (EW) bis hin zu den Traktionselementen der Strecke mit folgenden hauptsächlichen Merkmalen:

- Das Gebäude der GR Anlage besitzt eine Blitzschutzanlage[1].
- Das Gebäude hat einen Fundamenterder und einen Potenzialausgleich.
- Eine wichtige Bedeutung besitzt die ringförmig an Wand verlegte Sammelpotenzialausgleichleitung. Sie ist als verlängerte H-PAS zu verstehen und ermöglicht den kurzen Anschluss von Erdungs- und Potentialausgleichsleitungen, auch temporär über Kugelerdungspunkte.
- Die Wechselstromkomponenten (AC) des GR sind nicht isoliert aufgestellt.
- Die Gleichstromkomponenten (DC) erfordern eine isolierte Aufstellung.
- Sicherheitstechnische Komponenten, wie Brandmeldeanlage (BMA), Komponenten der Sicherungsanlagen (SA), Telekomanlagen und die Fernwirkkonten werden über eine unterbrechungslose Stromversorgung (USV) gespeist.
- Mit den vorzusehenden Isolierungen ist der Übertritt von Rückleitungspotential auf nicht der Rückleitung dienende Komponenten zu verhindern.
- Ebenso ist die permanente Einkopplung des Rückleitungspotenzials auf die des Erdpotentials (EW) zu verhindern.

Wie erkennbar, bilden Erdung, Potentialausgleich, Isolierung, Streustromschutz und erdbezogene Schutzgeräte, wie Überspannungsableiter (ÜSS), Niederspannungsbegrenzer, Gerüstschlussschutz (GSS) sowie die Behandlung von Schirmen und Armierungen von Kabeln eine Einheit, deren Zusammenhänge und Schnittstellen nachfolgend detailliert beschrieben sind.

[1] SNR 464022 Tab. 2.5.1 (g)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4 Detaillierte Planungsgrundsätze für die GR-Komponenten

4.1 Mittelspannungsanlage

4.1.1 MS-Einspeisefeld

Die Armierung der Mittelspannungskabel Einspeisung sind auf eine gegen das Bauwerk isolierte Erdungsschiene ES zu legen. Diese Schiene ist als – MS-ES – zu kennzeichnen.
Eine temporäre Verbindung dieser Schiene zur Sammelpotenzialausgleich S-PAS ist zu Mess- und Prüfzwecken möglich. Dafür kann auch ein Erdungskurzschliesser eingesetzt werden, der im Fehlerfall sowohl auf der EW-Seite als auch auf der Bahnseite solange eine leitende Verbindung herstellt, bis der Fehler abgeschaltet ist.
Dauerhafte, kurzschluss- und blitzstromfeste Verbindungen zur S-PAS sind herzustellen für:

- Erdungstrenner
- Gerüst / Rahmen, auf dem Kabel und Schalter montiert sind.
- Überspannungsableiter, deren Anschlussleitungen möglichst eine Länge von 0.50 m nicht überschreiten sollten.

4.1.2 Mess-, Kontroll- und Steuerfeld

Dieses Feld enthält neben dem Verrechnungszähler weitere Mess-, Kontroll-, Steuer-, Anzeige- und Bediengeräte. Das Montagegerüst / Rahmen ist an die S-PAS zu verbinden.

4.1.3 Feld MS-Eigenbedarf

An den S-PAS sind zu verbinden:

- Erdungstrenner
- Schirme der vom Lasttrennschalter abgehenden Kabel
- Montage Gerüst / Rahmen

4.1.4 Felder MS – Trafo / Gleichrichter

An den S-PAS sind zu verbinden:

- Erdungstrenner
- Armierungen der von den Leistungsschaltern abgehenden Kabel
- Montage Gerüst / Rahmen

In den einzelnen Feldern befinden sich Kugelerdungspunkte. Am S-PAS sind korrespondierende Kugelerdungspunkte anzubringen.

4.2 Transformatoren

Zur Schwingungsunterdrückung und Verringerung der Geräuschbildung können die Transformatoren auf isolierenden Dämpfern aufgestellt sein. An den S-PAS sind zu verbinden:

- Aufstellrahmen
- Dämpfer sind zum Aufstellrahmen hin zu überbrücken, um die Trafokerne in den Potenzialausgleich einzubeziehen.
- Metallenen Einhausungen der Trafos

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.3 Gleichrichter

Diese Felder (Kontroll- und Steuerfelder, Speisefelder F und Rückleitungsfelder R - DC-Felder), siehe (Abb. 1), erfordern eine gegen das Bauwerk (führt Gebäudeerde) isolierte Aufstellung, d. h. die miteinander verbundenen Gerüste und Rahmen der einzelnen Felder dürfen **keine** Verbindung zur EW-PAS aufweisen.
Der Gerüstschlussschutz GSS [Abb. 2] überwacht das Potential zwischen Gerüst und Erdungsanlage. Im Fehlerfall öffnet er den Lasttrennschalter im MS-Einspeisefeld.

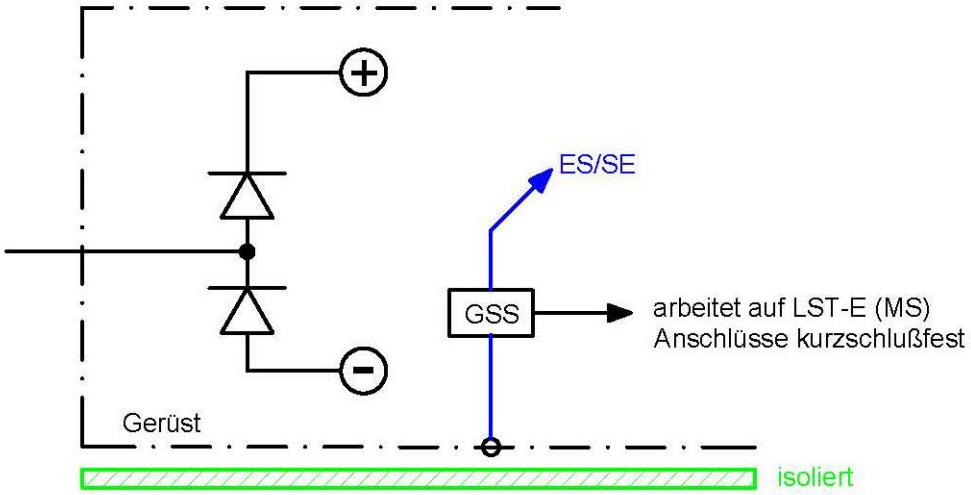


Abb. 2: Gleichrichter Gerüst mit Gerüstschlussschutz GSS

4.3.1 Kontroll- und Steuerfelder

Hier sind auf das Gerüst entsprechende Kontroll-, Steuer-, Anzeige- und Bediengeräte montiert.

4.3.2 Rückleiterfelder RL

Die Schirme der Rückleiterkabel sind an der Sammelpotentialausgleichschiene (S-PAS) anzuschliessen siehe [Abb. 1].
In einem Rückleiterfeld sitzt ein Niederspannungsbegrenzer des Typs VLD-O/F (Voltage Limiting Device O-Operation, F- Fault) zur Begrenzung von Berührungsspannungen sowohl im Fall Operation (Betrieb) als auch im Fall Fault (Fehler, z. B. gerissene Fahrleitung).
Der Niederspannungsbegrenzer ist an der S-PAS anzuschliessen.

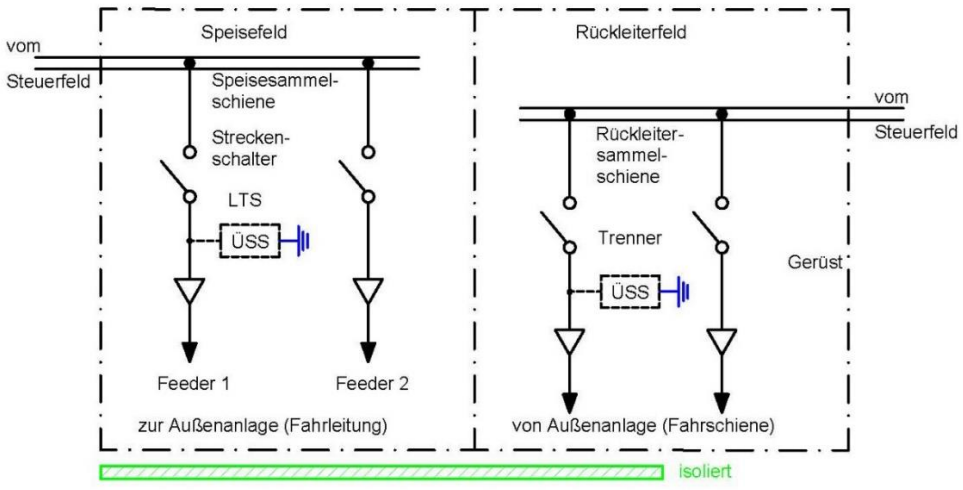


Abb. 3: Speise und Rückleiterfeld

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.3.3 Speisefelder F (Feeder)

Die Schirme der zur Strecke gehenden Speisekabel sind mit dem Gerüst zu verbinden und werden durch den Gerüstschlussschutz GSS überwacht [Abb. 2].
An der Speisesammelschiene, an der Rückleitersammelschiene und an den Trennern (Rückleitung) sowie den Leistungsschaltern (Speisung) befinden sich Kugelerdungspunkte, die mit den Kugelerdungspunkten an der S-PAS korrespondieren (zwecks Herstellung einer temporären Erdung).
Die Überspannungsschutzgeräte (z. B. A → Speisung und B → Rückleitung) werden am Einspeisemast (oder Schaltposten) und an den Fahrschienen ausserhalb des GR-Gebäudes, montiert um Überspannungen (Blitzeinwirkungen, Induktionen) vor Eintritt in das Gebäude abzufangen.

5 Niederspannung 230 V / 400 V, 50 Hz

5.1 Netzform

Das Niederspannungsnetz ist zwingend in der Netzform TN-S ab Trafo-Sternpunkt aufzubauen.
Der vom Trafo kommende PEN ist auf die N-Schiene der Niederspannungshauptverteilung (NSHV) zu legen.
N-Schiene und PE-Schiene sind mit dem zentralen Erdungsverbinder ZEV zu verbinden. Eine weitere N-PE-Verbindung darf es in diesem Netz nicht geben, sie würde das TN-S-Netz zu einem TN-C-Netz disqualifizieren.
Die Einhaltung der TN-S-Bedingung lässt sich mit einer Stromzange oder einem Differenzstromwandler um die ZEV (führt im Normalfall keinen Betriebsstrom) überprüfen bzw. überwachen.
Die PE-Schiene ist auf die HPAS zu koppeln.
Weiterhin ist eine direkte Verbindung zwischen der HES / HPAS und der Fundamenterdung herzustellen.

5.2 Abgänge von der NSHV

Die Niederspannungsverbraucher sind grundsätzlich in der Netzform TN-S einzuspeisen.

5.2.1 Standardverbraucher des GR

Die Steckdose SD (beispielhaft auch für alle anderen, fest installierten Verbraucher) wird in der Netzform TN-S versorgt. Für allgemeine Verbraucher (Licht, Wartungssteckdosen) ist ihr ein Fehlerstromschutzschalter RCD (Residual Current Device) vorgeschaltet.
In die Versorgung sicherheitsrelevanter Verbraucher (z. B. USV) darf kein RCD eingeschleift werden.

5.2.2 Wartungssteckdose WSD

Soll mit Geräten der Schutzklasse I an Anlagenteilen gearbeitet werden, die eventuell Rückleitungspotential führen, ist in den PE der Zuleitung ein RC-Glied (15 kΩ 10 W, 6 µF 400 V MP) einzufügen, um mögliche Überlastungen des PE (bei Vorliegen eines zweiten Fehlers) zu vermeiden. Diese Steckdose ist farbig zu kennzeichnen (rot) und mit einem Schild – Für Arbeiten mit Geräten der Schutzklasse I – geeignet zu beschriften.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5.2.3 IT-Abgang

Sollen z. B. ausserhalb des GR-Gebäudes befindliche, Weichenantriebe versorgt werden, sind diese über einen Trenntransformator in der Netzform IT mit Isolationsüberwachung zu speisen siehe dazu Beilage 7.

5.2.4 TT-Abgang

Bei der Versorgung einer Weichenheizung aus dem GR-Gebäude ist die Netzform TT, auch mit Fehlerstromschutzschalter, vorzusehen. Der in Kabel mitgeführte PE ist am Verbraucher isoliert zu verwahren siehe dazu Beilage 7.

6 Kabelmantelbehandlung

[Abb. 4] zeigt die Behandlung der Schirme (und Bewehrungen) von aussen zugeführter Kabel. Diese Schirme sind auf eine gegen das Bauwerk isolierte Kabelmantel-Sammelschiene (KSS) aufzulegen. Die KSS ist an der H-PAS anzuschliessen.
Die zunächst erfolgende Isolierung der KSS und dann folgende Erdung scheinen zunächst widersinnig, sind aber aus anderen Gründen erforderlich. Für Beeinflussungsmessungen wird die Erdung abgetrennt, dabei können an der KSS gefährliche Spannungen auftreten (Handlung mit Isoliermatte und Handschuhen durch den Fachmann).
Überspannungsschutzgeräte ÜSS sind am S-PAS anzuschliessen.

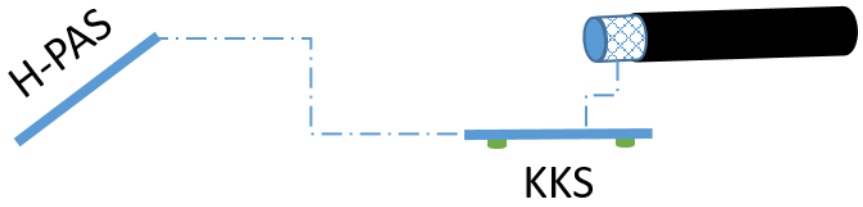


Abb. 4: Kabelmantelbehandlung im GR

7 Zuführung von Rohrleitungen

Metallene Rohrleitungen (z. B. Wasser) sind vor dem GR-Gebäude in Kunststoff zu überführen.

8 Potentialausgleich nichtelektrischer, metallener Bauteile des GR

Derartige Bauteile (z. B. Fenster-, Türrahmen, Lüftungsgitter, Lüftungs- und Heizungskanäle) sind in den Potentialausgleich einzubeziehen. Bewegliche Türblätter sind auf die Türrahmen mit flexiblen Verbindern zu koppeln [Abb. 1].

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 6

Depots und Werkstätten D/W

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	04.06.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV geprüft
B	Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3

2 Grundlagen 3

2.1 Normen und Richtlinien 3

2.2 Abkürzungen 3

3 Prinzip des Inselbetriebs 4

4 Grundsätze für den Potenzialausgleich und Isolierung 5

4.1 Potenzialausgleich und Blitzschutz 5

4.2 Energieeinspeisung 5

4.3 Niederspannungshauptverteilung NSHV 5

4.3.1 Die NSHV ist in der Netzform TN-S aufzubauen 5

4.4 Abnahmenetze 6

4.4.1 Allgemeinverbraucher 6

4.4.2 Fahrstromsschalter und Weichenantriebe 6

4.4.3 Weichenheizungen 6

4.5 Informationstechnische Kabel (LST, Telekom) 6

4.6 Metallene Medienzuführungen 6

4.7 Hilfseinspeisungen 6

5 Massnahmen an Ausrüstungen ausserhalb und innerhalb des Bauwerks 7

5.1 Ausserhalb 7

5.2 Innerhalb 7

5.2.1 Kurzschluss- und blitzstromfeste Erdungen 7

5.2.2 Potenzialausgleich für Ausrüstungen ausserhalb der Zone 1 8

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert Auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

Für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr
[12.] SNR 464022 Blitzschutzsysteme
[13.] SNR 464113 Fundamenterder

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Prinzip des Inselbetriebs

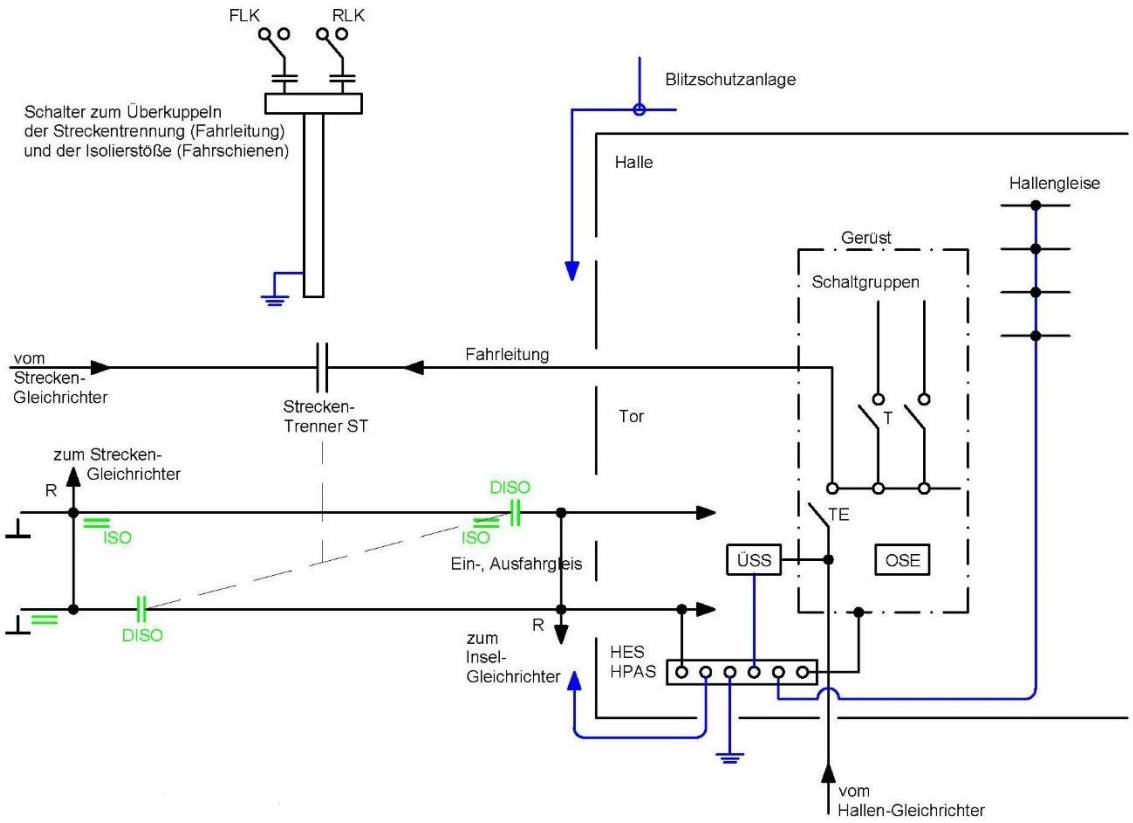


Abb. 1: Erdungskonzept Inselbetrieb

- Die Fahrstromanlage des Depots wird durch einen eigenen Gleichrichter GR versorgt.
- Das Schienennetz des Depots ist vom Streckennetz durch einen doppelten Isolierstoss getrennt.
- Das Schienennetz (Rückleitung) des Depots ist an der Erdungsanlage des Depots geerdet.
- Berührungsspannungen können sicher auf zulässige Werte begrenzt werden.
- Erdung, Isolierung, Potenzialausgleich und weiter Schutzmassnahmen lassen sich einfach gestalten.
- Eine Streustromgefährdung infolge des geerdeten Rückleitungssystem besteht wegen der niedrigen Rückleitungsimpedanz (geringe Längsausdehnung des Bauwerks) nicht.
- Bei Ausfall der Fahrstromanlage des Depots kann diese temporär auf die Fahrstromversorgung der Strecke umgeschaltet werden. Dieser nicht reguläre Betriebszustand ist jedoch wegen der dann auftretenden Streustromgefährdung schnellstmöglich zu beseitigen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4 Grundsätze für den Potenzialausgleich und Isolierung

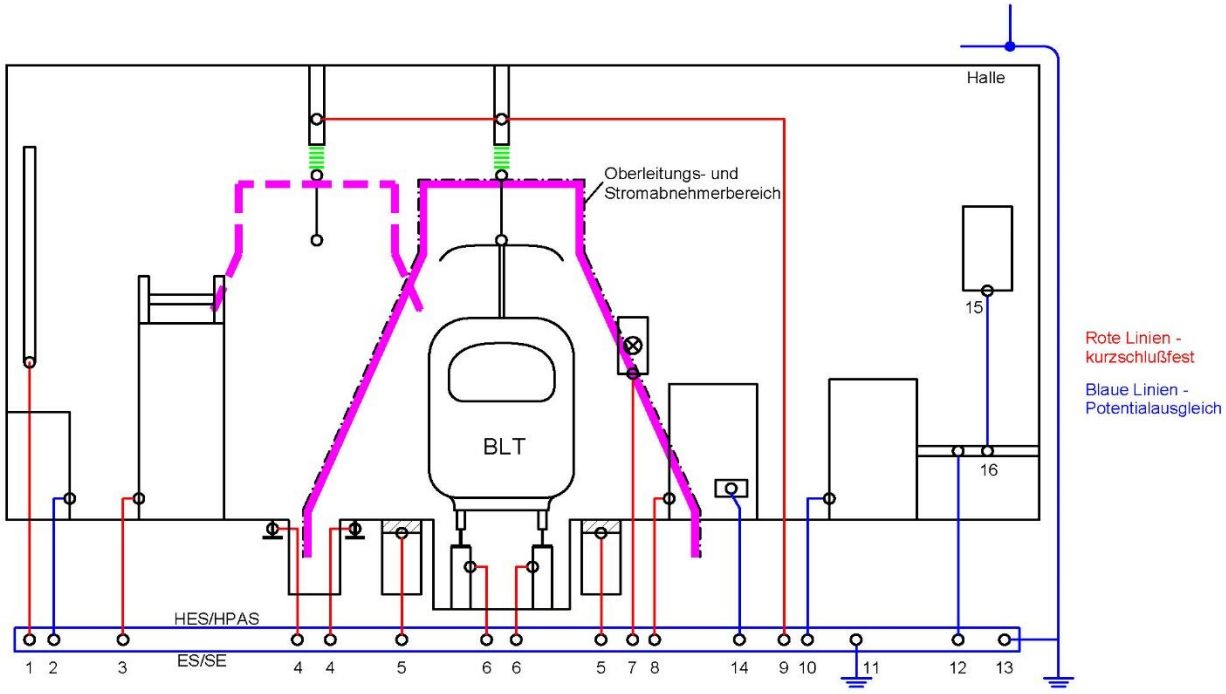


Abb. 2: Potenzialausgleich im Depots

4.1 Potenzialausgleich und Blitzschutz

Das Gebäude des Depots besitzt einen Potenzialausgleich und eine Blitzschutzanlage.

4.2 Energieeinspeisung

- Die vom örtlichen Elektrizitätswerk (EW) kommende Elektroenergie ist über einen Trenntransformator einzuspeisen.
- Überspannungsableiter ÜSS schützen die Energieeinspeisung. Sie sind mit möglichst kurzen Leitungslängen (≤ 0.50 m) anzuschliessen.
- Der vom EW mitgeführte PEN (Niederspannung) oder MS-PE (Mittelspannung) ist auf eine gegen das Bauwerk isolierte Potenzialausgleichsschiene EW-PAS aufzulegen.
- Die EW-PAS darf kurzzeitig (für Messzwecke) mit der Depot-Erde verbunden werden. Insbesondere bei einer MS-Einspeisung darf diese Verbindung auch durch einen Erdungskurzschliesser EKS zur Beherrschung von Berührungsspannungen im Fehlerfall hergestellt werden.
- Das Trafogestell ist an der Haupterdungs-/Hauptpotenzialausgleichsschiene HES / HPAS zu erden.

4.3 Niederspannungshauptverteilung NSHV

4.3.1 Die NSHV ist in der Netzform TN-S aufzubauen

- Zwischen der PEN/N-Schiene und der PE-Schiene der NSHV ist die Zentrale Erdungsverbindung ZEV einzubauen. Eine zweite N-PE-Verbindung darf es im Abnahmenetz nicht geben. Die ZEV kann mit empfindlichen Stromzangen (temporär) oder einem Differenzstromwandler (permanent) auf die Einhaltung des TN-S-Prinzips überwacht werden.
- Gerüst, Rahmen, Schrank der NSHV sind in das Erdungs- und Potenzialausgleichssystem einzubeziehen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.4 Abnahmenetze

4.4.1 Allgemeinverbraucher

Allgemeinverbraucher (Licht, Kraft, Steckdosen) werden in der Netzform TN-S über Fehlerstromschutzschalter (FI, RCD) betrieben. Hierfür sind allstromtaugliche, bahnzugelassenen Geräte einzusetzen (wegen einer eventuellen Gleichstrombeaufschlagung).

4.4.2 Fahrstromsschalter und Weichenantriebe

- Fahrstromsschalter (Hinstrom- und Rückstrom) werden in der Regel in der Netzform IT betrieben (Hohe Verfügbarkeit erforderlich, Vermeidung von Ausfällen beim Einfachfehler). Hierzu ist deren Einspeisung über einen Trenntransformator erforderlich.
- Weichenantriebe sind wie Fahrstromschalter zu behandeln.
- Die Steuerung der Fahrstromschalter erfolgt über die Ortssteuereinrichtung OSE.

4.4.3 Weichenheizungen

Weichenheizungen werden in der Netzform TT über Fehlerstromschutzschalter eingespeist.

4.5 Informationstechnische Kabel (LST, Telekom)

- Informationstechnische Kabel werden isoliert gegen das D/W eingeführt.
- Schirme und Metallmäntel sind auf eine gegen das Bauwerk isolierte Kabelmanteleerdungsschiene KSS aufzulegen. Die KSS ist mit der H-PAS zu verbinden.
- Die Adern informationstechnischer Kabel sind mit Überspannungsableitern ÜSS zu sichern.

4.6 Metallene Medienzuführungen

Metallene Medienzuführungen (Wasser, Abwasser, Heizung) können ein fremdes Erdpotenzial aufweisen und sind wie nachfolgend zu behandeln:

- Isolierung gegen das Bauwerk.
- Unmittelbar an der Einführungsstelle ist in die Medienleitung eine Isoliermuffe einzufügen. Die Isoliermuffe befindet sich innerhalb des Bauwerks, damit sich Potenzialunterschiede messen lassen.
- Die metallenen Medienleitungen innerhalb des Bauwerks ist in das Potenzialausgleichssystem einzubeziehen.

4.7 Hilfseinspeisungen

In Depots und Werkstätten kann über Elektranten und Kupplungen dem Zug Elektroenergie zwecks Prüfungen und Messungen sowie zur Zugvorheizung zugeführt werden. Hierzu sind die Herstellervorgaben zu beachten und mit den Vorgaben dieser Planungsgrundlage zu koordinieren.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5 Massnahmen an Ausrüstungen ausserhalb und innerhalb des Bauwerks

5.1 Ausserhalb

- Unmittelbar vor dem Bauwerk stehende Fahrleitungsmaste (Einspeisemaste) und Maste mit Kuppelschaltern für die zeitweilige Verbindung der Streckengleise mit den Hallengleisen sind mit der Bauwerkserdung zu verbinden. Die Fahrleitung ist mit einem Überspannungsschutz zu versehen.
- Signalmaste sind mit der Bauwerkserde zu verbinden.
- Haltetafeln (Bauteile kleiner Abmessungen) werden nicht in Erdungs- und Potenzialausgleichsmassnahmen einbezogen.

5.2 Innerhalb

Die in [Abb. 2] dargestellten Leitungen dienen sowohl der Erdung als auch dem Potenzialausgleich. Funktional stellen sie den Potenzialausgleich über die H-PAS zu einem Erder her. Vom Querschnitt her sind diese Leitungen kurz- und blitzstromfest auszulegen, wenn sich die zu schützenden Ausrüstungen und Ausstattungen in Zone 1 (Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich) befinden bzw. im Fehlerfall Bahnstrom führen.
Erdungsleitungen anderer Ausrüstungen und Ausstattungen sind dem Querschnitt der Stromzuführungen entsprechend zu bemessen. Erdungsleitungen, die lediglich elektrostatische Aufladungen verhindern sollen, sind mit 2.5 Cu – 4 Cu ausreichend bemessen.

5.2.1 Kurzschluss- und blitzstromfeste Erdungen

In [Abb. 2] sind „Bahnerdungsleitungen“ in Rot, alle anderen Erdungs- und Potenzialausgleichsleitungen in Blau dargestellt. Zu sehen ist der Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich. Die nachfolgenden Ziffern geben an, welche Ausrüstungen und Ausstattungen der D/W-Halle wie zu erden bzw. Potenzialauszugleichen sind:

1 „Bahnerdung“ des Fahrleitungsschaltgerüst
2 Potenzialausgleich elektrotechnischer Ausrüstungen
3 „Bahnerdung“ von Dacharbeitsbühnen
4 „Bahnerdung“ von Schienen bei Arbeitsgruben
5 „Bahnerdung“ von Abdeckungen über Arbeitsgängen zum Unterflur-Radsatzwechsel
6 „Bahnerdung“ von Schienenstützen
7 „Bahnerdung“ von Signalanlagen im Oberleitungsbereich
8 „Bahnerdung“ von elektrotechnischen Ausrüstungen im Oberleitungsbereich
9 „Bahnerdung“ von Fahrleitungsstützpunkten
10 Potenzialausgleich grösserer metallener Ausrüstungen wie Türen, Fenster u.a.
11 Anschluss an die Erdungsanlage
12 Anschluss zu Sammelpotenzialausgleich S-PAS, Erdungsschienen ES und Potenzialausgleichsschienen PAS
13 Anschluss der Blitzschutzanlage
14 Anschluss von Erdungs- und Potenzialausgleichsschienen in Schränken, Gehäusen
15 Anschluss von metallenen Rohrleitungen und Kanälen wie Heizung, Lüftung, Wasser, Feuerlöschanlagen
16 Sammelerder

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5.2.2 Potenzialausgleich für Ausrüstungen ausserhalb der Zone 1

Hierzu gehören mit einem Anschluss an die H-PAS:

- Metallene Gestelle, Rahmen, Gehäuse, Kabelpritschen der allgemeinen Elektroenergie-versorgung, Potenzialausgleichsschienen (PAS) in Verteilungen und Unterverteilungen (10).
- Metallene Tore, Türen, Fensterrahmen, Treppen, Medienleitungen (11).
- Grossflächige Metallstrukturen (z. B. Verkleidungen, Abdeckungen), die elektrostatische Aufladungen erfahren könnten.

Erdungs- und Potenzialausgleichsleitungen sind mit grün-gelber Isolierung auszuführen und an ihren Anschlüssen an die H-PAS zu beschriften. Zweckmässig ist, die H-PAS in zwei Abschnitte zu gliedern. In einem Abschnitt laufen alle Erdungsleitungen aus der Zone 1 auf, im anderen die übrigen Erdungsleitungen sowie Anschluss Erder und Blitzschutzanlage.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 7

Fahrleitungsanlagen

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	28.05.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV geprüft
B	Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3
2 Grundlagen 3
2.1 Potenzialausgleich und Blitzschutz 3
2.2 Abkürzungen 3
3 Fahrleitungsanlagen 4
3.1 Fahrschienen und Prelleiter 4
3.2 Fahrleitungsstützpunkte 4
3.2.1 Fahrleitungsmasten 5
3.2.2 Einspeisemasten 6
3.2.3 Schaltposten 7
3.2.4 Fahrleitungsschalter 7
3.3 Spannungsmessrelais 8
3.4 Restgefährdung 9

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert Auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Potenzialausgleich und Blitzschutz

Es für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr
[12.] SNR 464022 Blitzschutzsysteme

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Fahrleitungsanlagen

3.1 Fahrschienen und Prelleiter

Befindet sich ein Objekt (z. B. Gebäude) im Fahrleitungs- und Stromabnehmerbereich (Zone 1) und müsste es deshalb „bahngeerdet“ werden, so kann auf die Verbindung mit der Rückleitungssystem „Bahnerdung“ verzichtet werden, wenn das Objekt durch einen Prelleiter gedeckt wird [Abb. 1] . Man geht davon aus, dass z. B. eine gerissene Fahrleitung zuerst den Prelleiter berührt und die Bahnstromversorgung ausschaltet, bevor eine Berührung des Objekts erfolgt.
Als solche Prelleiter gelten auch die Fahrschienen[1]. Der Schutzbereich beträgt jeweils 0.80 m von Schienenkopfmitte nach beiden Seiten. Bei geschlossener Bettung ist jedoch die Fahrschiene **kein** Prelleiter[1]. Für die „Bahnerdung“ von Prelleitern sind wieder beide Varianten möglich: Isolierter Prelleiter – unmittelbare „Bahnerdung“, ansonsten mittelbar mit VLD-F. Prelleiter müssen kurzschlussfest sein.

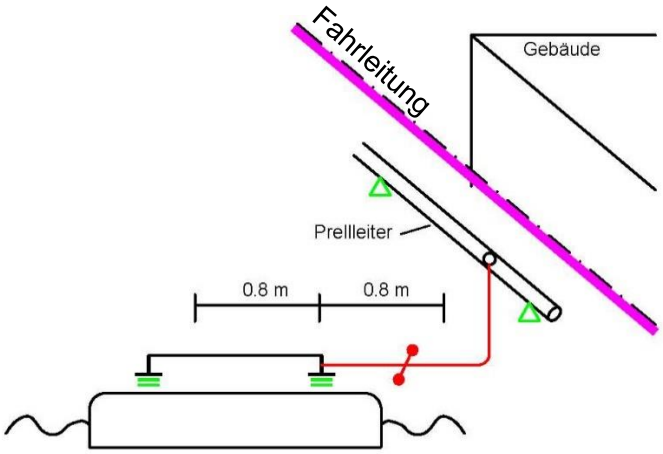


Abb. 1: Fahrschienen und Prellleiter

3.2 Fahrleitungsstützpunkte

Gefährdungspotentiale: Fahrleitungsspannung, Schienenpotential, Blitzschlag

Schutzmassnahmen:

- Unmittelbare (direkte) „Bahnerdung“ in Verbindung mit Isolation des Mastes gegen Erde
- Mittelbare (indirekte) „Bahnerdung“ durch VLD, Masterdung
- Doppelte oder verstärkte Isolation der Oberleitung, Masterdung

Bei der BLT wird bei neuanlagen und Umbauten nur die Konfiguration mit doppelter oder verstärkter Isolation der Fahrleitung und Masterdung eingesetzt. Deshalb wird nachfolgend nur die Variante doppelt oder verstärkte Isolation beschreiben. Bei doppelter oder verstärkter Isolation **entfällt** jegliche Form der „Bahnerdung“[2].

[1] SN EN 50122-1:2011 (Kap. 6.3.1.5)
[2] SN EN 50122-1:2010 (Kap. 7.4.4.2)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.2.1 Fahrleitungsmasten

Doppelte oder verstärkte Isolation der Fahrleitung

Bei der Ausführung der Fahrleitungsanlage mit doppelter oder verstärkter Isolation wird der Mast über seine Ankerbolzen und die im Fundament befindliche Bewehrung geerdet. (Berührungs- und Blitzschutz).

Eine Verbindung mit dem RLS „Bahnerdung“ erfolgt hier nicht.

Bei doppelter oder verstärkter Isolierung wird der Mast als Bauteil „geringer Abmessung“ deklariert, auch wenn er im Fahrleitungs- und Stromabnehmerbereich steht[3].

Meist wird mit doppelter Isolation gearbeitet, d.h. ein Isolator sitzt in der Verbindung Mast-Ausleger, ein zweiter Isolator dient der Abhängung von Fahrdraht und Tragseil [Abb. 2].
Verstärkte Isolation ist mit Auslegern (und Seitenhaltern) aus isolierendem Material GFK machbar, [Abb. 3].
Abspannungen von Fahrleitungen an Bauwerken sind immer so auszulegen, dass sie der doppelten oder verstärkten Isolierung entsprechen.

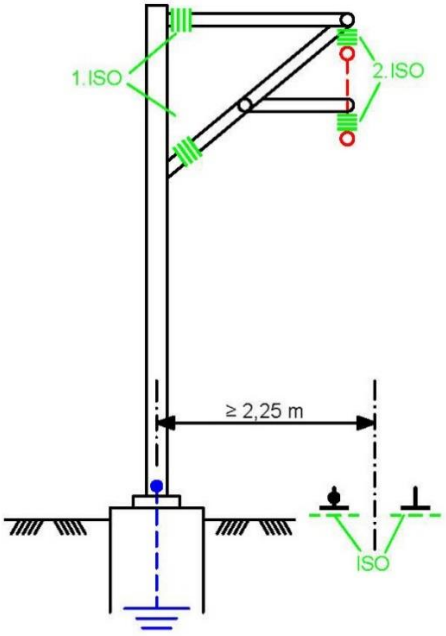


Abb. 2: Doppelte Isolierung der Fahrleitung (keine Bahnerdung)

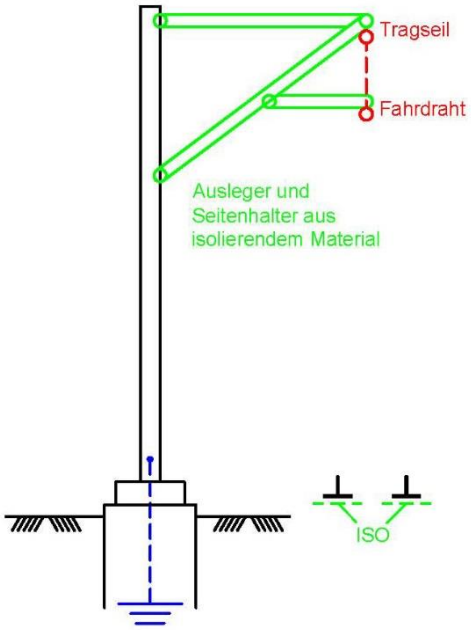


Abb. 3: Verstärkte Isolierung (keine "Bahnerdung")

[3] EN SN 50122-1 (Kap. 6.3.1.2)

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.2.2 Einspeisemasten

Die Einspeisemasten bei der BLT werden analog den Fahrleitungsmasten nicht an das RLS angeschlossen, sondern erdfühlig gestellt.

Blitzschutz

Der Ausleger ist isoliert aufgebaut und muss elektrisch neutral gehalten werden.
Bei jedem Einspeisepunkt ist ein Überspannungsableiter einzubauen. Das Schutzziel dieses Überspannungsableiters ist es den Gleichrichter vor hohen Blitzströmen zu schützen. Der Überspannungsableiter ist mit dem Tiefenerder verbunden und leitet allfällige Blitzströme sicher ins Erdreich. Der Tiefenerder darf einen maximalen Erdwiederstand von 10 Ohm haben, dieser ist bei der Erstellung zu protokollieren.

Zusätzlich zum Überspannungsleiter für den Blitzschutz ist ein Spannungsbegrenzer (VLD) zur sicheren Abschaltung der Fahrstromspeisung einzubauen. Grund hierfür ist, dass falls der Blitzschutz durchschlägt und danach nicht wieder isolierend wird, der Gleichrichter im Fehlerfall dennoch sicher abschaltet. Nur ein VLD stellt sicher, dass der Strom über das RLS niederohmig an die Quelle gelangt und den Überstromschutz sicher auslösen kann.

Detaillierte Information über die Ausführung finden sich in den BLT-Projekierungsrichtlinie Fahrstromversorgung im Kapitel (3.8).

Die Fahrleitungsschalter werden im (Kap.: [0]) beschreiben.

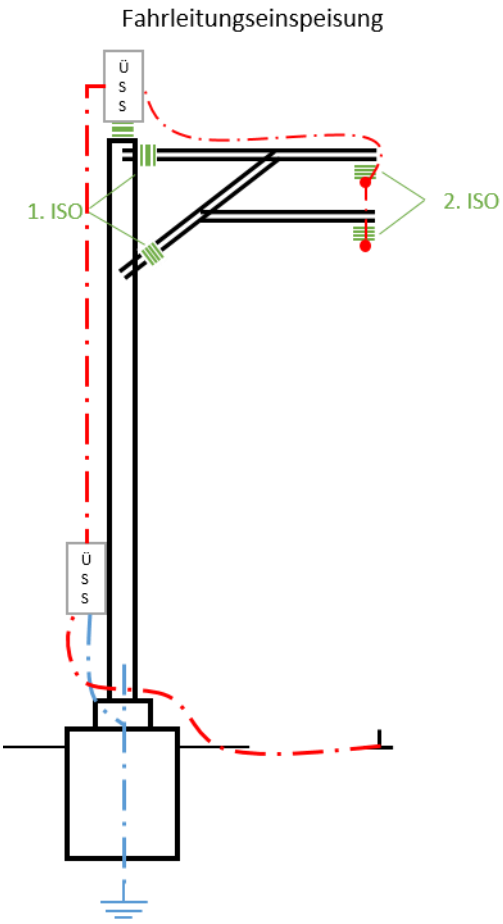


Abb. 4: Einspeisemast

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3.2.3 Schaltposten

Auf Schaltposten werden mehrere Einspeisungen auf einem metallenen Gerüst zusammengefasst. Das Gerüst entspricht dabei dem Mast eines Einspeisemastes und ist wie in (Kap.: [0]) zu beschalten.

3.2.4 Fahrleitungsschalter

Handbetätigte Fahrleitungsschalter

Bei handbetätigten Fahrleitungsschaltern und doppelt isolierten Masten sind für den Fahrleitungsschalter keine Erdungsmassnahmen notwendig.
Die Stellungserfassung der Handschalter ist in einem isolierten Kunststoffgehäuse eingebaut. Die Auswerteinheit hat keine berührbaren Leitfähigen teile (IP2x) und wird nicht in den Potenzialausgleich einbezogen. Weder ein mitgeführter Schirm noch ein allfällig mitgeführter PE Leiter werden angeschlossen, sondern isoliert aufbewahrt. Die Speiseleitung ist mit einem RCD zu schützen.

- Die Auswerteinheit darf nicht lokal geerdet werden d. h. PE-Anschluss NICHT an den Mast anschliessen

Netzform:

- TN-S Netz bei Speisung mit 230 V AC ab USV
- IT-Netz bei Speisung mit 230 V AC ab Wechselrichter 48 V DC / 230 V AC, mit Isolationsüberwachung

Absicherung:

- bei TN-S Netz:
  - Normalfall: FI-LS 6A-B / 30 mA
  - falls Nullungsbedingungen so nicht erfüllbar: LS 2-polig 2A-C + FI 30 mA
- bei IT-Netz:
  - LS 2-polig 2A-C je Antrieb
  - falls Nullungsbedingungen so nicht erfüllbar: LS 2-polig 2A-C + FI 30 mA je Antrieb

Kabeltyp:

- 1 x 4 x Ø1.5 mm
- Keinen Leiter als PE benutzen

Kabelmantel Behandlung:

- Quelle Kabelmantel an KSS anschliessen
- Seite Stellungserfassung **NICHT** anschliessen, sondern abtrennen und isolieren (abschrumpfen)

Motorbetriebene Fahrleitungsschalter

Die bei der BLT eingesetzten motorbetriebenen Fahrleitungsschalter sind in Schutzklasse I ausgeführt und bedürfen dadurch einem Schutzleiter.
Da der Mast erdfühlig steht und die Speisung des Motorantriebs ebenfalls mit über die BWE mit dem Erdreich verbunden ist muss der Schutzleiter von der Anlage mitgeführt werden. Die Bewährung ist im Antriebsgehäuse isoliert zu bewahren (abschrumpfen).

- Der Motorbetriebene Fahrleitungsschalter wird lokal geerdet d. h. PE-Anschluss des Antriebs an den Mast anschliessen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Netzform:

- TT Netz bei Speisung mit 230 V AC ab USV
- IT-Netz bei Speisung mit 230 V AC ab Wechselrichter 48 V DC / 230 V AC, mit Isolationsüberwachung

Absicherung:

- bei TT Netz:
  - Normalfall: FI-LS 6A-B / 30 mA
  - falls Nullungsbedingungen so nicht erfüllbar: LS 2-polig 2A-C + FI 30 mA
- bei IT-Netz:
  - LS 2-polig 2A-C je Antrieb
  - falls Nullungsbedingungen so nicht erfüllbar: LS 2-polig 2A-C + FI 30 mA je Antrieb

Kabeltyp:

- bei TT Netz:
  - 3 x 4 x Ø1.5 mm
  - Keinen Leiter als PE benutzen
- bei IT-Netz:
  - 3 x 4 x Ø1.5 mm
  - Keinen Leiter als PE benutzen

Kabelmantel Behandlung:

- Quelle Kabelmantel an KSS anschliessen
- Seite Motorantrieb **NICHT** anschliessen, sondern abtrennen und isolieren (abschrumpfen)

3.3 Spannungsmessrelais

Spannungsmessrelais sind Teil der Fahrleitungsanlage und werden auf Fahrleitungsmasten installiert. Die Signalspannung ist, wegen der zum Teil langen Leitungslänge, mit 230 V AC realisiert und bedarf deshalb besonderer Betrachtung.

Netzform:

- TT Netz bei Speisung mit 230 V AC ab USV
- IT-Netz bei Speisung mit 230 V AC ab Wechselrichter 48 V DC / 230 V AC, mit Isolationsüberwachung

Absicherung:

- bei TT Netz:
  - Normalfall: FI-LS 6A-B / 30 mA
  - falls Nullungsbedingungen so nicht erfüllbar: LS 2-polig 2A-C + FI 30 mA
- bei IT-Netz:
  - LS 2-polig 2A-C je Antrieb
  - falls Nullungsbedingungen so nicht erfüllbar: LS 2-polig 2A-C + FI 30 mA

Kabeltyp:

- bei TT Netz:
  - 1 x 4 x Ø1.5 mm

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

- bei IT-Netz:
  - 3 x 4 x Ø1.5 mm
  - Keinen Leiter als PE benutzen

Kabelmantel Behandlung:

- Quelle Kabelmantel an KSS anschliessen
- Seite Spannungsmessrelais **NICHT** anschliessen, sondern abtrennen und isolieren (abschrumpfen)

3.4 Restgefährdung

Reisst eine Fahrleitung, fällt auf die Erde und berührt weder das Rückleitungssystem noch ein Fahrleitungsmast, so reicht der Fehlerstrom nicht aus, die Anlage abzuschalten. Gleiches kann bei doppelter Isolation passieren, falls Fahrleitungsspannung auf den Mast gelangen sollte.
Solche Fälle treten sehr selten und dann meist im Zusammenhang mit einem Zug auf. Dabei entsteht ausreichender Abschaltstrom über die Wagenkästen.
Deshalb sollte in der Bahnanlage eine Sicht-Freihaltung auf die Fahrleitung gewährleistet sein.
Randbewuchs ist so zu halten, dass keine Bäume oder Äste auf die Bahnanlage fallen können.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 8

Weichen

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
0.2	Überarbeitung und Ergänzungen	Stephan Arnold	28.05.2019	
1.0	Finalisierung für Freigabe	Stephan Arnold	15.10.2019	BAV geprüft
B	Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Kap. 4.1, Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Electrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3

2 Grundlagen 3

2.1 Normen und Richtlinien 3

2.2 Abkürzungen 3

3 Grundsätze 4

4 Weichenantriebe 4

4.1 Einspeisung 4

4.2 Aussenanlage 5

5 Weichenheizungen 6

5.1 Einspeisung 6

5.2 Aussenanlage 6

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert Auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

Es für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Weichen

Weichen (Weichenantriebe und Weichenheizungen) können zentral vom Stellwerk aus gespiesen, gesteuert und kontrolliert werden. Möglich ist aber auch eine autarke, örtliche Speisung, Steuerung und Kontrolle (unabhängig vom Stellwerk). Erfolgt die Steuerung aus dem Stellwerk, ist die Speisung für Antrieb und Heizung immer durch einen vorgeschalteten Trenntrafo vom EW abgekoppelt.

4 Weichenantriebe

4.1 Einspeisung

Die Weichenantriebe sind in der Regel, direkt über die den Stellwerksrechner gesteuert und dadurch USV gestützt.
Die Einspeisung des Antriebs erfolgt idealerweise über einen separaten Trenntransformator mit Isolationsüberwachung in der Netzform IT.
Ist der Einbau eines Trenntransformators durch die 4-Drahtschaltung unmöglich, so wird der Weichenantrieb mit einem Bahn FI/LS (FI Typ B Gleichstromsensitiv) geschützt.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.2 Aussenanlage

Weichenantriebe (Motorgehäuse) sind kurzschlussfest mit den Fahrschienen verbunden, führen also Rückleitungspotential. Deshalb muss das Weichenantriebsgehäuse sorgfältig gegen Erde isoliert werden.
Der Weichenantrieb hat Schutzklasse 1 d.h. eine Leitende Verbindung mit dem RLS. die Einspeisung erfolgt im Idealfall über die in (Kap. [4.1]) beschrieben Netzform IT.
In bestehenden Anlagen kann diese nicht immer umgesetzt werden, Hier muss die Weichensteuerung über einen Typ B FI abgesichert werden.

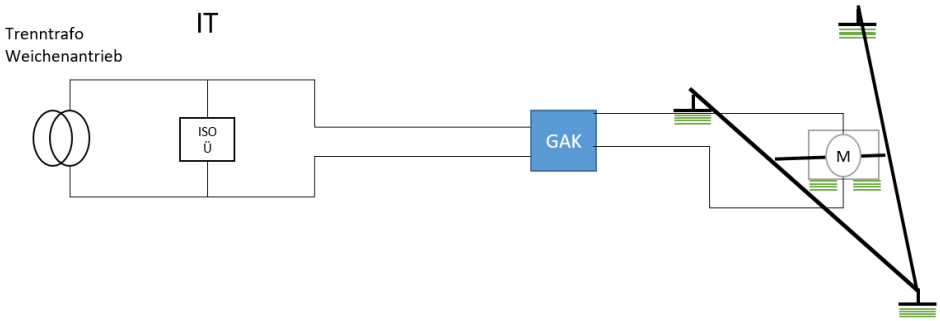


Abb. 1: Weichenantrieb Idealfall

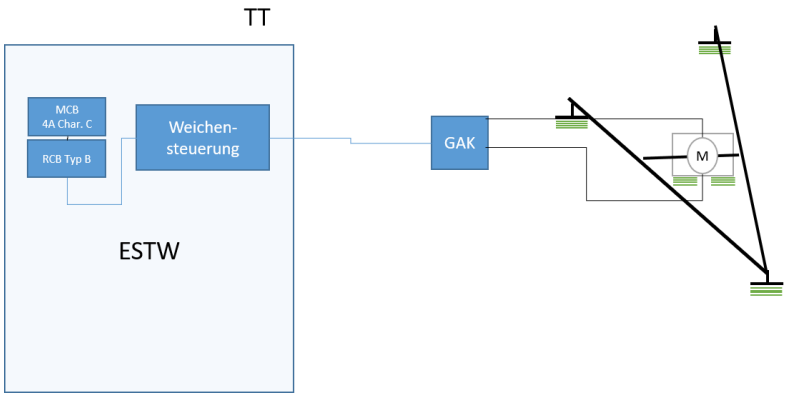


Abb. 2: Weichenantrieb Bestandesanlagen

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

5 Weichenheizungen

5.1 Einspeisung

Die Weichenheizung ist bei der BLT nicht Notstromberechtigt. Die Einspeisung der Heizstäbe erfolgt zwingend über einen Trenntransformator mit einem Bahn FI/LS [Abb. 3] (FI Typ B Gleichstromsensitiv).
Der Gerüstrahmen der Weichenheizung ist an die H-PAS anzuschliessen.

5.2 Aussenanlage

Der im Stichkabel mitgeführter PE ist im Gleiss-Anschluss-Kasten (GAK) isoliert zu verwahren.

Die metallenen Hüllen der Heizstäbe führen Rückleitungspotential infolge der Klammerung an die Fahrschienen.

Die in die Heizstäbe eingelegten Heizdrähte (im Quarzfeinsand) verlieren im Laufe der Zeit ihr Isoliervermögen gegen den Mantel des Heizstabes, deshalb die vorgeschalteten FI/LS. Damit die FI/LS im Fehlerfall ansprechen, muss ein niederohmiger Weg für den Fehlerstrom vorliegen. Obwohl die Fahrschienen einer DC-Bahn gegen Erde isoliert sind, ist der „summare Erdungswiderstand“ der Fahrschienen in einem Netz bzw. einer Strecke kleiner als 1 Ω, damit sprechen sogar 1 A-FI/LS (Anlagenschutz, ab 300 mA FI/LS) sicher an.

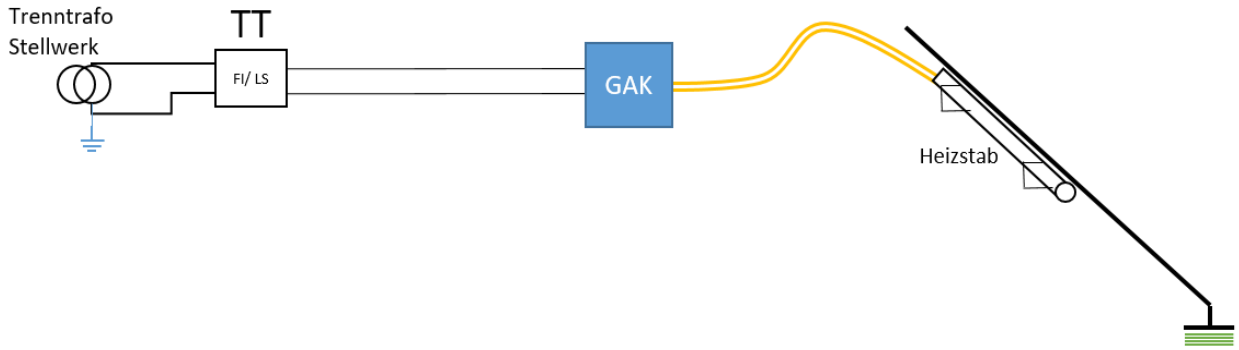


Abb. 3: Weichenheizung

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
CH-4104 Oberwil

BLT – Projektierungsrichtlinie
Rückleitung und Erdung

Beilage 9

Kunstbauten

Planungs- und Ausführungsgrundlagen für:
Erdung, Potenzialausgleich, Isolierung und Streustromschutz

31. August 2021



Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0.1	Erstellung Entwurf Handbuch	Dr. H. Tschiedel, G. Maier	22.11.2018	
1.0	Erstellung im Rahmen der Projektierung WB	Stephan Arnold	04.03.2021	
B	Dokumentenbezeichnung gemäss DBR	Stephan Arnold	07.03.2021	
C	Beilagen Nummerierung	Stephan Arnold	31.08.2021	Prüfung Elektrosuisse

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

Inhaltsverzeichnis

1 Grundsätze 3
2 Grundlagen 3
2.1 Potenzialausgleich und Blitzschutz 3
2.2 Abkürzungen 3
3 Allgemein 4
4 Kunstbauten 4
4.1 Brücken 4
4.2 Kreuzungsbauwerke und Tunnel 5
4.2.1 Berührungsschutzgeländer 6
4.2.2 Berührungsschutzdächer 7
4.3 Stützmauern 7
4.3.1 Bauwerke < 20m: 8
4.3.2 Bauwerken mit Dilatationsfugen 8
4.3.3 Bauwerken ohne Dilatationsfugen 8
4.4 Metallische Bankettsicherungen 9

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

1 Grundsätze

Die Planung- und Ausführungsgrundlage der BLT haben als Ziel sämtlichen Anlagen der BLT Standardisiert auszuführen dabei sind für das Rückleitungs- und Erdungskonzept die folgenden Punkte als wichtigste Grundsätze anzuwenden:

- Ziel ist die sichere und schnelle Abschaltung der Fahrleitungseinspeisung bei einem Fahrleitungsbruch (Fehler)
- Verhinderung von Potenzialunterschieden zum Personenschutz durch Abstand und Spannungsbegrenzung
- Korrosionsschutz durch Streustrombeherrschung.

2 Grundlagen

2.1 Potenzialausgleich und Blitzschutz

Es für das Rückleitungs- und Erdungskonzept gelten folgende massgebende Normen und Richtlinien:

[1.] Eisenbahngesetz (EBG)
[2.] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV)
[3.] Ausführungsbestimmungen EBV (AB-EBV)
[4.] Niederspannungs-Installationsverordnung NIV
[5.] Niederspannungs-Installationsnormen NIN
[6.] Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung)
[7.] Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV)
[8.] SN EN50122-1 Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag
[9.] SN EN50122-2 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückstromführung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
[10.] Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
[11.] Regelwerk Technik Eisenbahn RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch Verband öffentlicher Verkehr
[12.] SNR 464022 Blitzschutzsysteme

2.2 Abkürzungen

BWE	Bauwerkserde
EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten
H-PAS	Haupt Potenzialausgleichsschiene
LSA	Licht Signal Anlage
RCD	Residual Current Device
RLS	Rückleitungs- und Erdsystem
TN-S	Terre Neutre Séparé
USV	Unterbruchsfreie Stromversorgung
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device) Fehlerschutz

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

3 Allgemein

Um wirksame Korrosionsschutzmassnahmen mittels Streustromableitung zu ermöglichen ist der negative Pol von Speisestationen mit den Schienen zu verbinden.
Diese ist bei der BLT der Fall

4 Kunstbauten

4.1 Brücken

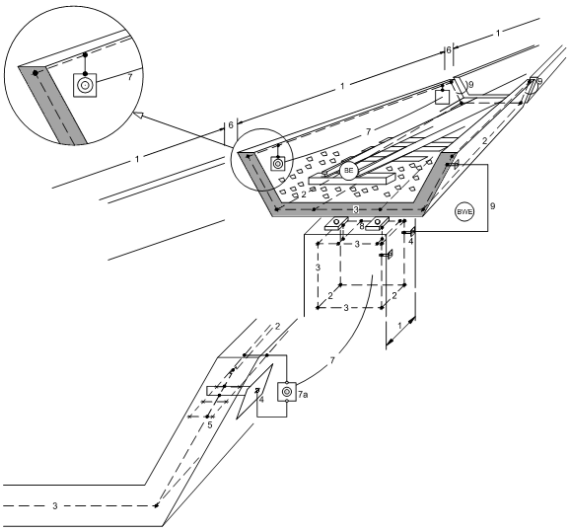
Brücken, Kreuzungsbauwerke und Tunnel besitzen Erdpotential. Oft sind Brücken auch mit Erdungsanlagen versehen (lange Brücken, Straßenbrücken mit Verkehrsleiteinrichtungen). Brücken, Kreuzungsbauwerke und Tunnel auf denen, unter denen oder in denen Wechselstrombahnen fahren, müssen Erdungsanlagen besitzen, die mit der Rückleitung der Wechselstrombahn verbunden sind.

- Das Rückleitungssystem (Fahrschienen) von Gleichstrombahnen ist sorgfältig gegen diese Bauwerke zu isolieren.
  Oft kommen hier Messgeräte zum Einsatz, die die Potentialdifferenz zwischen Bauwerkserde und DC-Rückleitung aus Gründen des Streustromschutzes überwachen.

- Zusätzlich wird für den Fall des Fahrleitungsrisses, des Isolatorenbruchs oder der Stromabnehmerentgleisung ein Schutzgerät des Typs VLD-F zwischen Bauwerkserde und DC-Rückleitung geschaltet.

- Fahrleitungsmaste und Fahrleitungsstützpunkte sind an Bauwerkserde anzuschließen, den Schutz übernimmt das vorgenannte VLD-F.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E



Legende:
1 Bauwerkelement
2 Längssammelleiter
3 Quersammelleiter
4 Mess- und Verbindungspunkt
5 Ausschnitt aus der Bewehrung
6 Bauwerktrennfuge (Dilatation)
7 Vorspannkabel
7a Kopfplatte Vorspannkabel
8 Isolierendes Auflager
9 Lösbare Verbindung (nur zusammenschliessen, wenn aus Personenschutz- oder messtechnischen Gründen erforderlich.)

Abkürzungen:
BE Bahnerdung
BWE Bauwerkerdung

Rödelverbindung
Elektrische Verbindung
Mess- und Verbindungspunkt mit Schraubanschluss

Abb. 1 Auftrennung Bauwerkserde und Rückleitungssystem

4.2 Kreuzungsbauwerke und Tunnel

Tunnel, in denen Gleichstrombahnen fahren, besitzen ebenfalls ein Erdungssystem, die Tunnelerde.

- Das Rückleitungssystem (Fahrschienen) von Gleichstrombahnen ist sorgfältig gegen diese Bauwerke zu isolieren. Oft kommen hier Messgeräte zum Einsatz, die die Potentialdifferenz zwischen Bauwerkserde und DC-Rückleitung aus Gründen des Streustromschutzes überwachen.

- Zusätzlich wird für den Fall des Fahrleitungsrisses, des Isolatorbruchs oder der Stromabnehmerentgleisung ein Schutzgerät des Typs VLD-F zwischen Bauwerkserde und DC-Rückleitung geschaltet.

- Fahrleitungsmaste und Fahrleitungsstützpunkte sind an Bauwerkserde anzuschließen, den Schutz übernimmt das vorgenannte VLD-F.

Eine Besonderheit besteht bei Strassenüberführungen über DC-Bahnen. Hier muss erschwert werden, dass eine Fahrleitungsberührung durch Übersteigen der Geländer oder Abwerfen leitfähiger Mittel (Draht) auf die Fahrleitung zustande kommt. Das Abwerfen solcher Mittel muss, wenn sie Fahrleitung und Brücke oder Person gleichzeitig berühren, einen Kurzschlussschalter auslösen. Für solche Fälle sind Maßnahmen nach den in (Abb. 2) gezeigten Prinzipien notwendig.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.2.1 Berührungsschutzgeländer

Das Berührungsschutzgeländer muss eine bestimmte Höhe haben. Es kann vollwandig sein oder im unteren Teil vollwandig und im oberen Teil Maschengitter aufweisen. Ist das Berührungsschutzgeländer aus isolierendem Material, wird ein Metallrahmen erforderlich. Die Metallteile des Berührungsschutzgeländers sind über VLD-F mittelbar „bahnzuerden“, da sie konstruktiv mit dem Baukörper verbunden sind.

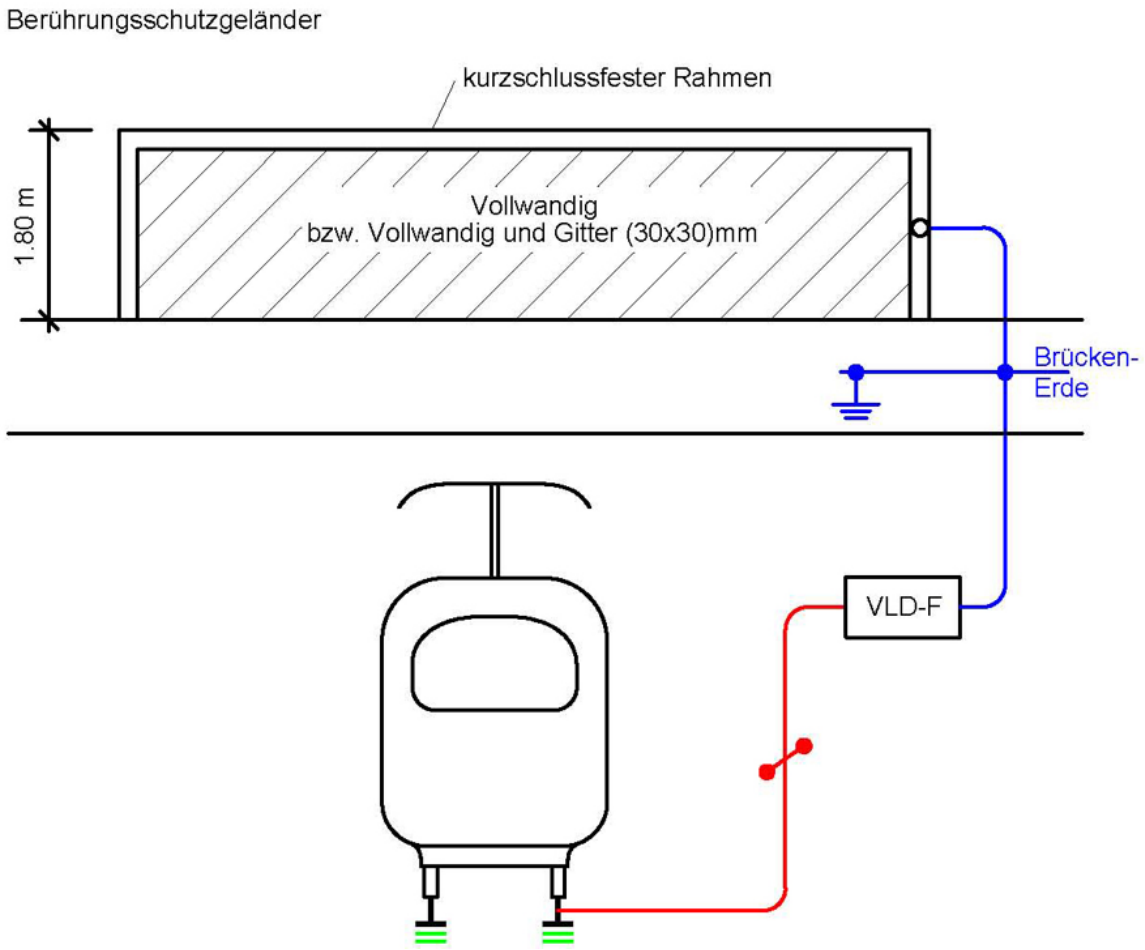


Abb. 2 Berührungsschutzgeländer

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.2.2 Berührungsschutzdächer

Ein metallenes Berührungsschutzdach muss über eine bestimmte Länge aus der Brücke herauskragen und ist über VLD-F mittelbar „bahn zu erden“. Bei einer vollständigen Isolation des Berührungsschutzdaches gegen Brückenerde ist unmittelbare „Bahnerdung“ möglich.

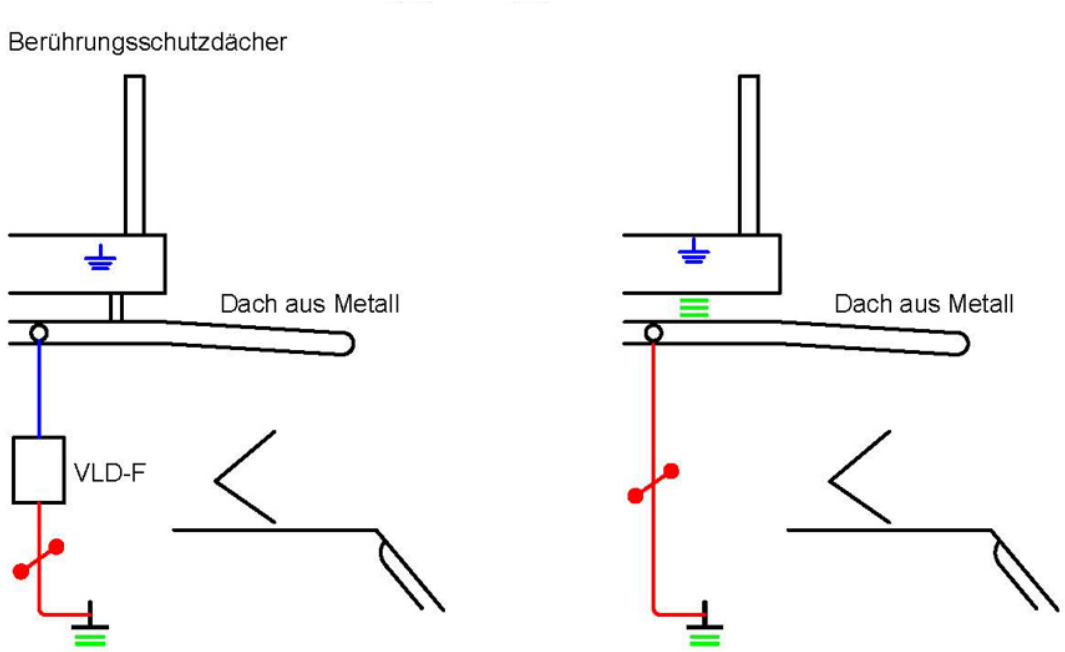


Abb. 3 Berührungsschutzdächer

4.3 Stützmauern

Gliederung in Bauwerkelemente
Die Bauwerke müssen in Längsrichtung zur Bahn in einzelne, galvanisch getrennte Bauwerkelemente aufgegliedert werden. Dies ist notwendig, um Lokale Schutzmassnahmen gezielt treffen zu können sowie um die Messung der Streustrombeeinflussung (Potenzialbeeinflussung), des Erdübergangswiederstandes und des Streustromflusses örtlich zu ermöglichen.

Ausdehnung der Bauwerkselemente
Die Länge von Bauwerkselementen ist so zu begrenzen, dass kein unzulässiger Längsspannungsfall auftritt. Es kann sinnvoll sein, die Bauwerkselemente nicht länger als 30 bis 50 m auszubilden.
Aus Gründen des Personen Schutzes kann es erforderlich sin diese getrennten Elemente elektrisch durch zu verbinden, was wiederum zu einer Erhöhung der Streustromgefährdung führt. Durch örtliche Auftrennung einzelner Verbinder können Sektoren aus dem Bauwerk ausgegliedert werden, um den Streustromschutz zu optimieren solange der Personenschutz gewährleistet bleibt. Alternativ kann die Verbindung mit Überspannungsableiter erfolgen, um dem Personen- und Streustromschutz Rechnung zu tragen.

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.3.1 Bauwerke < 20m:

keine Massnahmen erforderlich die Streustromproblematik kann vernachlässigt werden solange diese Ausserhalb der Zone 1 steht andernfalls muss diese über einen Überspannungsableiter an die Bahnschiene angeschlossen werden.

4.3.2 Bauwerken mit Dilatationsfugen

Der Längssammelleiter wird mit einem Rundstahl min. Ø 16mm ca. alle 2m an die Bewährung mittels Schweisung fest gemacht. Am Anfang und am Ende der Bauwerksabschnitte sind diese mittels Erdanschlussgarnituren zugänglich gemacht.

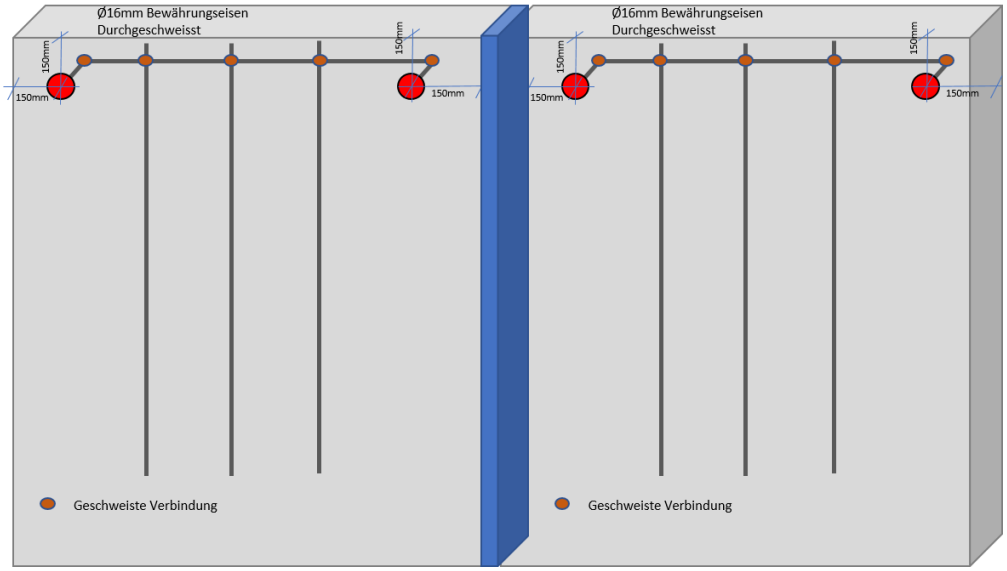


Abb. 4 Stützmauer mit Dilatationsfugen

4.3.3 Bauwerken ohne Dilatationsfugen

Der Längssammelleiter wird mit einem Rundstahl min. Ø 16mm ca. alle 2m an die Bewährung mittels Schweisung fest gemacht. Am Anfang und am Ende des Bauwerks, sowie ca. alle 30m ist diese mittels Erdanschlussgarnituren zugänglich gemacht.

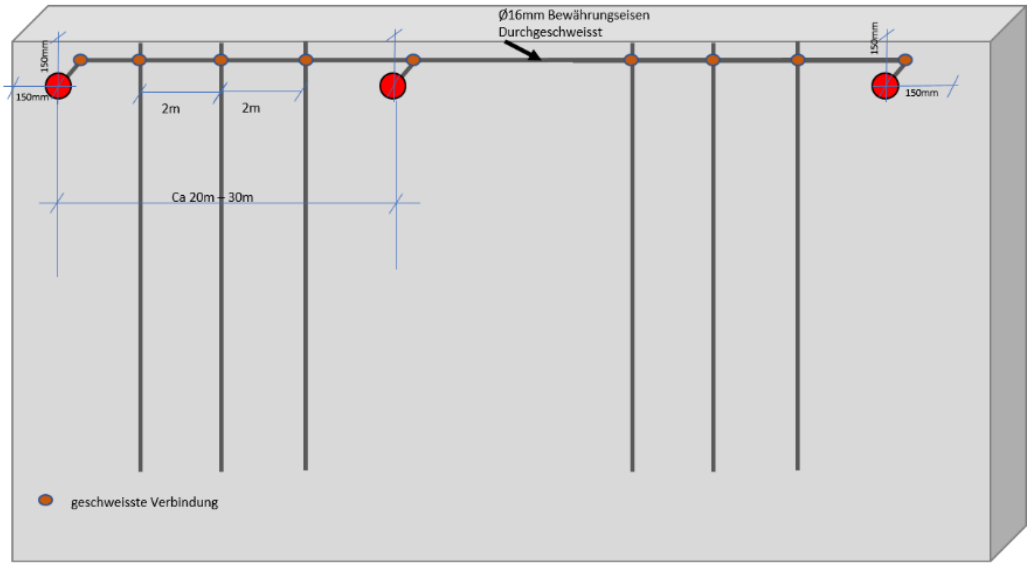


Abb. 5 Stützmauer ohne Dilatationsfugen

Docusign Envelope ID: BCE08285-930C-83DC-83A1-6D9F438E879E

4.4 Metallische Bankettsicherungen

Bei Gleichstrombahnen sollen gitterförmige Stahlnetze zur Bankettsicherung so angeordnet werden, dass sie nicht bahngeerdet werden müssen» (Bahnerdungszone 1: siehe AB-VEAB).
In Längsrichtung zur Bahn müssen metallische Bankettsicherungen in einzelne Elemente aufgeteilt werden. Idealerweise werden Auftrennungen ca. alle 20-50 m bei den Fahrleitungsmasten vorgenommen. Bei längeren abschnitten ist die Beeinflussung der einzelnen Bankettsicherungselemente durch Streuströme der Bahn nachzuprüfen.