



**Forchbahn AG, Kaltensteinstrasse 32, 8127 Forch**

---

# Rückleitungs- und Erdungskonzept

Haltestellen / Strecke

Grundsätze / Vorgaben / objektspezifische Massnahmen

VERFASSTER	Patrick Hunziker	Projektleiter TU ENV
MITWIRKENDE	Rolf Camenzind	TA Bahnelektrik
	-	-
	-	-

**Verfasser:**

**eltrend** Elektrotechnik  
Projektmanagement

Eltrend GmbH  
Striegelstrasse 8  
5745 Safenwil  
Telefon: +41(0)62 721 70 07  
Fax: +41(0)62 721 70 08  
E-Mail: info@eltrend.ch

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>1 GRUNDLAGEN</b>	<b>4</b>
1.1 Gesetzesgrundlagen	4
1.2 Anerkannte Regeln der Technik	4
1.3 Gliederung Rückleitungs- und Erdungskonzept	5
1.4 Abkürzungen	5
<b>2 SYSTEMBESCHREIBUNG</b>	<b>5</b>
2.1 Perimeter	5
2.2 Fahrbahn FB	6
2.3 Fahrleitung FB / 1200V DC	6
2.4 50-Hz-Versorgung	7
2.5 Öffentliche Beleuchtung	7
<b>3 GRUNDSÄTZE DES KONZEPTS</b>	<b>7</b>
3.1 Anforderungen an das Konzept	7
3.2 Übergeordnete Massnahmen	8
3.2.1 Verhindern von gefährlichen Berührungsspannungen	8
3.2.2 Gewährleistung Schutz vor Streustrom	8
3.3 Einzusetzende Leitertypen für typische Verbindungen	9
<b>4 OBJEKTSPEZIFISCHE MASSNAHMEN</b>	<b>9</b>
4.1 Allgemein	9
4.2 Gleisanlagen	9
4.3 Fahrleitungsanlagen	10
4.4 Kabelanlagen	10
4.4.1 Zweck dieses Konzepts	10
4.4.2 Unterscheidung von Kabelarmierungen und Schirmungen	10
4.4.3 Energiekabel (Netzeinspeisung)	11
4.4.3.1 Mittelspannung	11
4.4.3.2 Niederspannung	11
4.4.4 Niederspannungskabel	11
4.4.5 Signalkabel	11
4.4.5.1 Sicherungsanlagen	11
4.4.5.2 Kommunikationskabel	12
4.4.5.3 Glasfaserkabel	12
4.5 Rückleitung	12
4.6 Technische Kabinen	12
4.7 Weichenheizungen	13
4.8 Haltestellen	13
4.8.1 Erdungsprinzip Haltestellen	13
4.8.2 Wartehallen	14
4.8.3 50Hz-Anlagen im Publikumsbereich	14
4.8.4 Perronmöblierung	15
4.9 Öffentliche Beleuchtung	15
4.10 Zäune und Geländer	15
4.11 Sicherungsanlagen	18
4.12 Bauwerke	18
4.12.1 Spannglieder, Mikropfähle und Anker	18
4.12.2 Personenunterführungen / Brücken / Kunstbauten / Haltestellen im Projektperimeter FB	18
<b>5 REFERENZEN</b>	<b>19</b>
5.1 Normen / Gesetze / Richtlinien	19

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erdungsprinzip Haltestellen	13
Abbildung 2: Skizze isolierte Montage von Zäunen	16
Abbildung 3: Skizze nicht isolierte / isolierte Montage Zaunpfosten einbetoniert	17

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der zu verwendenden Leitertypen bei der FB	9
---	---

## Anhänge

-

## Versionenkontrolle

VERSION	DATUM	AUTOR	STATUS
V 0.1	10.08.2017	P. Hunziker	Entwurf Struktur
V 0.8	13.08.2017	P. Hunziker	Vernehmlassung
V 0.9	14.08.2017	P. Hunziker	Vernehmlassung
V1.0	23.04.2019	P. Hunziker	Erstausgabe
V1.1	03.05.2019	P. Hunziker	Korrektur

# Zusammenfassung

Das vorliegende Rückleitungs- und Erdungskonzept beschreibt die konzeptionellen Vorgaben und die daraus abgeleiteten objektspezifischen Massnahmen, die zur Erreichung einer gesetzes- und normenkonformen elektrischen Installation auf den Haltestellen und für Zäune und Geländer im Bereich der Forchbahn umgesetzt werden müssen.

Das Dokument gilt als Vorgabe für die Gewerke und Fachbereiche zur eigenverantwortlichen Umsetzung der Grundsätze und Planung der Massnahmen.

Das Dokument gilt für alle Projekte im Bereich von Haltestellen und entlang der Strecke der Forchbahn.

Für spezielle Problemstellungen im Bereich Rückleitung und Erdung, welche im vorliegenden Dokument nicht spezifiziert sind, werden durch die Abteilung Technik in Zusammenarbeit mit den jeweils verantwortlichen Planern und Unternehmern Detaillösungen erarbeitet und in den Planungsunterlagen des jeweiligen Gewerkes dokumentiert.

## 1 GRUNDLAGEN

### 1.1 Gesetzesgrundlagen

Für den Bau und Betrieb von elektrischen Anlagen von Eisenbahnen und für den Teil Rückstromführung, Erdung und Streustrom sind folgende Vorschriften massgebend:

\_ Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV, SR 742.141.1) und deren Ausführungsbestimmungen (AB-EBV)

Subsidiär zur EBV gelten nach Artikel 2 EBV folgende Verordnungen:

\_ Schwachstromverordnung, SR 734.1

\_ Starkstromverordnung, SR 734.2

\_ Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV, SR 734.27

\_ Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit, VEMV, SR 734.5

\_ Verordnung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung, NISV

Nach Artikel 2 EBV gelten als anerkannte Regeln der Technik die einschlägigen EN- und IEC-Normen sowie die Richtlinien des SEV.

### 1.2 Anerkannte Regeln der Technik

Als anerkannte Regeln der Technik werden im Bereich Erdung die folgenden europäischen Normen angewendet:

\_ EN 50122-1 [3]: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag

\_ EN 50122-2 [4]: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen

\_ EN 50122-3 [5]: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnsystemen

Weisungen und Leitsätze:

\_ Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen [7]

\_ Regeln des SEV: SNG 483755 Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen

\_ Leitsätze des SEV: SNR 464113 Fundamente der [13]

\_ SNR 464022:2015, Blitzschutzsysteme

## 1.3 Gliederung Rückleitungs- und Erdungskonzept

Das vorliegende Rückleitungs- und Erdungskonzept ist in die folgenden Teile gegliedert:

- \_ Systembeschreibung
- \_ Konzeptionelle Grundsätze und übergeordnete Massnahmen
- \_ Objektspezifische Massnahmen

Das Konzept gibt die geltenden Prinzipien für die Erdung und die Rückstromführung für die Haltestellen und den Bereich entlang der Strecke der FB vor. Diese Prinzipien sind in Skizzen und Schemata (siehe Kapitel 0) dargestellt und in vorliegendem Bericht erläutert.

## 1.4 Abkürzungen

EWE	Erdsystem des Elektrizitätswerks, hier des EKZ / WAZ (Werke am Zürichsee)
BWE	Bauwerkserde
RLS FB	Rückleitungs- und Erdsystem der Forchbahn
FB	Forchbahn
VLD	(Nieder)-Spannungsbegrenzer (voltage limiting device)
PU	Personenunterführung
GR	Gleichrichteranlage
HAK	Hausanschlusskasten Energieversorgung Niederspannung

# 2 SYSTEMBESCHREIBUNG

## 2.1 Perimeter

Der Projektperimeter für die Anwendung dieses Rückleitungs- und Erdungskonzepts wird für alle Haltestellen und den Bereich entlang der Strecke der FB.

Das vorliegende übergeordnete Rückleitungs- und Erdungskonzept gilt für sämtliche Objekte und Anlagen, die im Projektperimeter geändert oder neu gebaut werden. Insbesondere sind dies folgende Objekte:

Bahntechnik:

- \_ Gleisoberbau
- \_ Fahrleitungsanlagen
- \_ Bahnstromversorgung
  - \_ Gleichrichteranlagen
  - \_ Kabelanlagen
    - \_ Speisekabel
    - \_ Rückleiterkabel
- \_ Weichenheizungen

Haltestellen:

- \_ Wartehallen
- \_ Kundeninformation (Lautsprecher, Abfahrtsanzeiger, Smart-Info)
- \_ Billettautomat

- \_ Schränke
  - \_ Energieversorgung
  - \_ Kommunikation
- \_ Abfalleimer
- \_ Geländer
- \_ Zäune

Signalanlagen:

- \_ Stellwerke
- \_ Steuerungen Bahnübergänge
- \_ Aussenanlagen
  - \_ Signale
  - \_ Schienenkontakte + Gleisfreimelde-Einrichtungen
  - \_ Raumüberwachung (Schlaufen)
  - \_ Kabelanlagen
  - \_ Bue / Schrankenanlagen

Funk- und Telekommunikationsanlagen

- \_ Antennen
- \_ Basisstationen
- \_ Fernmeldekabel
- \_ Netzwerke

Kunstbauten:

- \_ Personenunterführungen
- \_ Ortbetonbauwerke im Bereich der Haltestellen

## 2.2 Fahrbahn FB

Der Oberbau der Forchbahn ist grundsätzlich als Schotterfahrbahn ausgebildet. Einzelne Bereiche der Strecke im Bereich von Kunstbauten (Tunnels) weisen andere Konstruktionen der Fahrbahn auf. Diese Bereiche sind bei Umbauten oder Anpassungen separat zu betrachten und spezifische Massnahmen in Bezug auf Rückleitung und Erdung zu definieren.

## 2.3 Fahrleitung FB / 1200V DC

Die Fahrleitung der FB wird auf dem Netz der FB bis zur Systemgrenze FB / VBZ Rehalp mit 1200VDC versorgt. Die Bahnstromversorgung der FB erfolgt mit vier Gleichrichteranlagen.

Die Fahrleitungsanlage wird auf dem Netz der FB als Kettenwerksfahrleitung, teilweise mit parallel geführtem Verstärkungsleiter ausgeführt.

In Teilen des Netzes der FB sind die Fahrleitungsanlagen mit einem Rückleiterseil an den Fahrleitungsmasten ausgerüstet.

## 2.4 50-Hz-Versorgung

Die 50Hz Energieversorgung der Anlagen der FB erfolgt grundsätzlich ab dem öffentlichen Netz der lokalen Energieversorger. Bestimmte Einrichtungen (Stellwerk, Funk, Polycom, usw.) sind jedoch mittels Trenntrafo galvanisch davon getrennt.

Alle 50Hz Versorgungen der Anlagen der FB werden neu im System TN-S realisiert. Teilweise sind bestehende Anlagen im System TT realisiert.

## 2.5 Öffentliche Beleuchtung

An Fahrleitungsanlagen der FB sind im gesamten Projektperimeter teilweise Elemente der öffentlichen Beleuchtung montiert. Die Einspeisung 50Hz der Elemente der öffentlichen Beleuchtung erfolgt ab dem jeweiligen Netz des lokalen Energieversorgers im System TN-C / TN-S oder TT.

# 3 GRUNDSÄTZE DES KONZEPTS

## 3.1 Anforderungen an das Konzept

Nebst den Anforderungen für eine sichere Rückstromführung gemäss AB-EBV [2], Art 44.d Ziff. 1 müssen die folgenden übergeordneten Anforderungen im Bereich der Personensicherheit beherrscht werden:

- \_ Verhindern Stromschlag bei gleichzeitigem Berühren von zwei metallisch leitenden Objekten mit einer Potentialdifferenz grösser als in EN 50122-1 und EN 50122-3. Dabei gelten leitfähige Objekte bis auf eine Höhe von 2.5 m über der Standfläche und mit weniger als 1.75 m Direktabstand als gleichzeitig berührbar gemäss AB-EBV [2], Art. 44.d, Ziff. 2.3;
- \_ Verhindern einer Berührung eines unter Spannung stehenden Objekts (z.B. der Fahrleitung oder anderen unter Spannung stehenden Teile);
- \_ Verhindern einer gefährlichen Berührungsspannung zwischen zwei gleichzeitig berührbaren fremden Erdungssystemen;
- \_ Verhindern eines Abgriffes einer grösseren Berührungsspannung ab einer Schiene als in EN 50122-1 [3] und EN 50122-3 [5]: im Betrieb, bei einem Kurzschluss oder bei einem Unterbruch in der Rückstromführung zwischen einem beliebigen Schienenstück und der speisenden Quelle.
- \_ Zusätzlich zur Personensicherheit darf der Bahnrückstrom weder Anlagen der Eisenbahnen noch Anlagen Dritter unzulässig stören oder gefährden. Daraus abgeleitet folgende Anforderungen an die Rückstromführung:
  - \_ Verhindern von Streustrom der Gleichstrombahn, welcher aufgrund seiner Korrosionswirkung Schäden an metallischen Strukturen (Armierungen, Rohren, Brücken, ...) hervorrufen kann. Dem Streustrom von Gleichstrombahnen ist daher besondere Beachtung zu schenken. Dabei sind die Anforderungen gemäss EN 50122-2 [4] Rechnung zu tragen (Streustrom = Anteil vom Traktionsstrom, der nicht über die dafür vorgesehenen Rückleiter zurück in die Gleichrichterstation fliesst);
  - \_ Verhindern von thermischer Überlastung von elektrischen Betriebsmitteln durch Rückströme der Bahn im Betriebs- wie auch im Kurzschlussfall.

Weiter soll das Rückleitungs- und Erdungskonzept Massnahmen und Vorgaben so definieren, dass eine möglichst einfache Umsetzung der Massnahmen und Unterhalt der Anlagen möglich ist. Zu diesem Zweck werden folgende grundsätzliche Vorgaben definiert:

- \_ Keine Anordnung von Elementen und Anlagen in der Zone besonderer Massnahmen oder gleichzeitiger Berührbarkeit.
- \_ Kein Anschluss von Elementen und Anlagen an das RLS FB (ausgenommen FL-Maste und Elemente der Signalanlagen)

Wenn diese Vorgaben nicht eingehalten werden können sind bei der Definition der Massnahmen immer die Auswirkungen der umzusetzenden Massnahmen über die gesamte Lebensdauer der Anlagen betrachtet werden.

## 3.2 Übergeordnete Massnahmen

### 3.2.1 Verhindern von gefährlichen Berührungsspannungen

Mit den nachfolgend genannten Massnahmen kann ein Stromschlag durch Berührung zweier Elemente, die nicht am gleichen Erdsystem angeschlossen sind, ausgeschlossen werden. Die formulierten Prinzipien stützen sich auf die EBV Art. 44 [1] und deren AB-EBV AB 44d Ziff. 2 [2] sowie die Norm EN 50122-1 [3].

1) Grundsätzlich müssen elektrisch leitende Elemente mit dem Rückleitungssystem (RLS) verbunden werden, die sich in der Zone besonderer Massnahmen gemäss AB-EBV [2] AB 44d Ziff. 4.4.1 und EN 50122-1 Kapitel 4.1 [3] befinden. Dabei gelten bei den reinen DC-Gleisen (Niederspannung  $\leq 1'500$  VDC, resp. 1'000 VAC) für die Kenngrösse X 2 Meter links und rechts jeder Gleisachse. Bei elektrischen Anlagen und metallisch leitenden Objekten in der Zone besonderer Massnahmen ist gemäss EN 50122-1 [3] Kapitel 7 zu verfahren. Alle anderen metallisch leitenden Objekte ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen werden entweder an die Erde des speisenden Netzes (EWE) angeschlossen oder sind über deren Fundament mit entfernter Erde verbunden (BWE).

Gemäss EN 50122-1, Kapitel 6.3 [3] müssen kleine leitende Teile ohne elektrische Einrichtungen, die sich in der Zone besonderer Massnahmen befinden (z.B. Schachtdeckel, Schutzgitter usw.), nicht mit dem RLS verbunden werden.

Speise- und Umgehungsleitungen werden bei der Festlegung der Zone besonderer Massnahmen nicht berücksichtigt. Aufgrund der relativ grossen Radien der Gleise bei der Forchbahn wird bei der Festlegung der Zone besonderer Massnahmen grundsätzlich keine Kurvenenerweiterung berücksichtigt.

2) Zwischen dem RLS FB und fremden Erdsystemen – hier beispielsweise EW-Erde (EWE) – muss gemäss AB-EBV, Art. 44.d, Ziff. 2.3 überall und jederzeit bis auf eine Höhe von 2.5 m über Boden ein minimaler Sicherheitsabstand von 1.75 m gewährleistet sein. Dadurch kann ein Stromschlag durch gleichzeitige Berührung zwischen den zwei fremd geerdeten Erdsystemen ausgeschlossen werden. Falls dieser Sicherheitsabstand von 1.75 m nicht eingehalten werden kann, muss eine der folgenden Massnahmen umgesetzt werden:

- \_ Isolation vom fremden Erdsystem: wie beispielsweise bei Leuchten mittels Speisung über Fehlerstromschutzschalter (RCD) und Isolationsklasse II oder räumliche Abtrennung mittels elektrisch nichtleitenden Trennwänden.
- \_ Trennung der Speisungssysteme mit Trenntransformatoren.
- \_ Verbindung: Dauernde Verbindung wie zum Beispiel bei Einrichtungen im Perronbereich oder zeitlich begrenzte Verbindungen mittels automatischen Kurzschliessern (Spannungsbegrenzungseinrichtung (en: voltage limiting device, VLD), siehe, EN 50122-1 [3] Anhang F).

Für die Festlegung der Grenzen gleichzeitiger Berührbarkeit wird gegenüber dem Bahntrasse die Grenzlinie fester Anlagen als äussere Begrenzung definiert.

### 3.2.2 Gewährleistung Schutz vor Streustrom

Die nachfolgend formulierten Massnahmen dienen dem Schutz vor DC-Streuströmen. Gesetzlich massgebend ist AB-EBV [2], Art. 44.d, Ziff. 3.

3) Um den Rückstrom in den für die Rückstromführung vorgesehenen Leitern zu konzentrieren, ist das RLS FB konsequent von fremden Erdsystemen und von der entfernten Erde zu isolieren. Allfällige sicherheitsbedingte Verbindungen zwischen fremden Erdsystemen (Schutzmassnahme gegen unzulässige Berührungsspannung) werden ausschliesslich als zeitlich begrenzte Verbindungen (durch VLD-O- oder -F) ausgeführt. Die Effizienz der Erdsystemtrennung muss jederzeit überprüft werden können.

- 4) Um den über das Erdreich (und den darin eingebetteten elektrisch leitenden Elemente) zurückfliessenden Rückstromanteil zur Gleichrichterstation zu minimieren, müssen alle rückstromführenden Objekte, respektive alle an das RLS FB angeschlossene Objekte, isoliert montiert werden. Der Ableitbelag (reziproker Wert des längenbezogenen Bettungswiderstands) zwischen den Schienen und der Erde muss gemäss EN 50122-2 [4] bei offenem Oberbau kleiner sein als 0.5 S/km pro Gleis, bei geschlossenem Oberbau kleiner als 2.5 S/km pro Gleis betragen.
- 5) Sämtliche Querverbindungen zwischen den Rückleitern der FB (wie Schiene-Schiene, Schiene- Rückleiterschiene) müssen gemäss EN 50122-2 [4] Kapitel 6.2.7 mindestens einfach elektrisch isoliert sein (T Seil gelb).
- 6) Rückstromkabel in die Gleichrichterstation müssen doppelt isoliert sein.
- 7) Da im gesamten Projektperimeter eine Gefährdung durch Streustromkorrosion nicht ausgeschlossen werden kann, ist bei bahnnahe Kunstbauten (z.B. Brücken, Unterführungen, etc.) eine Trennung von Rückleitungssystem und Bauwerkserde erforderlich.

### 3.3 Einzusetzende Leitertypen für typische Verbindungen

Falls in konkreten Fällen nicht anders vermerkt (z.B. in Schemata), sind für die elektrischen Verbindungen im Mindesten die folgenden Leitertypen anzuwenden (ein grösserer Querschnitt darf verwendet werden):

Verbindung	Leitertyp	Isolation	Farbe	Bemerkung
Anschluss elektrische Betriebsmittel an RLS FB	1 x 50 mm <sup>2</sup> Cu	doppelt	gelb-grün	
Potentialausgleichsleiter in der Zone besonderer Massnahmen FB	1 x 50 mm <sup>2</sup> Cu	doppelt	gelb-grün	z.B. für Anschluss Zäune / Geländer
Z-Verbinder und Weichenverbindungen	4 x 95 mm <sup>2</sup> Cu	einfach	gelb	Bei Isolationen und Weichen
Weichenverbindung bei vorhandenem Rückleiterseil oder Umgehungsleitung RLS	2 x 95 mm <sup>2</sup> Cu	einfach	gelb	Nur für Weichenverbindungen

Tabelle 1: Übersicht der zu verwendenden Leitertypen bei der FB

## 4 OBJEKTSPEZIFISCHE MASSNAHMEN

### 4.1 Allgemein

AB-EBV AB 44.d Ziff 1.3 [2]:

- 1.3 Für alle Anlagen und Erdungssysteme, welche im Einflussbereich des Bahnrückstromsystems liegen, ist rechtzeitig während der Planung ein Rückleitungs- und Erdungskonzept zu erstellen und zu dokumentieren. Ausgenommen davon sind ganz einfache Fälle.

Sind mehrere Betriebsinhaber betroffen, so ist das Konzept gemeinsam zu vereinbaren.

Das bedeutet, dass für alle Projekte in welchen mehrere Fachbereiche betroffen sind und die nachfolgend aufgeführten objektspezifischen Massnahmen nicht ausnahmslos umgesetzt werden können, jeweils ein projektspezifisches Rückleitungs- und Erdungskonzept nach Massgabe dieses übergeordneten Konzepts unter Berücksichtigung der gesetzlichen Grundlagen erstellt werden muss.

### 4.2 Gleisanlagen

Auf der Strecke der FB wird grundsätzlich ein offener Oberbau (Schotterfahrbahn) gemäss EN 50122-2 [4] Ziff. 5.2 eingesetzt.

Die Schienen und die Rückleiterseile dienen als Rückleitung. Die Schienen sind somit über die Länge der Strecke lückenlos zu verschweissen. Im Bereich von Isolierungen und Weichen sind die einzelnen Stränge der Schienen stromfest zu verbinden.

Die Gleisanlagen sind auf der gesamten Strecke der FB in Bezug auf Streustromschutz so auszuführen, dass die Werte des Ableitbelags gemäss EN 50122-2 [4] Ziff 5.2 eingehalten werden. Bei Ausführung der Gleisanlagen gemäss „RTE 22540 Fahrbahnpraxis Meterspur und Spezialspur“ kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen an den Streustromschutz erfüllt werden.

### 4.3 Fahrleitungsanlagen

Die gesamten Fahrleitungsanlagen der FB werden bei Neubau oder Anpassungen in einfach isolierter Bauweise realisiert. Die Fahrleitungsmaste werden gegenüber den Fundamenten isoliert montiert und über die Rückleiterseile oder direkt ans Gleis mit dem RLS FB verbunden.

An den Einspeisemasten der Fahrleitung (Bahnstromeinspeisung ab Gleichrichter) werden für die einzelnen Sektoren Überspannungsableiter (A1-Ableiter) montiert. Die Ableitung ins Erdreich erfolgt über Tiefenerder. Die Ableitung ins Erdreich darf einen maximalen Erdübergangswiderstande (Ausbreitungswiderstand) von 10 Ohm nicht überschreiten. Zwischen Tiefenerder und RLS FB sind Überspannungsableiter (A2-Ableiter) mit einer Ableitspannung von 120VDC eingebaut.

Der Blitz- und Überspannungsschutz der Fahrleitungsanlagen ist somit gemäss den Vorgaben der VDV-Schrift 525 [9] ausgeführt.

### 4.4 Kabelanlagen

#### 4.4.1 Zweck dieses Konzepts

In diesem Konzept werden die Grundsätze der Erdung von Kabelarmierungen und Schirme für das gesamte Netz der FB festgelegt. Folgende Ziele werden mit diesem Konzept verfolgt:

- \_ Vermeidung von Betriebsströmen in Armierungen und Schirmen
- \_ Vermeidung gefährlicher Berührungsspannungen an Armierungen und Schirmen
- \_ Vermeidung des Zusammenschlusses von verschiedenen Erdungssystemen über Armierungen und Schirme
- \_ Vermeidung von Störungen an Anlagen und Signalen durch Ein- und Auskopplungen an Kabeln

#### 4.4.2 Unterscheidung von Kabelarmierungen und Schirmungen

Es wird zwischen Armierungen und Schirmungen unterschieden.

Die Armierung schützt insbesondere vor mechanischen Beschädigungen und Schäden durch Nagetiere und dient zur Aufnahme von Zugkräften. Sie besteht meist aus Bändern oder Drähten.

Der Schirm hält äußere elektrische Felder von den Leitern fern und verhindert den Austritt derartiger Felder aus dem Kabel oder der Leitung. Diese Schirmung wird durch Metallmäntel, Schirmgeflechte, konzentrische Leiter, Bänder, Folien und Bewehrungen geschaffen.

Somit dient die Armierung zum Schutz des Kabels vor äusseren mechanischen Einflüssen. Die Schirmung dient zur Sicherstellung des Störschutzes der Signale welche übertragen werden respektive dem Schutz von Drittsystemen vor Störaussendungen des Kabels.

Ein Spezialfall sind Energiekabel des Mittelspannungs- und Niederspannungsnetzes. Bei Mittelspannungskabeln kann die Armierung / Schirmung auch als konzentrischer Leiter ausgebildet sein, welcher der Erdung der Anlagen und dem Schutz Dritter bei Beschädigung des Kabels dient. Bei Niederspannungsanlagen ist meist ein konzentrischer Leiter vorhanden welcher als PEN-Leiter dient. Die Gleichstromkabel der Traktionsstromversorgung (nur Hinleiter) haben ebenfalls eine Armierung / Schirmung zum Schutz bei Beschädigung.

Armierte Kabel werden vorwiegend im Aussenbereich eingesetzt.

Geschirmte Kabel werden vorwiegend für die Signalübertragung im Innen- und Aussenbereich eingesetzt.

#### 4.4.3 Energiekabel (Netzeinspeisung)

##### 4.4.3.1 Mittelspannung

Mittelspannungseinspeisungen sind bei der FB in den Gleichrichteranlagen vorhanden.

Die Schirme der Mittelspannungskabel der Einspeisungen werden in den Einspeisefeldern starr mit der Anlagenerde der jeweiligen Anlagen verbunden. Dabei ist zu beachten, dass die Kabel in der speisenden Station ebenfalls mit der Anlagenerde und somit mit der EWE verbunden sind.

Da sich die mit Mittelspannung versorgten Anlagen der FB in Gebäuden mit kleiner Ausdehnung befinden (Ausnahme Tunnel Zumikon), sind die Fundamenterdungen der entsprechenden Gebäude schwierig so zu erstellen, dass bei Erdschlüssen im Mittelspannungsnetz ausreichend tiefe Berührungsspannungen sichergestellt werden können. Somit ist der Anschluss der Schirme an die Anlagenerde zur Sicherstellung des Personenschutzes nötig. Falls vom Netzbetreiber des speisenden Netzes kein Anschluss der Schirme zulässig ist, sind Massnahmen zur Sicherstellung des Personenschutzes zu definieren (gesteuerte Stationserdung / isolierte Standorte).

Die Ausführung der Erdungen der Anlagen und Kabelschirme ist bei Erweiterungen / Neubauten der entsprechenden Anlagen in einem Rückleitungs- und Erdungskonzept für den jeweiligen Fall aufzuzeigen.

##### 4.4.3.2 Niederspannung

Bei Speisung von Anlagen im System TN-C (4-Leiter System) werden auf der Netzseite meist Energiekabel mit konzentrischem Aussenleiter (GKN-Kabel) verwendet. Bei Verwendung von GKN-Kabeln ist in der Regel der Schirm als PEN-Leiter angeschlossen. Der PEN Leiter ist auf einen isolierten Anschlusspunkt (meist im Hausanschlusskasten [HAK]) anzuschliessen. Der weitere Anschluss des PEN-Leiters ab dem HAK wird durch die zu realisierende Installationsart (TN-S / TT) bestimmt.

#### 4.4.4 Niederspannungskabel

Die Armierung von Niederspannungskabeln ist grundsätzlich einseitig auf der speisenden Seite an Erde anzuschliessen. Die nicht geerdete Seite der Armierung ist gegen Berührung zu schützen (abschrumpfen).

#### 4.4.5 Signalkabel

##### 4.4.5.1 Sicherungsanlagen

Die Armierung der Stammkabel der Sicherungsanlagen ist grundsätzlich einseitig auf der speisenden Seite (Stellwerk, Steuerung Bue) an das Bezugs-Erdsystem des Stellwerks anzuschliessen. Die nicht geerdete Seite der Armierung ist gegen Berührung zu schützen (abschrumpfen).

#### 4.4.5.2 Kommunikationskabel

Bei Kommunikationskabeln richtet sich der Anschluss der Armierungen / Schirme nach den Anforderungen des Systemlieferanten respektive der eingesetzten Technologien, den Kabellängen und der vorhandenen Störeinflüsse. Eine allgemein gültige Aussage zur Behandlung der Armierungen und Schirme kann nicht gemacht werden.

Grundsätzlich sind folgende Grundsätze zu beachten:

- \_ Vermeidung von Masse- und Erdschleifen
- \_ Vermeidung der Zusammenschaltung von verschiedenen Erdsystemen
- \_ Vermeidung der Übertragung von Betriebsströmen (insbesondere Traktions-Rückströme) auf Schirmen und Armierungen

Für Kommunikationskabel ist fallweise ein Block- oder Prinzipschema der Erdungen von Kabelschirmen und Armierungen durch den Ersteller der Anlagen zu erstellen.

#### 4.4.5.3 Glasfaserkabel

Glasfaserkabel werden grundsätzlich in metallfreier Ausführung eingesetzt. Somit erübrigen sich Betrachtungen betreffend Erdung der Armierung.

### 4.5 Rückleitung

Die Traktionsstrom-Rückleitung erfolgt auf der gesamten Strecke der FB über die Fahrschienen und Rückleiterseile.

Die Dimensionierung der Rückleiterkabel wurde im Rahmen der Lastflussberechnung (erstellt von ENOTRAC) berechnet / verifiziert.

Die Anschlüsse der Rückleiterkabel ans Gleis sind gemäss AB-EBV [2] AB44.d Ziff 1.6.2 über 50m zu verteilen. Falls die Verteilung auf 50m aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich ist, sind die Abweichungen zu begründen und zu dokumentieren.

### 4.6 Technische Kabinen

Auf dem Netz der FB befinden sich Technische Kabinen unterschiedlicher Gewerke und Nutzung. Dies sind:

- \_ Weichenheizung
- \_ 50Hz-Energieversorgung
- \_ Kommunikation / Video / Datennetz / Funk / Fernwirkanlage
- \_ Bue-Steuerungen

Die Energieversorgung der Kabinen für Weichenheizung, 50Hz-Energieversorgung, Kommunikation und Fernwirkanlage erfolgt in der Regel ab dem öffentlichen Netz mit Energie 2x400/230V/50Hz im System TN-C. Der HAK ist in den jeweiligen Kabinen integriert. Im HAK erfolgt die Auflösung von System TN-C nach System TN-S.

Die Energieversorgung der Kabinen der Bue-Steuerungen und Funksender erfolgt von den benachbarten Stellwerken. Einzelne Bue-Steuerungen sind in Betonkabinen eingebaut. In diesen Betonkabinen erfolgt die Energieversorgung für die Heizung und Beleuchtung der Kabinen ab Ortsnetz.

Gemäss Starkstromverordnung Artikel 58 [12] Ziff. 3 Abs. a ist beim Übergang vom Netz in die Installation (also beim HAK) die Installation zu erden. Für die lokale Erdung wird mit dem Fundament der Kabine eine Fundamenteerde gebildet oder die Fundamenteerde der nächstgelegenen Haltestelle oder ein Erder des Elektrizitätswerks verwendet. Der lokale Erder muss einen Erdübergangswiderstand von <20 Ohm aufweisen. Welche Erdung zur Anwendung kommt, wird durch den jeweiligen Ersteller der Anlage in Abhängigkeit der Örtlichkeiten und Zugänglichkeiten zu den entsprechenden Erdungsanlagen festgelegt. Durch den Ersteller der Anlagen ist der

Anschlusspunkt des Erders, der Erdübergangswiderstand und die Einhaltung der Abschaltbedingungen gemäss NIN [10] nachzuweisen und zu dokumentieren.

Die Kabinen werden in der Regel ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen angeordnet. Die Kabinen werden direkt (also nicht isoliert) auf den jeweiligen Fundamenten / Schächten montiert. In den Kabinen wird im Bereich der Auflösung TN-C / TN-S der PEN-Leiter des speisenden Netzes mit dem lokalen Erder der Kabine verbunden, die Kabinen sind somit an EWE angeschlossen.

Fall eine Aufstellung der Kabinen in der Zone besonderer Massnahmen erfolgen muss, oder die in den Kabinen Einrichtungen eingebaut sind, welche an das RLS FB angeschlossen sind (Bue-Steuerung, Funk, usw.) werden die Kabinen isoliert auf den Fundamenten / Schächten montiert und an das RLS FB angeschlossen. Falls in der Umgebung dieser Kabinen gleichzeitig berührbare, an ein fremdes Erdungssystem angeschlossene Elemente vorhanden sind, sind Massnahmen zur Begrenzung der Berührungsspannungen zu treffen (z.B. VLD).

## 4.7 Weichenheizungen

Die Energieversorgung und Erdung der Kabinen der Weichenheizung erfolgt gemäss den Festlegungen Kap. 4.6.

Die Abgänge an die Weichenheizstäbe werden mit RCD (FI-Schutzschalter) ausgerüstet. Die Speisung der Weichenheizstäbe erfolgt im System TT wobei das RLS FB als Schutzterde verwendet wird. Mit dieser Lösung ist eine sichere Abschaltung der Einspeisung der Weichenheizstäbe bei Defekt derselben wie auch eine sichere Trennung zwischen EWE und RLS FB sichergestellt.

## 4.8 Haltestellen

### 4.8.1 Erdungsprinzip Haltestellen

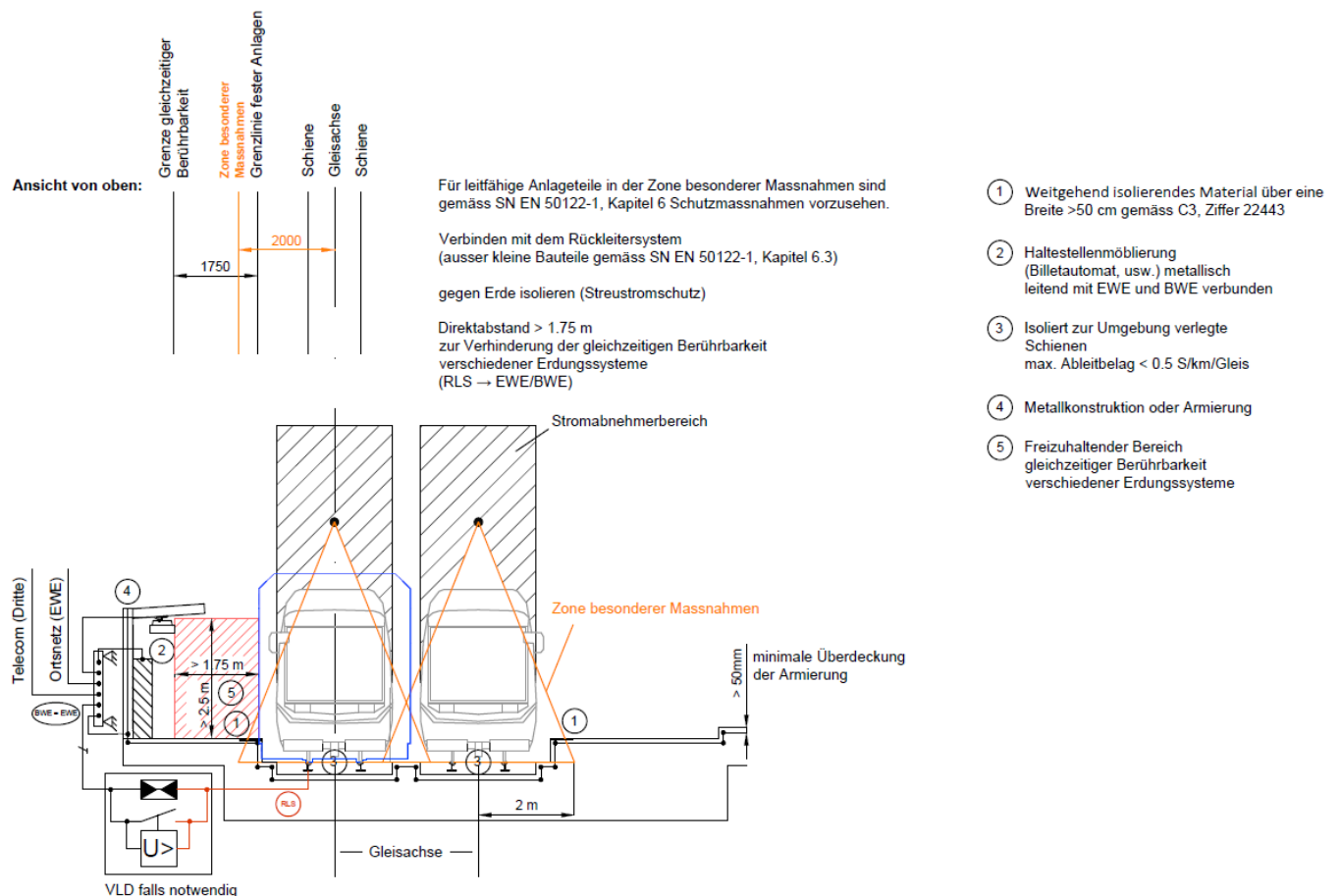


Abbildung 1: Erdungsprinzip Haltestellen

## 4.8.2 Wartehallen

Die Fundamente der Wartehallen bestehen aus Ortbeton. Die Wartehallen selbst bestehen aus einer Stahl-Glas-Konstruktion, welche auf die Fundamente mittels Ankern verschraubt wird.

Im Ortbetonfundament wird ein Fundamenterder mit einem verzinkten Stahlband oder entsprechend ausgewählten Bewehrungsseisen gemäss SNR 464113 Fundamenterder [13] erstellt. Vom Fundamenterder werden an der Oberfläche des Fundaments Anschlusspunkte (z.B. Arthur Flury AG FE73) erstellt. Die Fussplatten der beiden aussenliegenden Stützen der Wartehalle werden an die Anschlusspunkte des Fundamenterders angeschlossen. Die gesamte metallische Konstruktion der Wartehalle ist elektrisch leitend mit einem Querschnitt von 50mm<sup>2</sup> Cu / 75mm<sup>2</sup> Fe zu verbinden. Dies gilt insbesondere für Flanschverbindungen in der Konstruktion, wenn die Konstruktion mit einer nichtmetallischen Beschichtung (Pulverbeschichtung / Farbe) versehen ist. Mit dieser Lösung ist sichergestellt, dass die gesamte Konstruktion der Wartehalle dasselbe Potential aufweist und somit innerhalb des Bauwerks keine gefährlichen Berührungsspannungen auftreten können.

Für den Anschluss des Fundamenterders an den HAK der Energieversorgung wird ein Anschlusspunkt an den Fundamenterder in einem zugänglichen Bereich (erschlossen mit einem Elektrorohr) erstellt.

Die Wartehallen werden so konstruiert und angeordnet, dass alle metallisch leitenden Teile der Wartehallen ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen und ausserhalb der Grenzen gleichzeitiger Berührbarkeit angeordnet sind.

Falls aufgrund der örtlichen Verhältnisse metallisch leitende Elemente der Wartehallen in der Zone besonderer Massnahmen oder innerhalb der Grenzen gleichzeitiger Berührbarkeit angeordnet sind, wird zwischen dem Fundamenterder der Wartehalle und dem RLS FB eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD) angeordnet.

## 4.8.3 50Hz-Anlagen im Publikumsbereich

Die Haltestellen werden in der Regel ab dem öffentlichen Netz mit Energie 3x400/230V 50Hz im System TN-C versorgt. Der HAK ist im Schrank oder der Kabine Energieversorgung integriert. Im HAK erfolgt die Auflösung von System TN-C nach TN-S wobei der Fundamenterder der Wartehalle als Erder (gemäss NIN [10] Ziff. 4.1.1.4) angeschlossen wird.

Alle elektrischen Betriebsmittel im Publikumsbereich befinden sich in der Regel ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen gemäss [2].

Falls elektrische Betriebsmittel innerhalb der Zone besonderer Massnahmen angeordnet werden, sind diese sonderisoliert (Schutzklasse II nach EN 61140) auszuführen. Fallweise können abweichende Massnahmen definiert werden (Versorgung System TT, isolierte Montage, usw.).

Der Abstand zwischen berührbaren metallische leitende Objekte, Strukturen die mit EWE verbunden sind und Zügen oder metallische leitende Objekte, Strukturen die mit dem RLS verbunden sind muss über eine Höhe von 2.5m grösser als 1.75m sein. Dies gilt insbesondere bei Haltestellen. Falls dies nicht eingehalten werden kann, sind Massnahmen zur Begrenzung der Berührungsspannungen zu definieren.

Der Anschluss der Verbraucher erfolgt im System TN-S. Die Gehäuse der elektrischen Betriebsmittel, welche nicht sonderisoliert (Schutzklasse II nach EN 61140) ausgeführt sind, werden jeweils über die Zuleitung der Energieversorgung geerdet und sind somit mit der EWE verbunden.

Um zu einem späteren Zeitpunkt Massnahmen zur Begrenzung der Berührungsspannungen im Bereich der Haltestelle umsetzen zu können, ist zwischen dem Schrank Energieversorgung der Haltestelle und dem Gleis eine Rohrverbindung zum späteren Einzug und Anschluss einer Verbindung auf das RLS FB zu erstellen. Im Schrank Energieversorgung der Haltestelle ist Reserveplatz für die Montage einer Spannungsbegrenzungseinrichtung (VLD) vorzusehen.

#### 4.8.4 Perronmöblierung

Im Bereich der Publikumsanlagen der FB sind ausserhalb der Wartehallen Elemente der Perronmöblierung mit elektrischen Betriebsmitteln vorhanden (Uhren, Beleuchtung).

Alle Elemente der Perronmöblierung sollen ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen und ausserhalb der Grenzen gleichzeitiger Berührbarkeit gemäss AB-EBV [2] AB 44d Ziff 4 angeordnet werden. Für diese Elemente gilt:

- \_ Alle metallisch leitenden Elemente der Perronmöblierung werden über die jeweiligen Fundamente erdfühlig montiert.
- \_ Elektrische Betriebsmittel der Perronmöblierung werden im System TN-S vom Schrank / Kabine Energieversorgung 50HZ versorgt.

Für alle Elemente der Perronmöblierung welche in der Zone besonderer Massnahmen oder innerhalb der Grenzen gleichzeitiger Berührbarkeit angeordnet werden, gilt:

- \_ Alle metallisch leitenden Elemente der Perronmöblierung werden über die jeweiligen Fundamente erdfühlig montiert.
- \_ Elektrische Betriebsmittel der Perronmöblierung werden im System TN-S vom Schrank / Kabine Energieversorgung 50HZ versorgt.
- \_ Die elektrischen Betriebsmittel sind in Schutzklasse II (nach EN 61140) einzusetzen
- \_ Die Ausdehnung der Elemente darf 15m parallel zum Gleis / 2m senkrecht zum Gleis nicht überschreiten (siehe Ausnahme für kleine leitfähige Bauteile gemäss EN 50122-1 [3] Ziff 6.3.1.2). Elemente mit grösserer Ausdehnung können mit geeigneten Isolationsmassnahmen in Einzelelemente mit den entsprechenden Abmessungen unterteilt werden.

Falls die Vorgaben nicht eingehalten werden können, sind Massnahmen in Bezug auf Rückleitung und Erdung zu definieren.

### 4.9 Öffentliche Beleuchtung

An den Fahrleitungsanlagen der FB werden teilweise Einrichtungen der öffentlichen Beleuchtung installiert. Die Energieversorgung der Leuchten erfolgt ab dem öffentlichen Netz.

Zur Vermeidung von Ausgleichsströmen und gefährlichen Berührungsspannungen sowie zur Einhaltung der Vorgaben gemäss AB-EBV [2] AB44.c Ziff 8.3.3 müssen alle Leuchten der öffentlichen Beleuchtung, welche oberhalb der Fahrleitungsanlage oder an Fahrleitungsmasten der FB montiert werden, in sonderisolierter Ausführung (gemäss NIN [10] Ziff. 4.1.2 und Schutzklasse II gemäss EN 61140) ausgeführt werden. Somit wird der Schutzleiter des speisenden Netzes nicht mit dem Gehäuse der Leuchte verbunden.

Bei der Wahl der Leuchten ist zu beachten, dass gemäss EN 50122-1 [3] Ziff. 7.3.2 die definierte zeitweilige Überspannung mindestens der Fahrleitungsspannung entsprechen muss.

### 4.10 Zäune und Geländer

Zäune und Geländer sollten ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen gemäss AB-EBV[2] AB 44d Ziff 4 erstellt werden.

Bei Zäunen und Geländern ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen, welche mit Fundamenten im Erdreich erstellt werden, sind keine speziellen Massnahmen betreffend Erdung umzusetzen. Diese Zäune Geländer dürfen nicht an ein Erdungssystem angeschlossen werden sondern sind über die Fundamente erdfühlig montiert.

Bei erdfühlig montierten Zäunen und Geländern (also Zäune, welche nicht an ein Erdsystem angeschlossen sind) ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen, welche gleichzeitig mit einem Erdsystem berührbar sind (RLS FB, BWE oder EWE) sind in den Normen und Vorschriften keine Massnahmen betreffend Erdung oder Isolation

vorgesehen. In den Normen und Vorschriften wird davon ausgegangen, dass mit der Einhaltung der Werte für die höchstzulässigen Berührungsspannungen (Schienenpotential) zwischen dem RLS und erdfühlig montierten Zäunen keine unzulässigen Potentialunterschiede auftreten können. Somit besteht bei Gleichstrombahnen keine Grundlage in den Vorschriften und Normen, welche die Länge von Zäunen und Geländern entlang der Bahn (solange diese ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen liegen) begrenzt. Um die Verschleppung von Potentialen entlang der Bahn einzugrenzen und um kontrollierbare Segmente der Zäunen und Geländer zu schaffen, werden folgende Festlegungen definiert:

- \_ Zäune entlang der Bahn werden in Abschnitte von maximal 15m Länge unterteilt
- \_ Zwischen den Abschnitten ist eine Isolationsdistanz von min. 50mm einzuhalten

Zäune und Geländer, welche aufgrund der örtlichen Begebenheiten innerhalb der Zone besonderer Massnahmen erstellt werden müssen, sind in jedem Falle in galvanisch getrennte Abschnitte von maximal 15m Länge parallel zum Gleis respektive 2m Länge senkrecht zum Gleis zu unterteilen (gemäss EN 50122-1 [3] Ziff. 6.3.1.2). Die einzelnen Elemente dürfen nicht an ein Erdungssystem angeschlossen werden. Zwischen den Elementen muss ein minimaler elektrischer Isolationsabstand von 50mm eingehalten werden. Weiter muss darauf geachtet werden, dass eine Verschleppung von gefährlichen Potentialen vom Fehlerort über die galvanisch getrennten Elemente des Zauns oder Geländers wirksam verhindert wird (gemäss EN 50122-1 [3] Ziff. 6.3.1.2). Die Verschleppung von gefährlichen Potentialen kann durch die Bildung von neutralen Zonen in den Zäunen und Geländern (isolierte Montage von Abschnitten des Zauns oder Geländers gegenüber dem Erdreich, kein Anschluss an ein Erdsystem, Isolation ausgelegt für 2 kV / 1min) oder isolierte Montage der Stützen im Bereich der Trennungen erreicht werden.

Beim Verlassen des Zauns oder Geländers aus der Zone besonderer Massnahmen ist in jedem Fall eine neutrale Zone im Zaun oder Geländer einzubauen.

Die Realisierung einer neutralen Zone oder Isolierte Montage von Zäunen ist gemäss nachfolgender Skizze umzusetzen. Für Geländer und Leitplanken gelten die selben Anforderungen.



Abbildung 2: Skizze isolierte Montage von Zäunen

Die isolierte Montage von einbetonierten Stützen (Variante 4) kann zum Beispiel durch Abschrumpfen der Stützen vor dem Einbetonieren erfolgen. Dabei muss beachtet werden, dass der Schrumpfschlauch mindestens 100mm über die Oberfläche des umgebenden Belags geführt wird.

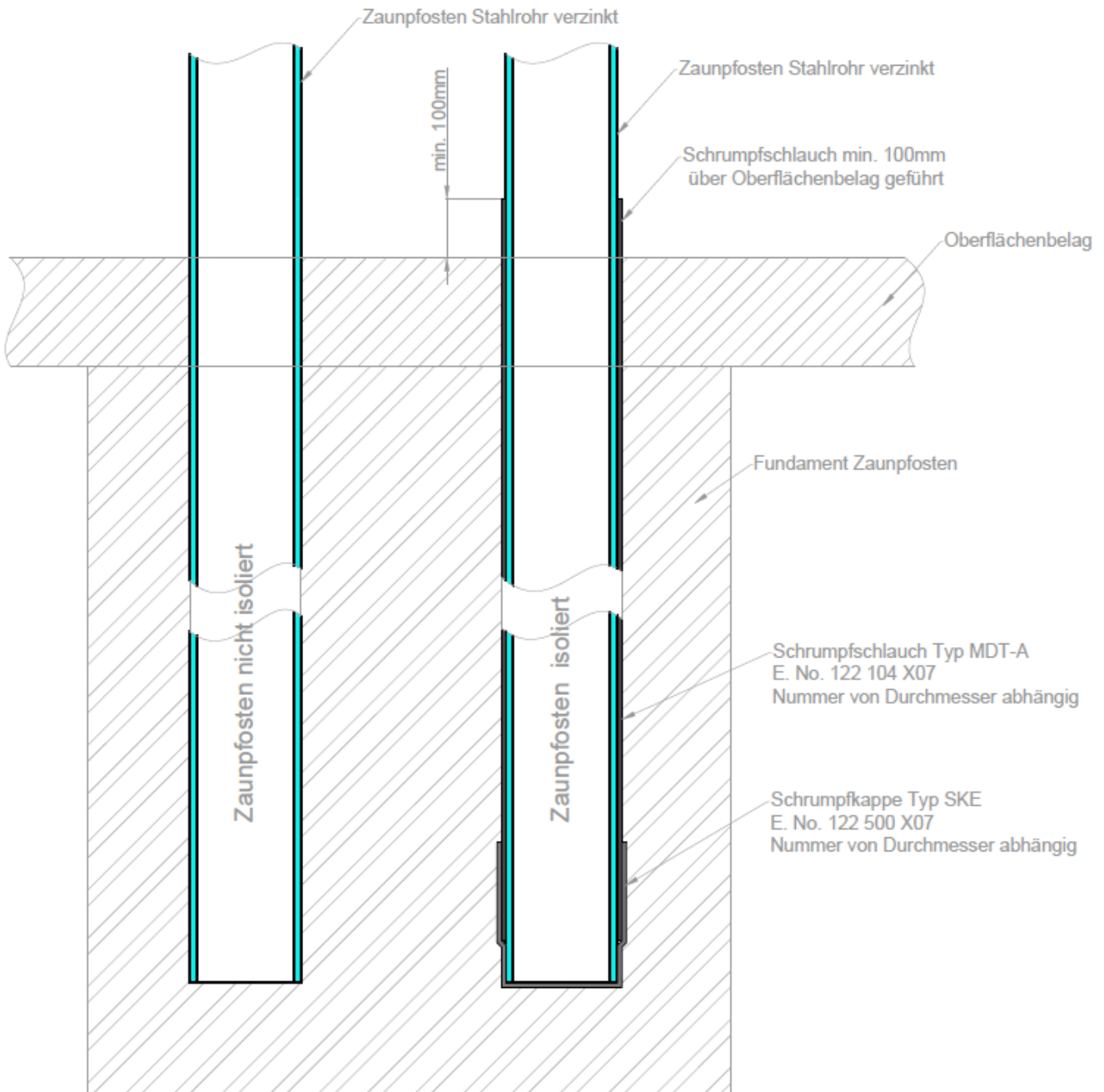


Abbildung 3: Skizze nicht isolierte / isolierte Montage Zaunpfosten einbetoniert

Zäune und Geländer auf Kunstbauten (Brücken, Stützmauern) müssen in jedem Fall so angeordnet werden, dass die galvanischen Trennungen der Bauwerkelemente oder weitere am Bauwerk realisierten Massnahmen zum Schutz vor Streuströmen nicht beeinflusst werden. Zäune und Geländer auf Kunstbauten sind in jedem Fall im entsprechenden Rückleitungs- und Erdungskonzept zu berücksichtigen und die jeweiligen Massnahmen festzulegen.

## 4.11 Sicherungsanlagen

Für die Sicherungsanlagen der FB werden eigene Rückleitungs- und Erdungskonzepte erstellt.

Grundsätzlich wird für alle Sicherungsanlagen das RLS FB als Bezugserde verwendet. Dies bedeutet, dass alle Elemente der Innen- und Aussenanlagen der Sicherungsanlage, welche über einen Erdanschluss verfügen, an das RLS FB angeschlossen sind.

Folgende Grundsätze gelten für alle Sicherungsanlagen der FB übergeordnet:

- \_ Alle Elemente der Sicherungsanlagen, welche an das RLS FB angeschlossen sind, werden isoliert gegenüber dem Erdreich oder Gebäuden montiert (Innenanlagen und Aussenanlagen).
- \_ Die Schirme der Kabel der Sicherungsanlagen werden an das RLS FB angeschlossen (siehe auch Kapitel 4.4.5).
- \_ Elemente der Kabelanlagen, welche an das RLS FB angeschlossen werden, werden isoliert gegenüber dem Erdreich oder Gebäuden montiert (KAG, KV,...)
- \_ Die Energieversorgung von Sicherungsanlagen erfolgt generell über Trenntransformatoren oder im System TT.

Bei der Wahl von elektrischen Betriebsmitteln mit Sonderisolierung, welche in der Zone besonderer Massnahmen angeordnet werden, ist zu beachten, dass gemäss EN 50122-1 [3] Ziff. 7.3.2 die definierte zeitweilige Überspannung mindestens der Fahrleitungsspannung entsprechen muss. Somit muss für Elemente mit Schutzklasse II und III mindestens eine Isolierung ausgelegt für die jeweilige Fahrleitungsspannung vorhanden sein.

## 4.12 Bauwerke

### 4.12.1 Spannglieder, Mikropfähle und Anker

Für Spannglieder ist die ASTRA Richtlinie 125010 anzuwenden. Somit sind alle Spannglieder in Kategorie c auszuführen (elektrisch isoliert, überwachbar).

Dabei sind insbesondere die Werte für die elektrischen Widerstände und die Ausführung der Mess- und Anschlussleitungen im Rahmen der Ausschreibungen und Ausführung zu beachten. Durch die ausführenden Unternehmer sind die Messungen gemäss ASTRA Richtlinie 12010 [14] Anhang I durchzuführen und zu dokumentieren.

Für Mikropfähle und Anker sind die Bestimmungen der SIA 267 [15] anzuwenden. Bei allen Mikropfählen und Ankern im Projektperimeter der LTB ist Korrosionsschutzstufe 3a gemäss SIA 267 [15] anzuwenden (siehe Tabelle 6, Schutzstufe für ungespannte Anker in [15]).

Die Mikropfähle und Anker sind galvanisch von der Bewehrung zu trennen. Beim Einbau der Anker ist nebst der Verwendung eines gerippten oder gewellten Hüllrohrs aus Kunststoff mit bohrlochseitigem Abschluss sicherzustellen, dass beim Übergang zwischen Fundament und Anker die nach SIA 267 geforderte Zementüberdeckung für Schutzstufe 3a des Ankers eingehalten wird (40mm). Kann dies nicht sichergestellt werden, so sind die Anker aus nichtrostendem Stahl auszuführen.

Die korrekte Ausführung ist vor dem Injizieren sowie nach Fertigstellung zu Prüfen und zu dokumentieren (mittels Fotos, Messungen). Die Messungen zur Prüfung des Korrosionsschutzes sind gemäss den Vorgaben der SIA 267/1 [16] Kapitel 6.2.5 durch den ausführenden Unternehmer durchzuführen und zu dokumentieren.

### 4.12.2 Personenunterführungen / Brücken / Kunstbauten / Haltestellen im Projektperimeter FB

Für Personenunterführung, Brücken, Kunstbauten und Haltestellen werden jeweils objektspezifische Rückleitungs- und Erdungskonzepte erstellt. Die Rückleitungs- und Erdungskonzept sind nach den Massgaben dieses Dokuments und der in Kapitel 5.1 aufgeführten Gesetze, Normen und Richtlinien zu erstellen.

## 5 REFERENZEN

### 5.1 Normen / Gesetze / Richtlinien

- [1] Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung, EBV)
- [2] Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB – EBV)
- [3] SN EN 50122-1, Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag,
- [4] SN EN 50122-2, Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom- Zugförderungssysteme
- [5] SN EN 50122-3, Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 3: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnsystemen
- [6] D RTE 27900, Rückleitungs- und Erdungshandbuch
- [7] Richtlinie C3, Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, SGK
- [8] NISV, Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, 814.710
- [9] VDV-Schrift 525, Überspannungsschutz für Fahrleitungsanlagen von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
- [10] Niederspannungs-Installationsnorm (NIN) 2015
- [11] C3. Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen
- [12] Starkstromverordnung, Verordnung über elektrische Starkstromanlagen SR 734.2
- [13] Leitsätze des SEV: SNR 464113 Fundamente der
- [14] ASTRA Richtlinie 12010, Massnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit von Spanngliedern in Kunstbauten, 2007 V2.00
- [15] SIA 267, Geotechnik
- [16] SIA 267/1, Geotechnik – Ergänzende Festlegungen