



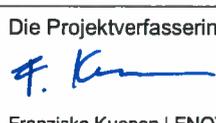
Kanton Bern  
Canton de Berne

**BERNMOBIL**



Gemeinde  
Köniz

Beilage Nr. 2.01.04

<b>Bericht genehmigt:</b>	
Bern, 11. März 2022	Bern, 11. März 2022
Die Bauherrschaft 	Die Projektverfasserin 
René Schried   BERNMOBIL   Eigerplatz 3   3000 Bern	Franziska Kuonen   ENOTRAC AG   Seefeldstrasse 8   3600 Thun

Projekte Seftigenstrasse

**Auflageprojekt**

**Tram Kleinwabern (SEFT 1)**

**Erdungs- und Rückleitungskonzept**

	Ver	Bemerkungen	Datum	vis
Projektverfassende ENOTRAC AG Seefeldstrasse 8 3600 Thun				

Gesamtprojektleitung **tbf**partner TBF + Partner AG  
Schwanengasse 12  
3011 Bern



**ENOTRAC** 

**BERN MOBIL**  
ZUSAMMEN UNTERWEGS

**Erdungs- und Rückleitungskonzept  
EWS Kleinwabern, GR Bächtelenpark**

## **Bericht Erdungskonzept**

**ECH-192.59-001  
Version 2.0**

Auftraggeber:

BERNMOBIL Städt. Verkehrsbetriebe Bern  
Eigerplatz 3  
Postfach  
3000 Bern 14

Herausgeber:

ENOTRAC AG  
Seefeldstrasse 8  
CH-3600 Thun  
Tel. +41 33 346 66 11  
Fax +41 33 346 66 12  
[info@enotrac.com](mailto:info@enotrac.com)  
[www.enotrac.com](http://www.enotrac.com)

Freigegeben  
02.11.2021

ECH-192.59-001.V2.0.Konzept\_Erdung\_Rueckleitung.docx  
© ENOTRAC AG

### Aktuelle Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
2.0	02.11.2021	Freigegeben	C. Sauter, F. Kuonen	R. Schär	R. Schär

### Vorherige Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	24.08.2021	Freigegeben	C. Sauter, F. Kuonen	R. Schär	R. Schär

### Änderungen seit der vorherigen Version

Anpassung gemäss Rückmeldung von Bernmobil
--

### Urheberrecht

<p>Dieses Dokument wurde durch ENOTRAC AG im Auftrag des Kunden erarbeitet. Für das Dokument und den darin dargestellten Gegenstand erhält der Kunde das Nutzungsrecht. Die Urheberrechte liegen bei ENOTRAC AG. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhalts über die vorgesehene Nutzung hinaus sind ohne schriftliche Zustimmung verboten.</p> <p>© ENOTRAC AG</p>
---

### Bookmarks

Projekttitlel	ProjTitle1	Erdungs- und Rückleitungskonzept
	ProjTitle2	EWS Kleinwabern, GR Bächtelenpark
Berichttitlel	DocTitle1	Bericht Erdungskonzept
	DocTitle2	
	DocTitle3	
Berichtnummer	DocNumber	ECH-192.59-001
Auftraggeber	ClientName	BERNMOBIL Städt. Verkehrsbetriebe Bern
	ClientAddr	Eigerplatz 3 Postfach 3000 Bern 14
Logos	EnoLogoHeader	
	ClientLogo1Header	 ZUSAMMEN UNTERWEGS
	ClientLogo2Header	
Kontakt	Contact	Franziska Kuonen, Tel. +41 33 346 66 94
	Contact_Mail	franziska.kuonen@enotrac.com

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1	Gesetzesgrundlagen	5
2.2	Anerkannte Regeln der Technik	5
2.3	Weitere Grundlagen	5
2.4	Abkürzungen und Begriffe	6
<b>3</b>	<b>Systembeschreibung</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Grundsätze des Konzepts</b>	<b>9</b>
4.1	Anforderungen an das Konzept	9
4.2	Übergeordnete Massnahmen	9
4.2.1	Verhindern von gefährlichen Berührungsspannungen	9
4.2.2	Gewährleistung der sicheren Rückstromführung im Tramnetz	11
4.2.3	Gewährleistung Schutz vor Streustrom	12
4.2.4	Regelmässige Inspektionen der Rückleitungs- und Erdungssysteme	12
4.3	Einzusetzende Leitertypen für typische Verbindungen	13
4.4	Einsatz Spannungsbegrenzer und Spannungsüberwachung für Personenschutz	13
4.5	Prinzip-Skizzen / Schemata	14
<b>5</b>	<b>Objektspezifische Massnahmen</b>	<b>15</b>
5.1	Gleichrichterstationen	15
5.1.1	Erdsysteme	15
5.1.2	Gleichrichter-Sammelschienen und -Abgänge	15
5.1.3	Kabel	16
5.1.4	Überspannungsableiter	16
5.1.5	50-Hz Versorgung	16
5.2	Einspeisung und Rückleitung	17
5.2.1	Rückleiteranschluss	17
5.2.2	Blitzschutz	17
5.3	Strecke	17
5.3.1	Fahrleitung und Fahrleitungsmasten	18
5.3.2	Zone besonderer Massnahmen	18
5.3.3	Elektrisch leitende Elemente in Fahrleitungsnähe	18
5.3.4	Gleisanlagen Tramnetz	18
5.3.5	Öffentliche Beleuchtung	19
5.3.6	Weichenheizungen und Weichensteuerungen	19
5.3.7	LSA-Steuerung	19
5.4	Haltestellen	20
<b>6</b>	<b>Referenzen</b>	<b>22</b>
6.1	Normen / Gesetze / Richtlinien	22
6.2	Dokumente im Anhang	23

# 1 EINLEITUNG

Das vorliegende Konzept liefert Angaben zu folgenden Themen des Bahnenergieversorgungssystems von BERNMOBIL in der Endwendeschleife Kleinwabern und dem Gleichrichter Bächtelenpark:

- Erdung und Rückstromführung
- Blitzschutz
- Einhaltung von Berührungsspannungen
- Streustromschutz

Basierend auf Gesetzesgrundlagen und Normen werden Grundsätze für eine sichere Stromrückführung und Erdung des Bahnsystems formuliert. Folgende typische Anlageteile der Bahnstromversorgung werden vertieft betrachtet:

- Gleichrichterstationen mit Speisung des Tramnetzes
- Einspeisung und Rückleitung
- Strecke (Masten, Gleisanlagen, öffentliche Beleuchtung, etc.)
- Haltestellen inkl. Wendeschleife

In Kapitel 2 und 3 sind die Grundlagen zur Erarbeitung des Konzepts und das betrachtete System beschrieben. Die Grundsätze und übergeordnete Massnahmen werden in Kapitel 4 behandelt. Für die objektspezifischen Massnahmen wurden Prinzip-Skizzen erstellt (siehe Kapitel 4.4). Die wichtigsten Erläuterungen zu den Skizzen sind in Kapitel 5 zu finden.

## 2 GRUNDLAGEN

### 2.1 Gesetzesgrundlagen

Für den Bau und Betrieb von elektrischen Anlagen im Bereich von Eisenbahnen gelten für den Teil Rückstromführung, Erdung und Streustrom folgende Vorschriften:

- Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (EBV, SR 742.141.1, [1]) und deren Ausführungsbestimmungen (AB-EBV, [2])

Subsidiär zur EBV gelten nach Artikel 2 EBV folgende Verordnungen:

- Schwachstromverordnung, SR 734.1 [3]
- Starkstromverordnung, SR 734.2 [4]
- Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV, SR 734.27 [5]

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

### 2.2 Anerkannte Regeln der Technik

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

- EN 50122-1 [6]
- EN 50122-2 [7]
- EN 50122-3 [8]

Weisungen und Leitsätze:

- Richtlinie C3 der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK): Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen [12]
- SNG 483755 Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen [14]
- SNR 464113 Fundamenterder [15]
- SNR 464022 Blitzschutzsysteme [16]

### 2.3 Weitere Grundlagen

- BERNMOBIL Projektierungsrichtlinie Fahrstrom + Sicherungsanlagen [17]
- ewb Werknormen Netzbau WN 17 Gleichrichterstation [19]
- BERNMOBIL Generisches Erdungskonzept und Schemata [20]

## 2.4 Abkürzungen und Begriffe

AB-EBV	Aus Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
AC	Wechselstrom (alternating current)
BERNMOBIL	Städtische Verkehrsbetriebe der Stadt Bern
BWE	Bauwerkserde
DC	Gleichstrom (direct current)
EBV	Eisenbahnverordnung
EKS	Erdungskurzschliesser
ewb	Energie Wasser Bern
EWE	Erdsystem der Elektrizitätsversorgung von ewb der Stadt Bern
EWS	Endwendeschlaufe
GR	Gleichrichter
HPAS	Hauptpotentialausgleichsschiene
NIV	Niederspannungs-Installationsverordnung
RBS	Regionalverkehr Bern-Solothurn
RLS	Rückleitungs- und Erdungssystem der Bahn
SEV	Gewerkschaft des Verkehrspersonals

### 3 SYSTEMBESCHREIBUNG

Nachfolgend die Beschreibung des Energieversorgungssystems für das Tramnetz von BERNMOBIL (Städtische Verkehrsbetriebe für die Stadt Bern und Umgebung) mit Fokus auf Erdung und Rückleitung:

Energieversorgung Tramnetz	<p>Die Energieversorgung der Tramlinien erfolgt mit 600 VDC Nennspannung. Die Gleichrichterstationen werden ab dem Mittelspannungsnetz (3-phasisig, AC 50 Hz) versorgt.</p> <p>Die Versorgung der Fahrzeuge erfolgt über eine Fahrleitung (grundsätzlich als Einfachfahrleitung) und die Rückstromführung über durchgehend miteinander verbundenen Schienen. Diese sind gegen das Erdreich isoliert montiert, um die DC-Streuströme zu minimieren. Die Tramlinien sind durchgängig zweispurig ausgebaut - ausser in den Wendeschleifen.</p> <p>Mehrere Gleichrichterstationen versorgen das 600 V-Netz mit Energie, wobei das Versorgungsnetz über elektrische Trenner in der Fahrleitung (Hinleiter) in einzelne Speisesektoren unterteilt ist. Ab dem Gleichrichter wird die Fahrleitung über Leistungsschalter gespeist. Die Schalter sind über das Leitsystem von ewb schaltbar. Die Leistungsschalter verfügen über Schutzfunktionen, um Fehler an der Fahrleitung (Kurzschluss) zu detektieren und abzuschalten.</p>
Spannungserhöhung auf 750 VDC	<p>BERNMOBIL prüft eine künftige Erhöhung der Nennspannung des Tram- und Trolleybusnetzes auf 750 VDC. Eine solche Anlage entspricht weiterhin einer Niederspannungsanlage (bis 1'500 VDC gemäss EN 50122-1 [6]). Das vorliegende Konzept bleibt daher auch nach einer Spannungserhöhung auf 750 VDC gültig. Eine höhere Nennspannung führt zudem tendenziell zu tieferen Strömen und dadurch auch zu tieferen Berührungsspannungen. Das vorliegende Konzept für 600 V ist hinsichtlich Berührungsspannungen somit auf der sicheren Seite.</p>
Schnittstellen zu ewb	<p>Die Gleichrichterstationen sind Eigentum von BERNMOBIL und werden im Auftrag von BERNMOBIL durch ewb betrieben, überwacht und instandgehalten. Die Schnittstellen zur ewb sind im Schutzkonzept in [18] im Detail beschrieben.</p>
Energieversorgung Beleuchtung, Haltestellen	<p>Die Energieversorgung der Strassenbeleuchtung und der Haltestelleneinrichtungen erfolgt direkt ab dem öffentlichem 50-Hz-Netz von ewb.</p>
Weichenheizung und Weichensteuerung	<p>Die Speisung der Weichenheizungen erfolgt ab Fahrleitung mit 600 VDC. Die Rückstromführung erfolgt über die Schienen. Die Weichensteuerungen werden ab dem öffentlichen 50-Hz-Netz galvanisch getrennt versorgt.</p>
Tramfahrzeuge	<p>Das Chassis der Tramfahrzeuge ist über Räder mit den Schienen mit dem Rückleitungssystem verbunden. Es sind daher fahrzeugseitig keine besonderen Massnahmen notwendig.</p>
Verlängerung Tramlinie 9	<p>Im Rahmen der Verlängerung der Tramlinie 9 nach Kleinwabern werden zwei neue Gleichrichteranlagen und eine neue Endwendeschleife gebaut. Die</p>

neuen Gleichrichteranlagen befinden sich an der neuen Endwendeschlaufe  
und an der Haltestelle Bächtelenpark.

## 4 GRUNDSÄTZE DES KONZEPTS

### 4.1 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 einer Berührung eines unter Spannung stehenden Objekts (z.B. der Fahrleitung oder anderen unter Spannung stehenden Teile);
- Verhindern Stromschlag bei gleichzeitigem Berühren von zwei metallisch leitenden Objekten, wie dies beispielsweise zwischen zwei gleichzeitig berührbaren fremden Erdungssystemen möglich ist. 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. Es gelten als zulässige Potenzialdifferenz Werte gemäss EN 50122-1 [6] und EN 50122-3 [8];
- Verhindern eines Abgriffes einer grösseren Berührungsspannung ab einer Schiene als in EN 50122-1 [6] und EN 50122-3 [8]: 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 [7] 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.

### 4.2 Übergeordnete Massnahmen

#### 4.2.1 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 bei Projekten von BERNMOBIL anwendbaren Prinzipien stützen sich auf die EBV Art. 44 [1] und deren AB-EBV AB 44d [2] sowie die Norm EN 50122-1 [6].

- 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. 4.1.1 und EN 50122-1 Kapitel 4.1 [6] befinden. Dabei gelten bei den reinen DC-Gleisen (Niederspannung  $\leq 1'500$  VDC, resp.  $1'000$  VAC) für die Kenngrösse  $X = 2$  m links und rechts jeder Gleisachse. 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 der entfernten Erde verbunden (BWE).

- 2) Bei elektrischen Betriebsmitteln in der Zone besonderer Massnahmen ist gemäss EN 50122-1 [6] Kapitel 6.2 zu verfahren. Der Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln in dieser Zone ist, wenn immer möglich, zu vermeiden.
- 3) Bei metallisch leitenden Objekten ohne elektrische Betriebsmittel in der Zone besonderer Massnahmen ist gemäss EN 50122-1 [6] Kapitel 6.3 zu verfahren.
  - a. Gemäss EN 50122-1, Kapitel 6.3.1.2 [6] müssen kleine leitende Teile ohne elektrische Einrichtungen nach EN 61140 [10], die sich in der Zone besonderer Massnahmen befinden (z.B. Schachtdeckel, Schutzgitter usw.), nicht mit dem RLS verbunden werden. Es muss jedoch aus einer beliebigen Richtung erkennbar sein, ob ein aktiver Leiter das leitende Teil berührt.
  - b. In der Zone besonderer Massnahmen kann anstelle der Verbindung mit dem RLS gemäss EN 50122-1 [6], Kapitel 6.3.1.4 ein Hindernis zwischen Fahrleitung und leitfähigem Element angeordnet werden. Das Hindernis muss mindestens so breit sein, wie der Stromabnehmer- oder Oberleitungsbereich und mindestens 0.5 m über das Element herausragen. Zudem muss das Hindernis die Isolationsanforderungen für Schutzklasse II erfüllen oder mit der Rückleitung verbunden werden. Diese Massnahme ist bei temporären Systemen dem Erden an das RLS gemäss Punkt 1) zu bevorzugen.
  - c. Gemäss EN 50122-1 [6], Kapitel 6.3.1.5 müssen leitende Elemente nicht mit dem RLS verbunden werden, wenn ein blankes, leitfähiges und mit der Rückleitung verbundenes Bauteil in geeigneter Ausführung zwischen der Fahrleitung / dem Stromabnehmer und dem zu schützenden Bauteil angeordnet ist.
- 4) Zwischen dem RLS und fremden Erdsystemen – hier beispielsweise EW-Erde (EWE) – muss gemäss AB-EBV [2], 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 (die Reihenfolge repräsentiert die Priorität der Massnahmen):
  - Objekt verschieben.
  - Isolation vom fremden Erdsystem: wie beispielsweise bei Leuchten mittels Speisung über Fehlerstromschutzschalter (RCD) und Isolationsklasse II oder räumliche Abtrennung mittels elektrisch nichtleitender Trennwände.
  - Trennung der Speisungssysteme mit Trenntransformatoren.
  - Verbindung: Dauernde Verbindung, wie zum Beispiel bei Einrichtungen im Perronbereich oder zeitlich begrenzte Verbindungen mittels automatischen Kurzschliessern (siehe Kapitel 4.4).

Das Flussdiagramm in der nachfolgenden Abbildung 4-1 fasst das Vorgehen der Punkte 3) und 4) zusammen.

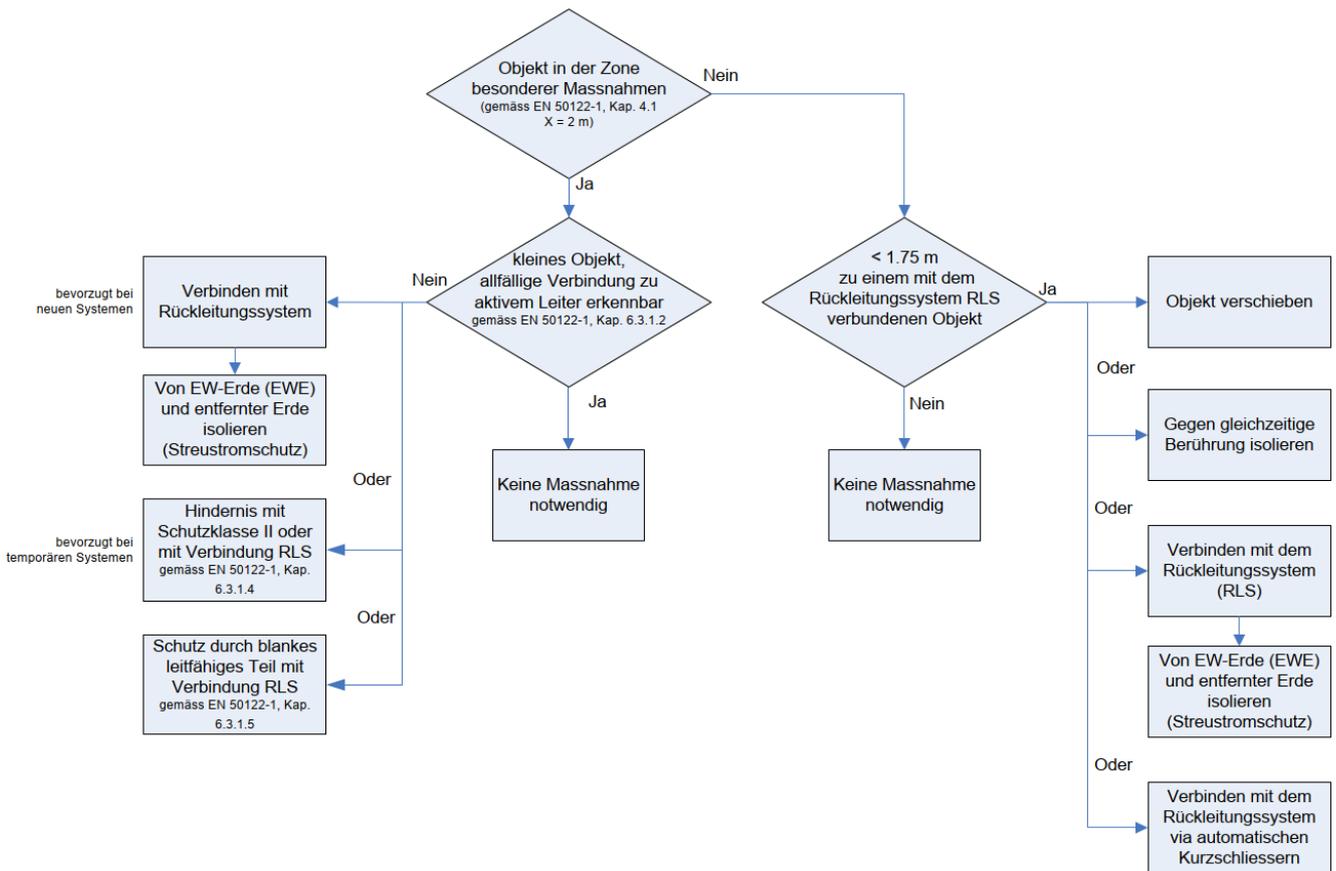


Abbildung 4-1: Vorgehen zur Festlegung einer Massnahme für metallisch leitende Objekte ohne elektrische Betriebsmittel in der Zone besonderer Massnahmen und für nahegelegene Objekte mit verschiedenen Erdsystemen.

## 4.2.2 Gewährleistung der sicheren Rückstromführung im Tramnetz

Die folgenden Grundsätze für das Tramnetz basieren auf den AB-EBV [2], Art. 44.d, Ziff. 1 und EN 50122-1 [6] und gewährleisten eine vollständige und zuverlässige Rückführung des Bahnstroms.

- 5) An jedem beliebigen Punkt im Projektperimeter dienen immer mindestens zwei Schienen pro Gleis zur Rückstromführung ab Fahrzeugrad oder sonstigen ab Fahrleitung gespeisten Verbrauchern (wie Weichenheizung). Die zur Rückleitung verwendeten Schienen sind über Weichen und Querverbindungen im Gleisbereich mehrfach parallelgeschaltet. Da alle Tramlinien von BERNMOBIL als Doppelspur ausgebaut sind, sind durch die zwei parallelen Gleise zwei unabhängige Rückstrompfade garantiert. Falls eine Einspurstrecke gebaut wird, ist ein Rückleiterseil als zweiter unabhängiger Rückstrompfad zu installieren.
- 6) Die Festigkeit und Leitfähigkeit der Schienenverbindungen und -anschlüsse dürfen durch betriebsbedingte Veränderungen der Gleislage und durch die von Fahrzeugen herrührenden Erschütterungen nicht beeinträchtigt werden. Die Verbindungen und Anschlüsse dürfen die Festigkeit der Schienen nicht beeinträchtigen (AB-EBV [2], Art. 44.d, Ziff. 1.5.2 und 1.5.5).
- 7) Gemäss EN 50122-1 [6], Kapitel 10.3.3 müssen Gleisverbinder in geeigneten Abständen vorgesehen werden, um den Strompfad für den Bahnrückstrom zu gewährleisten und somit die Sicherheitskriterien für die Berührungsspannung sowohl unter Betriebsbedingungen als auch im Fehlerfall einzuhalten.

- 8) Gemäss EN 50122-1 [6], Kapitel 10.3.1 muss die Anzahl der Rückleitungsanschlussleiter zu den Fahrschienen die Unterbrechung eines Rückleiteranschlussleiters berücksichtigen («N-1 Kriterium»).
- 9) Gemäss AB-EBV [2], Art. 44.d, Ziff. 1.6.2 müssen Anschlüsse des Unterwerks an die Fahrschienen bei bis Oberkante eingedeckten Rillenschienen, über mindestens 5 m Gleisstrecke verteilt werden.
- 10) Leiter und deren Anschlüsse müssen den dynamischen und thermischen Belastungen im Kurzschlussfall standhalten. Leiter und Anschlussstellen müssen kontrollierbar sein. Wo eine Sichtkontrolle nicht möglich ist, muss die elektrische Prüfung der Einzelleiter möglich sein (AB-EBV [2], Art. 44.d, Ziff. 1.5.4).

### 4.2.3 Gewährleistung Schutz vor Streustrom

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

- 11) Um den Rückstrom in den für die Rückstromführung vorgesehenen Leitern zu konzentrieren, ist das RLS von BERNMOBIL konsequent von fremden Erdsystemen und von der entfernten Erde zu isolieren. Allfällige sicherheitsbedingte Verbindungen zwischen fremden Erdsystemen (Schutzmassnahme gegen Berührungsspannung) werden ausschliesslich als zeitlich begrenzte Verbindungen durch Erdungskurzschliesser ausgeführt. Eine Ausnahme bilden die Depotanlagen. Die Effizienz der Erdsystemtrennung muss überprüft werden können.
- 12) Um den über das Erdreich (und die darin eingebetteten elektrisch leitenden Elemente) zurückfliessenden Rückstromanteil zur Gleichrichterstation zu minimieren, müssen alle rückstromführenden Objekte, respektive alle an das RLS angeschlossene Objekte, isoliert montiert werden. Der Ableitbelag (reziproker Wert des längenbezogenen Bettungswiderstands) zwischen den Schienen und der Erde muss gemäss EN 50122-2 [7] bei offenem Oberbau kleiner sein als 0.5 S/km pro Gleis, bei geschlossenem Oberbau kleiner als 2.5 S/km pro Gleis.
- 13) Sämtliche Querverbindungen zwischen den Rückleitern (wie Schiene-Schiene, Schiene-Rückleiter) müssen gemäss EN 50122-2 [7] Kapitel 6.2.7 mindestens einfach elektrisch isoliert sein (T-Seil gelb, siehe Kapitel 4.3).
- 14) Da im gesamten Projektperimeter eine Gefährdung durch Streustromkorrosion nicht ausgeschlossen werden kann, ist bei bahnnahen Kunstbauten (z.B. Brücken, Unterführungen, etc.) eine Trennung von Rückleitungssystem und Bauwerkserde erforderlich.

### 4.2.4 Regelmässige Inspektionen der Rückleitungs- und Erdungssysteme

- 15) Gemäss AB-EBV AB 46.1 Ziff. 2.3 [2] bestimmt der Betriebsinhaber für jeden Anlageteil und für die Arbeitsmittel eine Kontrollperiode. Der allgemeine Rahmen bezüglich der Kontrollperioden ist in der Starkstromverordnung [4] festgelegt. Für die elektrischen Anlagen gelten insbesondere folgende Kontrollperioden:
  - a. jährlich, für Schutzapparate zwischen Rückleitungs- und Erdungssystemen untereinander und miteinander und Teilen von solchen (insbesondere Kurzschliesser), sowie für die Verriegelungssysteme und Rückleiter in Depots und Instandhaltungseinrichtungen, Kurzschluss- und Erdungsvorrichtungen, Verbindungsvorrichtungen mit der Rückleitung, Erdungsschalter, doppelte Isolationen mit nicht geerdeter bzw. mit der Rückleitung verbundener Zwischenmasse, Schienenverbinder, Speisung abgestellter Fahrzeuge,

- b. alle zehn Jahre, für die übrigen Teile des Rückleitungs- und Erdungssystems, sowie elektrische Niederspannungsinstallationen, die ganz oder überwiegend dem Bahnbetrieb dienen (bahnspezifische elektrische Niederspannungsanlagen).
- c. Für elektrische Schutzeinrichtungen gelten die Anforderungen gemäss AB-EBV [2] AB 44.f, Ziff. 1.5: Die Prüfung des gesamten Schutzsystems wird den Sicherheitsanforderungen der konkreten Anlage und den vorhandenen Funktionen wie Selbstüberwachung, Fehlerfallanalyse und redundante Schutzsysteme angepasst.

Für die Instandhaltung der Gleichrichterstationen ist die ewb zuständig (siehe Kapitel 3).

Für die Kontrolle aller anderen Anlageteile ist BERNMOBIL zuständig.

### 4.3 Einzusetzende Leitertypen für typische Verbindungen

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

Verbindung	Leitertyp	Querschnitt [mm <sup>2</sup> ]	Isolation	Farbe	Bemerkung
Anschluss elektrische Betriebsmittel an RLS	Cu	1x50	doppelt	gelb-grün	
Potentialausgleichsleiter in der Zone besonderer Massnahmen	Cu	1x50	doppelt	gelb-grün	z.B. für Anschluss Zäune / Geländer
Quer- und Gleisverbindungen	4 GKW-AX 1500V	1x120	doppelt	gelb	
Rückleitung zu den GR Anlagen Tramnetz	Cu, Typ GKN	4x240	doppelt	gelb	
Blitzschutz	4 GKW-AX 1500V	1x95	doppelt	gelb	
Masterdung	4 GKW-AX 1500V	1x95	doppelt	gelb	

Tabelle 4-1: Übersicht der zu verwendenden Leitertypen basierend auf [17]

### 4.4 Einsatz Spannungsbegrenzer und Spannungsüberwachung für Personenschutz

In jeder Gleichrichterstation wird zwischen der Rückleitersammelschiene und der Hauptpotentialausgleichsschiene der EW-Erde eine Spannungsüberwachung installiert, welche bei unzulässig hohen Berührungsspannungen die GR-Anlage abschaltet.

Für Tramhaltestellen gilt folgendes: Grundsätzlich ist bei jedem Neubau / jeder Sanierung einer Haltestelle der Platz und die Anschlüsse für einen Spannungsbegrenzer (VLD) zwischen den Schienen und der Hauptpotentialausgleichsschiene der EW-Erde vorzusehen. Installiert werden die Begrenzer jedoch lediglich, falls zu hohe Berührungsspannungen auf einem Speiseabschnitt auftreten würden.

Die Spannungsbegrenzer müssen die Anforderungen gemäss EN 50122-1 [6] Anhang F, Typ VLD-O (en: voltage limiting device for operation), erfüllen. Je nach Situation und Platzbedarf können entweder passive Spannungsbegrenzer («VLD») oder aktive Spannungsbegrenzer mit fernüberwachbarer Steuerung («EKS») eingesetzt werden. Wenn passive Spannungsbegrenzer installiert werden, müssen diese zusätzlich mit einem Überwachungsgerät ausgerüstet werden, damit allfällige Störungen an das Leitsystem oder den Pikettdienst übermittelt werden.

## 4.5 Prinzip-Skizzen / Schemata

Das Rückleitungs- und Erdungskonzept für das Bahnenergieversorgungssystem von BERNMOBIL ist grundsätzlich durch Prinzip-Skizzen dokumentiert, welche mit vorliegendem Dokument erläuternd ergänzt werden. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Schemata. Grundsätze, welche für die Erdung und Rückleitung relevant sind, sind in den Schemata mit Nummern gekennzeichnet.

Titel Prinzipschema	Ref.	Dokumenten-ID	Blatt Nr.	Verweis auf Kapitel für Erläuterung
Gleichrichterstation Tramnetz	[21]	ECH-192.59-002	A	5.1
Einspeisung, Rückleitung, Strecke Tramnetz	[22]	ECH-192.59-002	B	5.2, 5.3
Tramhaltestelle und Zone besonderer Massnahmen	[23]	ECH-192.59-002	C	5.4

Tabelle 4-2: Liste der Schemata zum Rückleitungs- und Erdungskonzept des Tramnetzes von BERNMOBIL.

## 5 OBJEKTSPEZIFISCHE MASSNAHMEN

### 5.1 Gleichrichterstationen

Siehe hierzu das Schema in [21] (Speisung des Tramnetzes). Die im Schema dargestellten Massnahmen basieren auf den Werknormen der ewb für Gleichrichterstationen [19] und sollen auch zukünftig mit ewb abgeglichen werden.

#### 5.1.1 Erdsysteme

Auch in den Gleichrichterstationen müssen die Komponenten des RLS (Rückstromkreis der Traktion) streng von anderen Erden (EWE oder BWE) isoliert sein.

Da die Gehäuse (Gleichrichter und Gleichstromverteilung) erdfrei sind, ist ein Maximalstromrelais (Gerüstschlussschutz gemäss EN 50123-7-1 [9]) erforderlich, um die Erkennung von Isolationsfehlern sicherzustellen (Erkennung möglicher Ströme, die zwischen dem Gehäuse und der Bauwerkserde zirkulieren, siehe auch Schutzkonzept BERNMOBIL [18]). Im Falle eines Fehlers sind die betroffenen MS-Leistungsschalter und die DC-Abgangsschalter sofort automatisch zu öffnen (allseitige Trennungen aller Schalter einer Gleichrichteranlage).

Für den Personenschutz wird zwischen der Sammelschiene des Rückstromkreises und des Gerüstschlussschutzes ein Spannungsrelais installiert, welches die beiden Potentiale auf gefährliche Berührungsspannungen überwacht<sup>1</sup>. Beim Überschreiten der zulässigen Berührungsspannungen werden dabei alle Leistungsschalter mit einer Verzögerung von ein paar wenigen Sekunden automatisch geöffnet werden. Bei der Konfiguration werden die zulässigen Berührungsspannungen in Abhängigkeit der Zeitdauer gemäss EN 50122-1 [6] berücksichtigt.

#### 5.1.2 Gleichrichter-Sammelschienen und -Abgänge

Ab dem Gleichrichter erfolgt über einen Trennschalter mit zwei Kontakten die Speisung der Hinleiter-Sammelschiene (Plus) sowie der Rückleiter-Sammelschiene (Minus). Gemäss Artikel 10.3 der EN 50122-1 [6] ist der Trennschalter der Rückleiter-Sammelschiene mit demjenigen der Hinleiter-Sammelschiene derart zu verriegeln, dass der Trennschalter im Rückleiterpfad nur geöffnet werden kann, wenn der Schalter des Hinleiters auch geöffnet ist. Diese Vorgabe ist mit dem Prinzip eines gemeinsamen Schalters mit zwei Kontakten erfüllt.

Die Abgangsfelder sind mit Leistungsschaltern und Schutzgeräten ausgestattet und speisen einzelne Abschnitte des Tramnetzes.

---

<sup>1</sup> Diese Lösung mit Spannungsrelais ist historisch bedingt. Eigentlich wäre die Installation eines Spannungsbegrenzers (VLD), eine einfachere und günstigere Lösung und heute Stand der Technik, auch denkbar. Aus Gründen der Einheitlichkeit der Anlagen wird an der bestehenden Lösung jedoch festgehalten.

### 5.1.3 Kabel

Die Hin- und Rückleiterkabel werden doppelt isoliert ausgeführt.

Die Kabelschirme der Speisekabel sind einseitig auf Seite der Gleichrichteranlage zu erden. Auf Seite Einspeisekasten Seite Fahrleitung ist der Schirm offen und isoliert auszuführen. Die Erdung der Schirme erfolgt für die Hinleiter- und Rückleiterkabel unterschiedlich:

- Hinleiterkabel: der Schirm wird auf die Rückleiter-Sammelschiene gelegt. Bei einem Kabeldefekt (Seele – Schirm – Schluss) erfolgt ein Stromfluss (eine Art Kurzschluss), welcher durch das Schutzgerät über die Kabelschirmüberwachung entdeckt und abgeschaltet wird. Bei neuen Anlagen soll eine separate Kabelschirmüberwachung pro Hinleiterkabel installiert werden.
- Rückleiterkabel: der Schirm wird über eine Cu-Sammelschiene auf die Bauwerkserde gelegt. (Anmerkung: Aufgrund der gesetzlichen Anforderungen benötigen die Rückleiterkabel keinen Schirm. Die bestehenden Rückleiterkabel verfügen jedoch wegen der Kabelstandardisierung alle über einen Schirm).

### 5.1.4 Überspannungsableiter

Zur Begrenzung von transienten Überspannungen, die durch einen Blitzeinschlag oder Schalthandlungen entstehen können, werden in der GR-Station folgende Überspannungsableiter installiert:

- Ein Überspannungsableiter zwischen der Rückleitersammelschiene und der Bauwerkserde
- Ein Überspannungsableiter pro Abgangsfeld zwischen dem Hinleiter (vor Kabelendverschluss des Speisekabels) und der Rückleitersammelschiene. Damit ist jedes Speisekabel mindestens an einem Ende durch einen Überspannungsableiter geschützt.

Anmerkung: Wie in Kapitel 5.2.2 beschrieben, wird zudem streckenseitig zwischen den Fahrdrähten und der Fundamenterde ein Überspannungsableiter installiert. Dieser wird möglichst nahe bei der Einspeisung montiert. Grundsätzlich ist für den Blitzschutz ein streckenseitiger Überspannungsableiter ausreichend. Aus historischen Gründen und aus Gründen der Einheitlichkeit werden jedoch zusätzlich Überspannungsableiter bei den Abgängen in den Gleichrichterstationen installiert.

Für die Auswahl von Überspannungsableitern siehe auch [11].

### 5.1.5 50-Hz Versorgung

Die 50-Hz-Niederspannungsverteilung soll, sofern möglich, ab einem vorhandenen EW-Anschlusskasten (Verteilkabine) gespeist werden. Der Schutzleiter (PE) der Niederspannung wird in der Gleichrichteranlage an die HPAS angeschlossen.

Alternativ kann die Niederspannung mit einem Eigenbedarfstransformator erzeugt und als TN-S System betrieben. Die Erdung des Transformators und der Sternpunkt des Trafos werden dabei direkt an die HPAS angeschlossen.

## 5.2 Einspeisung und Rückleitung

Siehe hierzu die Schemata in [22].

### 5.2.1 Rückleiteranschluss

#### 5.2.1.1 Tramnetz

Von den Schienen führen gelb markierte isolierte Rückleitungskabel den Strom zurück zur Gleichrichterstation. Die Rückleiterkabel müssen in mindestens zwei verschiedenen Rohren angeordnet sein (mind. 2 Rückleiterkabel pro Speisepunkt).

Die Anschlüsse der Rückleiter an die Schienen müssen nach den AB-EBV [2], AB 44.d, Ziff. 1.6.2 auf mindestens 5 m verteilt werden. Darüber hinaus müssen die Anschlussstellen sichtbar oder markiert und jederzeit zugänglich sein (z.B. durch Anschlusskästen). Die Anzahl der Verbindungskabel zu den Schienen berücksichtigt die Tatsache, dass eine Kabelverbindung gemäss der Anforderung in Abschnitt 10.3.1 der EN 50122-1 [6] unterbrochen werden kann.

### 5.2.2 Blitzschutz

Die Fahrleistungsmasten sind grundsätzlich nicht zu erden (siehe Kapitel 5.3.1). Jedoch sind sämtliche Fahrleistungsmasten, welche über einen Blitzschutz verfügen, über Fundamenterder gezielt lokal zu erden. Für einen funktionierenden Blitzschutz ist eine direkte Verbindung vom Einschlagort zur Erde notwendig. Pro Fahrleistungssektor und Pol (Hinleiter- und Rückleiter-Fahrdrähte) ist daher für den Blitzschutz zwischen Fahrdraht und Fundamenterde mindestens ein Überspannungsableiter installiert. Die Verbindung vom Überspannungsableiter zum Fundamenterder wird isoliert innerhalb des Masts geführt. Der Blitzschutz darf nicht an die Gleise oder an die Rückleitung angeschlossen werden.

Ein Überspannungsableiter pro Pol ist auch bei Doppelspuren ausreichend, sofern die Fahrdrähte desselben Pols der beiden Spuren untereinander querverbunden werden. In der Regel, und wenn möglich, ist der Blitzschutz beim Mast direkt bei der Einspeisung ab Gleichrichterstation vorzusehen.

Bei Einspeisungen, bei welchen die Fahrleitung über Wandanker aufgehängt ist, ist die Montage eines Überspannungsableiters oft nicht praktikabel. In diesen Fällen ist ein Überspannungsableiter bei der nächstbesten Gelegenheit vorzusehen. Anmerkung: wie in Kapitel 5.1.4 beschrieben, sind in der Gleichrichterstation zwischen Hinleiter und Rückleitersammelschiene sowie zwischen Rückleitersammelschiene und Erde ebenfalls Überspannungsableiter installiert.

Für die Auswahl von Überspannungsableitern siehe auch [11].

## 5.3 Strecke

Siehe hierzu die Schemata in [22].

### 5.3.1 Fahrleitung und Fahrleitungsmasten

Die Isolation der Fahrleitung muss gemäss Tabelle 5-1 überall mindestens doppelt ausgeführt werden. Das Isolationsniveau muss 1500 V betragen und die einzelnen Isolationen müssen einen Abstand von mindestens 1 m aufweisen (Mindestabstand gemäss AB-EBV [2] AB 44c Ziff. 4.2.2.1). Dank dieser Massnahme müssen die Fahrleitungsmasten generell nicht geerdet und nicht mit dem Rückleitungssystem der Bahn verbunden werden (siehe EN 50122-1 [6], Ziff. 6.2.3.2).

Tragwerk	Anzahl Isolationen
Querspanner	Dreifache Isolation
Auslegerrohr	Zweifache Isolation
Deckenkonstruktion	Mind. zweifache Isolation

Tabelle 5-1: Isolationskonzept gemäss [17]

### 5.3.2 Zone besonderer Massnahmen

Die Massnahmen für elektrisch leitende Elemente in der Zone besonderer Massnahmen (gemäss AB-EBV [2] AB 44d 2 m links und rechts jeder Gleisachse) sind in Kapitel 4.2.1 beschrieben. Diese Zone der besonderen Massnahmen setzt sich aus dem Stromabnehmer- und Oberleitungsbereich zusammen und ist im Schema in [23] graphisch dargestellt.

Die Kenngrössen X und Y entsprechen den Vorgaben der AB-EBV [2] AB 44d.

Für die Kenngrösse Z sind gemäss AB-EBV [2] AB 44d beim Tramnetz mindestens 2 m gefordert.

Die Zone besonderer Massnahmen muss innerhalb von Kurven dem Risiko entsprechend erweitert werden. Konkret muss die Breite des Oberleitungsbereichs vergrössert werden. Die Fahrleitungsmasten innerhalb der Kurven der betrachteten Strecke wurden geprüft. Es sind keine besonderen Massnahmen notwendig.

### 5.3.3 Elektrisch leitende Elemente in Fahrleitungsnähe

Metallkonstruktionen wie Geländer, Kandelaber usw. werden nach Möglichkeit nicht mit dem Rückleitungssystem verbunden. Befinden sie sich innerhalb der Zone besonderer Massnahmen (siehe EN 50122-1 [6], Ziff. 4. Das Mass x beträgt 2 m.) oder kann die minimale Berührungsdistanz von 1.75 m zwischen bahngeerdeten und EW-geerdeten Metallkonstruktionen nicht eingehalten werden, müssen Schutzmassnahmen getroffen werden, wie in Kapitel 4.2.1 beschrieben. Sobald die Pläne zum Bauprojekt vollständig verfügbar sind, muss die Situation noch einmal überprüft werden.

### 5.3.4 Gleisanlagen Tramnetz

Die Schienen dienen als Rückleitung und sind somit über die Länge der Strecke lückenlos zu verschweissen. Im Bereich von Weichen sind die einzelnen Stränge stromfest zu verbinden. Die Schienen sind zudem regelmässig untereinander mit einfach isolierten 50-mm<sup>2</sup>-Kupferleitern (gemäss EN 50122-1 [6], Ziff. 10.3.1) zu verbinden (Querverbindungen zwischen den einzelnen Schienen und den Gleisen). Entgegen der Forderung aus Punkt 10) der übergeordneten Massnahmen sind diese

Querverbindungen nach dem Einbau nicht mehr sichtbar und nicht kontrollierbar. Daher werden die Schienen ca. alle 50 m untereinander querverbunden, um eine genügende Sicherheit auch bei Unterbrechung einzelner Verbindungen zu gewährleisten.

Gemäss dem BERNMOBIL Standard werden Schienen im „geschlossenen Oberbau“ gemäss EN 50122-2 [7] Ziff. 5.2 eingesetzt. Die Gleisanlagen sind im gesamten Projektperimeter in Bezug auf Streustromschutz gemäss den Massnahmen in Kapitel 4.2.3 auszuführen. Die konstruktiven Lösungen zur Realisierung des Streustromschutzes sind zu dokumentieren. Die Einhaltung der geforderten Werte des Ableitbelags sind mittels Messungen gemäss EN 50122-2 [7] Anhang A nachzuweisen und zu dokumentieren (siehe auch SGK Richtlinie C3 [12]).

### 5.3.5 Öffentliche Beleuchtung

Fremde Betriebsmittel, wie die Strassenbeleuchtung, werden ab dem öffentlichen Versorgungsnetz gespeist und geerdet. Die Beleuchtung entlang der Strecke muss sich ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen befinden.

Die Beleuchtung, welche an eigenen Tragseilen über einer Fahrleitungsanlage aufgehängt sind, müssen eine Isolation für die Schutzklasse II (EN 61140 [10]) für eine Spannung von 1'500 V aufweisen. Die Betriebsmittel dürfen dabei nicht mit einem PE-Leiter verbunden sein und die TT-Speisung muss eine Fehlerstromschutzeinrichtung aufweisen (EN 50122-1 [6], Ziff. 7.3.2 und 7.4.1). Die Tragkonstruktion (Seil) für die Strassenbeleuchtung muss gegen den Befestigungspunkt beidseitig einfach elektrisch isoliert sein (AB 44c AB-EBV [2], Hintergrund: falls die Konstruktion auf die Fahrleitung fällt, wird so die Spannung nicht verschleppt). Unter diesen Voraussetzungen muss sich die Beleuchtung nicht zwingend ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen befinden.

### 5.3.6 Weichenheizungen und Weichensteuerungen

Die Speisung der Weichenheizungen erfolgt ab Fahrleitung mit 600 VDC. Die Rückstromführung erfolgt über die Schienen. Der Schaltschrank der Weichenheizung wird separat an die nächstliegende Schiene angeschlossen und ist isoliert aufgestellt.

Die Weichensteuerungen im Schaltschrank werden ab dem öffentlichen 50-Hz-Netz der ewb in einem TN-System und mithilfe von in der Steuerung eingebauten Trenntransformatoren gespeist. Dadurch sind die öffentliche Erde und das RLS getrennt und die Verschleppung von gefährlichen Spannungen oder Strömen wird verhindert. Gemäss EN 50122-1 Kapitel 7.4.3 ([6], Niederspannungsversorgung durch ein TN-Netz) muss die EW-Erde auf der Primärseite des Trenntrafos isoliert werden.

Die Weichensteuerung wird mit einem eigenen Kabel mit der Rückleitung (Schiene) verbunden. Die Kabine der Weichensteuerung wird ebenfalls mit der Rückleitung verbunden und muss somit isoliert aufgestellt werden.

Für alle Anlageteile im Gleisbereich (innerhalb der Zone besonderer Massnahmen) wird das RLS als Schutz Erde verwendet und die Anlageteile werden isoliert montiert.

### 5.3.7 LSA-Steuerung

Die LSA-Steuerungen werden ab dem öffentlichen 50-Hz-Netz der ewb in einem TN-System gespeist. Typisch die die Kabinen der LSA lokal geerdet und gleichzeitig mit der einspeisenden EWB-Erde

verbunden. Eine Verbindung zum RLS besteht nicht. Dadurch sind die öffentliche Erde und das RLS getrennt und die Verschleppung von gefährlichen Spannungen oder Strömen wird verhindert.

Die Signale der LSA entsprechen grundsätzlich der Schutzklasse III. Die Masten für die Signale werden jedoch mit der Erde der LSA-Kabine verbunden und sind somit lokal geerdet und mit der EWE verbunden. Die LSA-Steuerung darf somit nicht in einer kombinierten Kabine mit Weichensteuerung oder Weichenheizung eingebaut werden. Die Kabinen der LSA müssen zu den Kabinen der Bahntechnik mindestens einen Abstand von 1.75 aufweisen.

Falls an gleichen Mast ein LSA-Signal und ein Bahntechniksignal (z.B. ein Weichenlagesignal) montiert werden muss, muss die Erdung des Masts spezifisch geklärt werden.

## 5.4 Haltestellen

Siehe hierzu die Schemata in [23].

Die Haltestelleneinrichtungen werden in der Regel ab dem öffentlichen Netz mit Energie 3x400/230 V 50 Hz versorgt und sind daher mit der EWE verbunden. Diese Einrichtungen und alle weiteren leitenden Elemente und elektrische Betriebsmittel im Haltestellenbereich müssen sich, wenn irgendwie möglich ausserhalb der Zone besonderer Massnahmen befinden (siehe dazu Kapitel 4.2.1 und Kapitel 5.3.2) und dürfen nicht mit dem Rückleitungs- und Erdungssystem der Bahn (RLS) verbunden werden.

Für elektrisch leitende Elemente, welche sich trotzdem innerhalb der Zone besonderer Massnahmen befinden, müssen hingegen Schutzmassnahmen gemäss EN 50122-1 Kapitel 6 [6] getroffen werden. Siehe dazu Kapitel 4.2.1 mit dem Flussdiagramm zum Vorgehen in Abbildung 4-1. Alle Elemente, welche mit dem RLS verbunden werden, müssen gegen Erde isoliert werden und einen Abstand von mindestens 1.75 m bis auf eine Höhe von 2.5 m zu fremden Erdsystemen aufweisen. Die 1.75 m werden ab dem äussersten berührbaren Teil des Trams, in der Regel die offene Tür, gemessen. Die Smartinfo, welche unterhalb eines Haltestellendachs montiert sind, sind speziell zu betrachten. Diese halten die nötigen Abstände in der Regel nicht ein (siehe Abbildung 2). Idealerweise werden die Smartinfo an einem eigenen Mast neben dem Haltestellengebäude montiert. Zusätzlich ist die Höhe des Haltestellendachs zu prüfen.

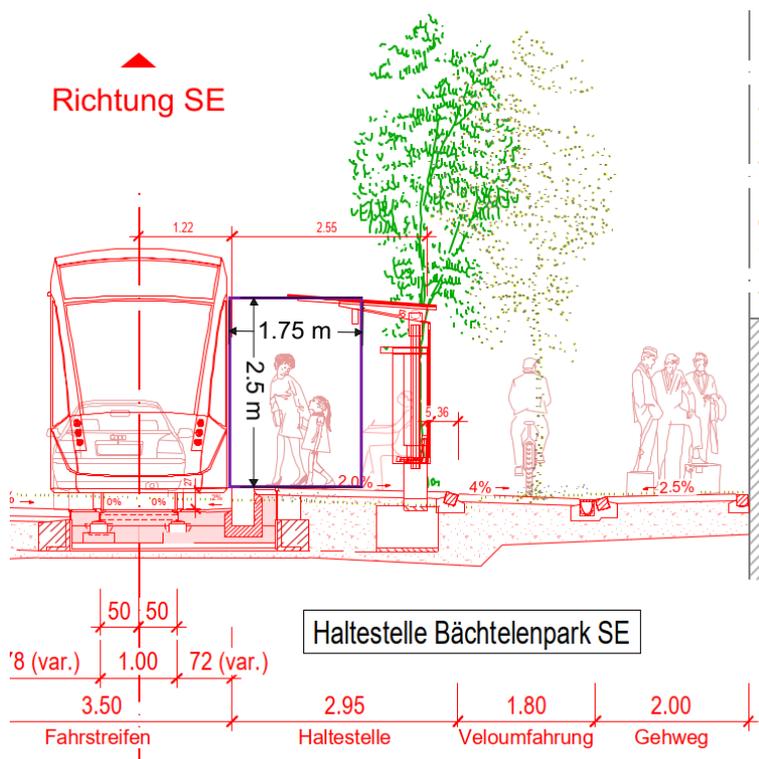


Abbildung 2: Haltestelle Bächtelenpark

Gemäss den Grundsätzen aus Kapitel 4.4 müssen bei jedem Neubau einer Haltestelle der Platz und die Anschlüsse für einen Spannungsbegrenzer zwischen den Schienen und der Hauptpotentialausgleichsschiene der EW-Erde vorgesehen werden.

In der SGK Richtlinie C3 Ziff. 22443 [12] wird empfohlen, für die Oberfläche von Ein- oder Aussteigzonen weitgehend isolierendes Material zu verwenden. Da bisher jedoch keine Probleme mit unangenehmen erhöhten Berührungsspannungen aufgetreten sind, werden dazu in der Praxis keine weiteren Massnahmen umgesetzt. Es sind weiterhin die Vorgaben der Stadt Bern zum Strassenbau umzusetzen.

## 6 REFERENZEN

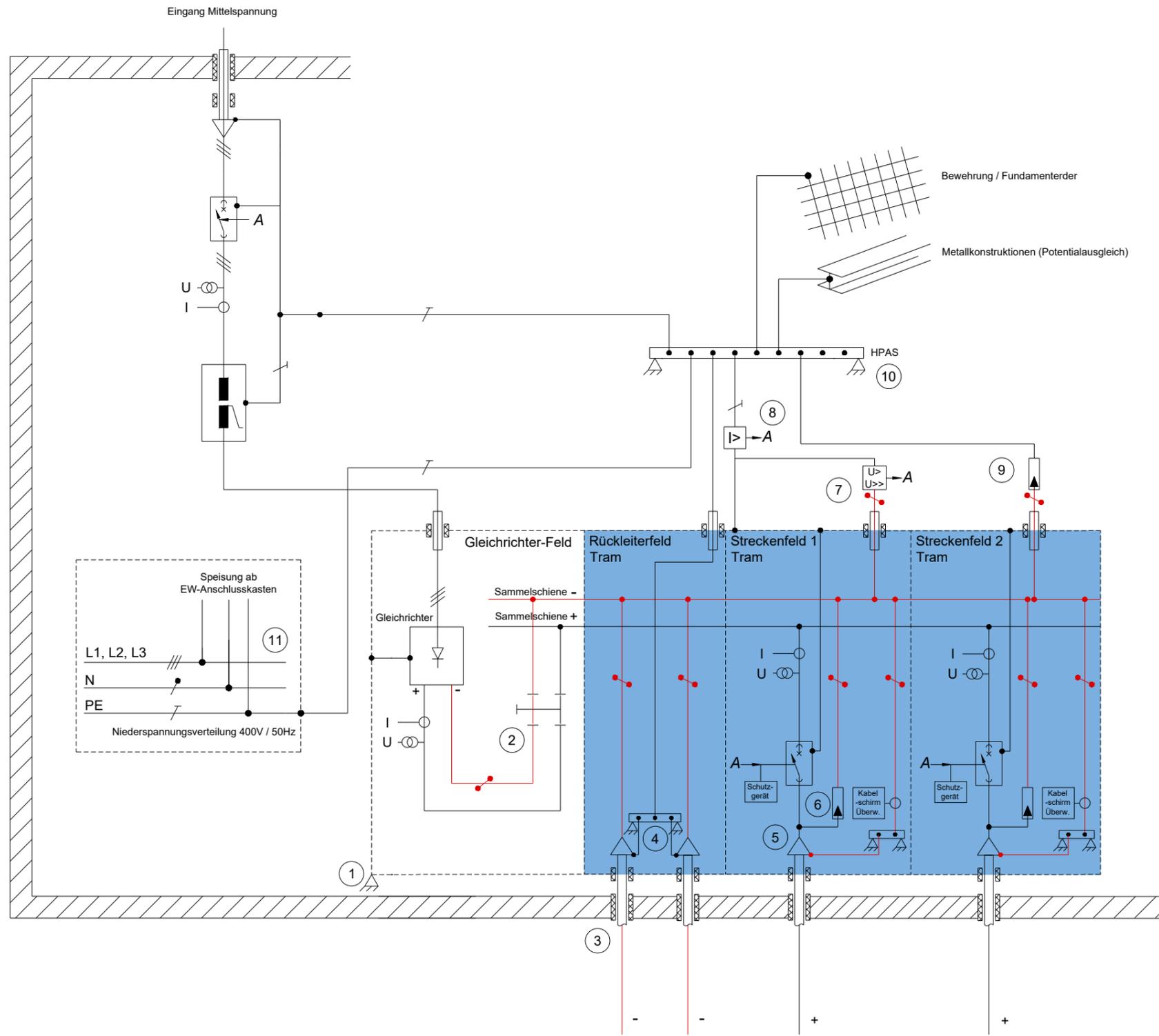
### 6.1 Normen / Gesetze / Richtlinien

- [1] BAV, Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen, Eisenbahnverordnung, EBV, vom 23. November 1983 (Stand am 01. Juli 2020)
- [2] Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, AB-EBV Stand 01.07.2016
- [3] BAV, Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen, Schwachstromverordnung, vom 30. März 1994 (Stand am 20. April 2016)
- [4] BAV, Verordnung über elektrische Starkstromanlagen, Starkstromverordnung, vom 30. März 1994 (Stand am 1. Juni 2019)
- [5] BAV, Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen, Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV, vom 7. November 2001 (Stand am 1. Juni 2019)
- [6] SN EN 50122-1:2011 + A:2017 "Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag"
- [7] SN EN 50122-2:2010 "Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 2: Schutzmassnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme"
- [8] SN EN 50122-3:2010 «Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung - Teil 3: Gegenseitige Beeinflussung von Wechselstrom- und Gleichstrombahnsystemen»
- [9] SN EN 50123-7-1:2003-02 «Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Gleichstrom-Schalteneinrichtungen. Teil 7-1: Mess-, Steuer- und Schutzeinrichtungen in Gleichstrom-Bahnanlagen – Anwendungsleitfaden»
- [10] SN EN 61140:2016-05 «Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel»
- [11] SN EN 50526-3:2016-01: «Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Überspannungsableiter und Spannungsbegrenzungseinrichtung für Gleichspannungsnetze - Teil 3: Anwendungsleitfaden»
- [12] Richtlinie C3 der Korrosionskommission der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK), Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, Ausgabe 2011-5
- [13] VöV, D RTE 27900, Rückleitungs- und Erdungshandbuch, 01.02.2015
- [14] SNG 483755:2019-12: «Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen, Erläuterungen zu den Artikeln 53 – 61 der Starkstromverordnung SR 734.2»
- [15] SNR 464113:2015-10: «Fundamenterder»
- [16] SNR 464022:2015-03: «Blitzschutzsysteme»

- [17] BERNMOBIL Projektierungsrichtlinie Fahrstrom + Sicherungsanlagen, Version 1.0, 16.06.2020
- [18] BERNMOBIL Schutzkonzept, Dachdokument, ENOTRAC AG, ECH-192.36-001 Version 1.1, 08.10.2020
- [19] ewb Werknormen Netzbau WN 17 Gleichrichterstation, V1.0, 08.10.2015
- [20] Erdungs- und Rückleitungskonzept Tram- und Trolleybusnetz BERNMOBIL, ENOTRAC AG, ECH-192.51-001 Version 1.0

## **6.2 Dokumente im Anhang**

- [21] Erdungs- und Rückleitungskonzept EWS Kleinwabern, GR Bächtelenpark, Gleichrichterstation Tramnetz, ENOTRAC AG ECH-192.59-002 Version 2.0 Blatt A
- [22] Erdungs- und Rückleitungskonzept EWS Kleinwabern, GR Bächtelenpark, Einspeisung, Rückleitung, Strecke Tramnetz, ENOTRAC AG ECH-192.59-002 Version 2.0 Blatt B
- [23] Erdungs- und Rückleitungskonzept EWS Kleinwabern, GR Bächtelenpark, Tramhaltestelle und Zone besonderer Massnahmen, ENOTRAC AG ECH-192.59-002 Version 2.0 Blatt C



# Konzept Gleichrichteranlage Tramnetz

siehe dazu auch die ewb Werknormen zur Gleichrichterstation (Kapitel 3)

GR mit Speisung Tramnetz

Legende / Bemerkungen	
	PE Schutzerde
	Rückleitungs- & Erdungssystem der Bahn (in Rot gemäss RTE 27900)
	isoliert aufgestellt
	Schutz- & Neutralleiter
	Neutralleiter
	Phasenleiter
	3 Phasen
	Potentialausgleichsschiene
	Hauptpotentialausgleichsschiene
	Gerüstschlusschutz
	Sicherung
	Leistungsschalter
	Trenner
	Spannungswandler
	Stromwandler
	Transformator
	Kabelendverschluss
	Überspannungsableiter

- ① isoliert aufgestellte Gleichrichteranlage
- ② Trenner mit zwei parallelen Kontakten
- ③ isolierte Durchführung der Kabel
- ④ Erdung des Schirms der Rückleiterkabel auf Kabelschirm-Sammelschiene
- ⑤ Erdung des Schirms der Speisekabel auf Kabelschirm-Sammelschiene inkl. Kabelschirmüberwachung
- ⑥ Überspannungsableiter zwischen Leistungsschalter-Abgängen und Rückleitersammelschiene (Blitzschutz)
- ⑦ Spannungsrelais zwischen Rückleitersammelschiene und Gerüstschlusschutz
- ⑧ Gerüstschlusschutz gemäss EN 50123-7-1
- ⑨ Überspannungsableiter zwischen Rückleitersammelschiene und HPAS (Blitzschutz)
- ⑩ Hauptpotentialausgleichsschiene
- ⑪ 50-Hz-Niederspannungsversorgung, Anschluss an EW-Anschlusskasten oder TN-S Speisung ab Eigenbedarfstrafo

2.0	02.11.2021	freigegeben	SC, Kuf	Sch	Sch
Vers.	Datum	Status	Erst.	Gepr.	Freig.

Auftraggeber  
BERNMOBIL  
Eigerplatz 3  
3000 Bern  
Schweiz

**BERNMOBIL**  
ZUSAMMEN UNTERWEGS

Hersteller  
ENOTRAC AG  
Seefeldstrasse 8  
CH-3600 Thun  
Switzerland

**ENOTRAC**

Projekt  
Erdungs- & Rückleitungskonzept  
EWS Kleinwabern, GR Brächtelenpark

Dokument  
**Gleichrichterstation Tramnetz**

Dok.-Nr.  
002

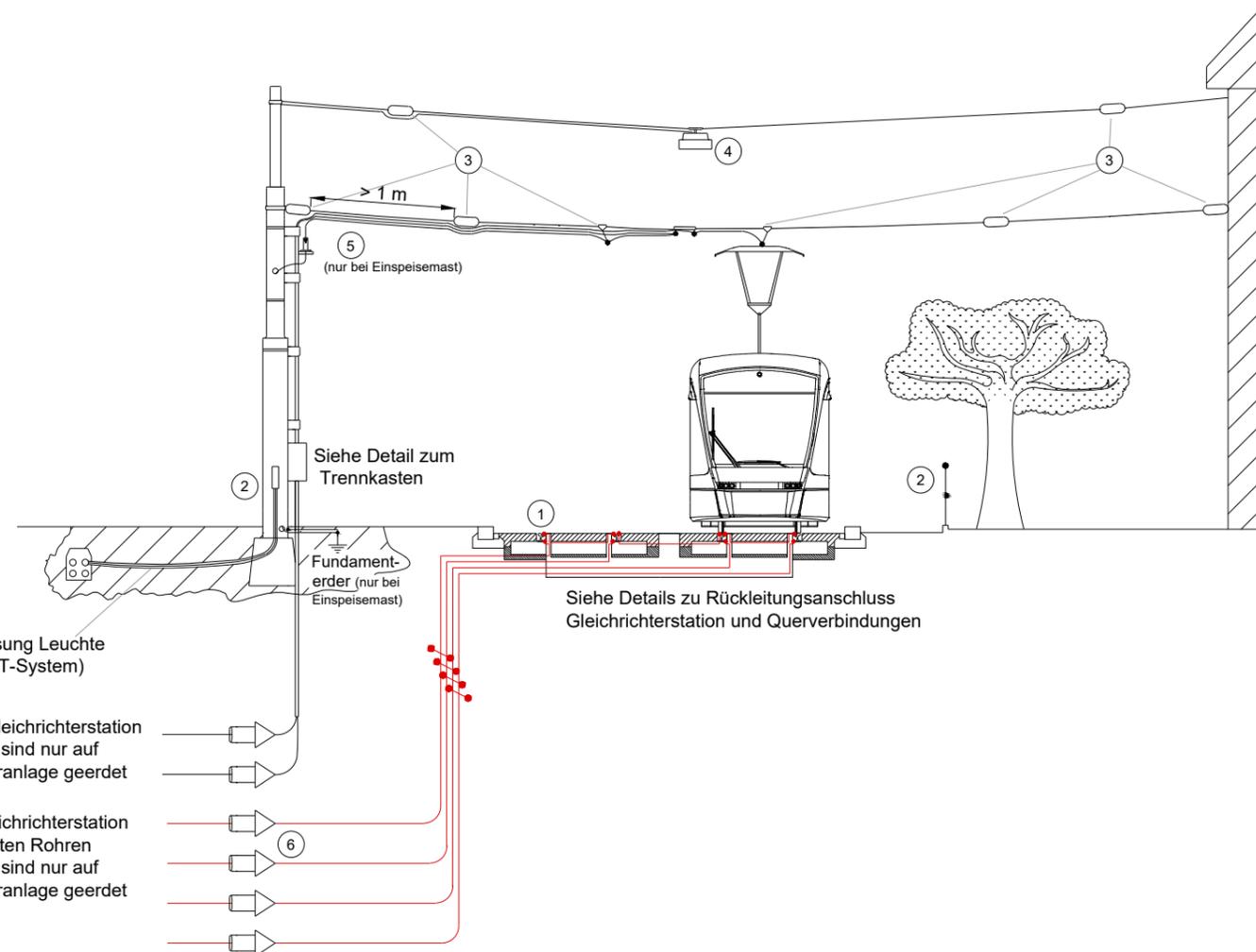
Projekt-Nr.  
192.59

Masstab  
-

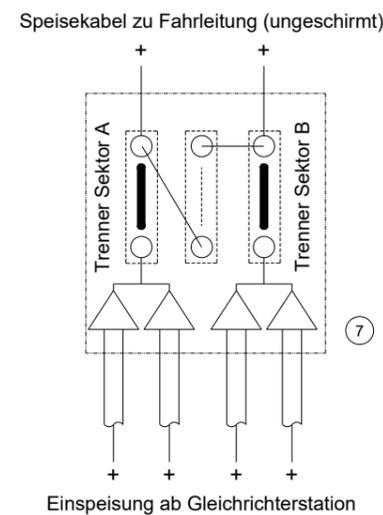
Blatt  
**A**

# Konzept Einspeisung & Strecke Tram

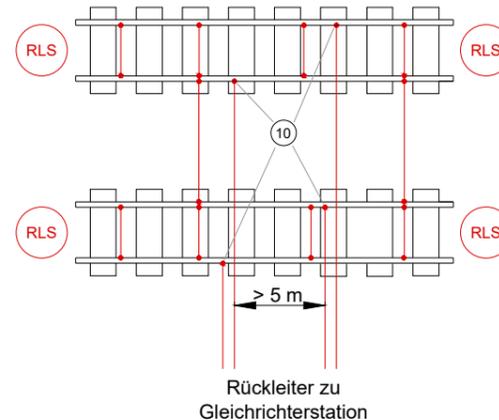
für das Konzept im Haltestellenbereich  
siehe Blatt C



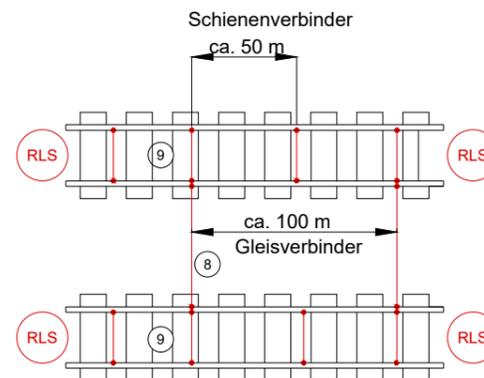
Detail zum Trennkasten



Detail zu Rückleitungsanschluss Gleichrichterstation



Detail zu Querverbindungen



- ① Schienen in geschlossener Bettung: Installation gemäss BERNMOBIL-Standard, max. Ableitbelag < 2.5 S/km/Gleis
- ② Metallkonstruktionen wie FL-Masten, Geländer, Kandelaber usw. werden nach Möglichkeit nicht mit dem Rückleitungssystem verbunden. Grundsätzlich gilt:
  - Sind sie näher als 2 m zur Gleisachse (innerhalb Zone besonderer Massnahmen), müssen sie isoliert montiert und Schutzmassnahmen gemäss SN EN 50122-1 Kapitel 6.3 getroffen werden.
  - Wenn die minimale Berührungsdistanz von 1.75 m zwischen bahngeredeten und EW-geerdeten Metallkonstruktionen nicht eingehalten werden kann, sind Massnahmen zum Schutz vor gefährlichen Berührungs- und Schrittspannungen zu treffen.
 siehe dazu den übergeordneten Bericht zum Erdungs- & Rückleitungskonzept (ECH-192.59-001)
- ③ Isolator 1500 V
- ④ Leuchte mit Isolation für Schutzklasse II, Isolationsfestigkeit 1500V, Einspeisung ab FI (TT-System)
- ⑤ Bei Einspeisungen, bei welchen die Fahrleitung über Wandanker aufgehängt ist, ist die Montage eines Überspannungsableiters oft nicht praktikabel. In diesen Fällen ist ein Überspannungsableiter bei der nächstbesten Gelegenheit vorzusehen.
- ⑥ Verbindung zur Gleichrichteranlage: mind. 2 Rückleiterkabel pro Speisepunkt in getrennten Rohren, doppelt isoliert, gelb markiert
- ⑦ Trennkasten mit Anschluss der Steigleitungen, Kabelschirme der Speisekabel ab Gleichrichterstation isoliert. Trennkästen mit Metallgehäuse sind am Mast zu erden.
- ⑧ Gleisverbinder, isoliert, gelb markiert
- ⑨ Schienenverbinder, isoliert, gelb markiert
- ⑩ Gleisanschlusskasten, isoliert, gelb markiert, Kabelschirme der Rückleiterkabel isoliert

## Legende / Bemerkungen

- Rückleitungs- & Erdungssystem der Bahn (in Rot gemäss RTE 27900)
- Schiene
- RLS Rückleitersystem Bahn
- Isolator
- Kabelendverschluss
- Überspannungsableiter
- Fehlerstromschutz
- Leuchte
- Trenner geschlossen
- Trenner offen
- Trenner geschweist

2.0	02.11.2021	freigegeben	SC, Kuf	Sch	Sch
Vers.	Datum	Status	Erst.	Gepr.	Freig.

Auftraggeber  
BERNMOBIL  
Eigerplatz 3  
3000 Bern  
Schweiz  
**BERNMOBIL**  
ZUSAMMEN UNTERWEGS

Hersteller  
ENOTRAC AG  
Seefeldstrasse 8  
CH-3600 Thun  
Schweiz  
**ENOTRAC**

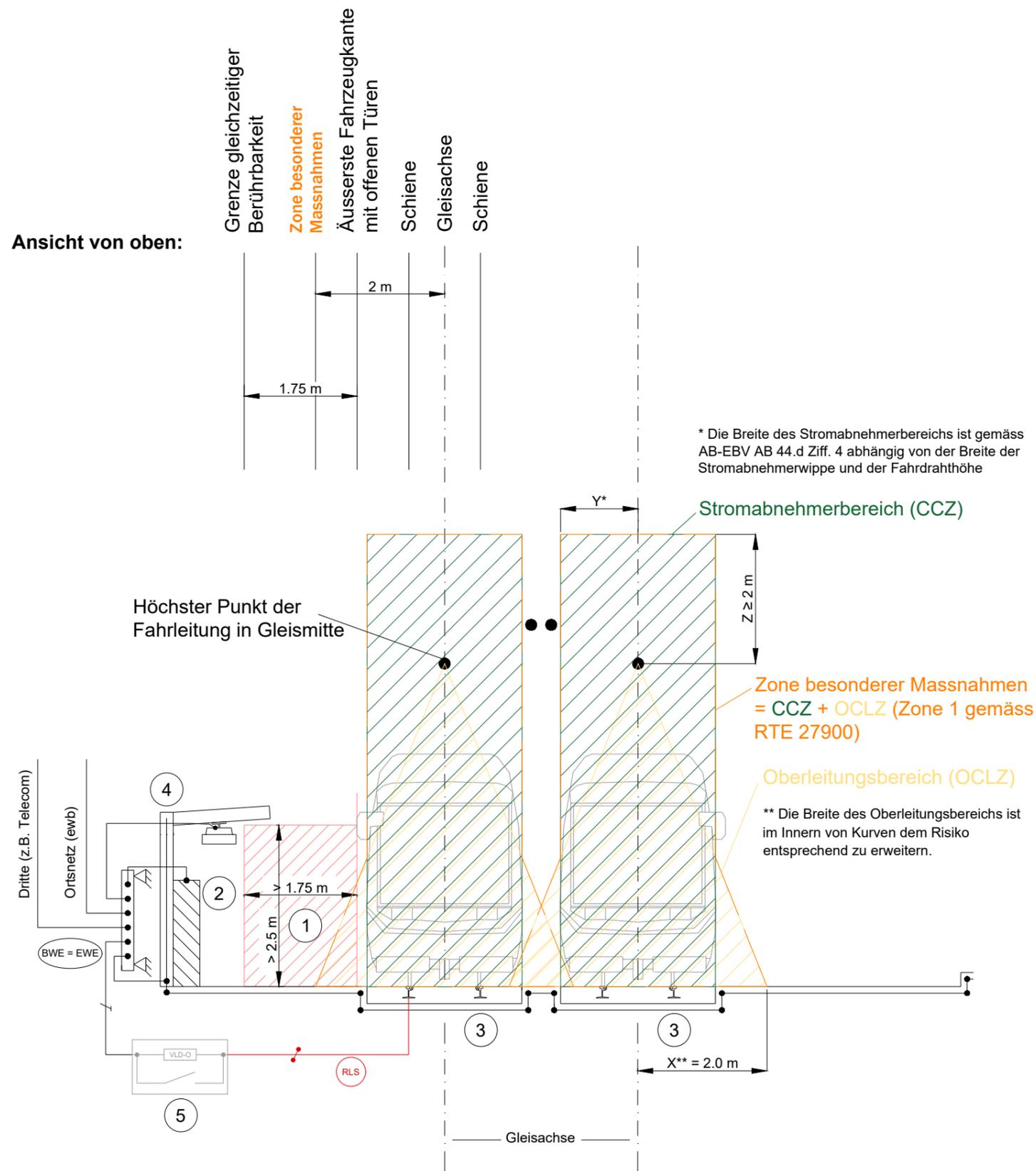
Projekt  
Erdungs- & Rückleitungskonzept  
EWS Kleinwabern, GR Brächtelenpark

Dokument  
**Einspeisung, Rückleitung,  
Strecke Tramnetz**

Dok-Nr.  
002  
Projekt-Nr.  
192.59  
Blatt  
**B**  
Massstab  
-

# Konzept Haltestellenbereich Tram

für das Konzept Einspeisung & Strecke  
siehe Blatt B



- Freizuhalten Bereich gleichzeitiger Berührbarkeit verschiedener Erdungssysteme (Zone 2 gemäss RTE 27900)
- Haltestellenmöblierung (Billetautomat, usw.) metallisch leitend mit EWE und BWE verbunden
- Elektrisch isoliert zur Umgebung verlegte Schienen mit geschlossenem Oberbau max. Ableitbelag < 2.5 S/km pro Gleis
- Metallkonstruktion oder Armierung
- bei Neubau / Sanierung Platz für den Einbau eines Spannungsbegrenzers Typ O (VLD-O, siehe EN 50122-1 Anhang F) vorsehen und Rohranlage inkl. Gleisanschlusskasten installieren

Für leitfähige Anlageteile in der Zone besonderer Massnahmen sind gemäss EN 50122-1, Kapitel 6.3 und den AB-EBV Art. 44.d Schutzmassnahmen vorzusehen:

- Direktabstand > 1.75 m zur Verhinderung der gleichzeitigen Berührbarkeit verschiedener Erdungssysteme (RLS → EWE/BWE) und einer der folgenden Massnahmen (ausser bei kleinen Bauteilen gemäss SN EN 50122-1, Kapitel 6.3.1.2)
- Verbinden mit dem Rückleitersystem und gegen Erde isolieren (Streustromschutz); oder
- Schutz durch Hindernisse gemäss EN 50122-1 Kapitel 6.3.1.4 - 6.3.1.5

Der Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln in der Zone besonderer Massnahmen ist, wenn immer möglich, zu vermeiden.

Siehe dazu den übergeordneten Bericht zum Erdungs- & Rückleitungskonzept (ECH-192.59-001).

Vers.	Datum	Status	Erst.	Gepr.	Freig.
2.0	02.11.2021	freigegeben	SC, Kuf	Sch	Sch

**Auftraggeber**  
BERNMOBIL  
Eigerplatz 3  
3000 Bern  
Schweiz

**BERNMOBIL**  
ZUSAMMEN UNTERWEGS

**Hersteller**  
ENOTRAC AG  
Seefeldstrasse 8  
CH-3600 Thun  
Schweiz

**ENOTRAC**

**Projekt**  
Erdungs- & Rückleitungskonzept  
EWS Kleinwabern, GR Brächtelenpark

**Dokument**  
Tramhaltestelle und Zone besonderer Massnahmen

Dok.-Nr. 002

Projekt-Nr. 192.59	Blatt C
Massstab -	