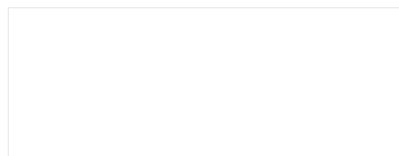


PROJEKTVERANTWORTUNG

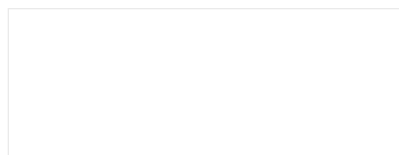
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich



(Urs Feuz / Direktion Vize Direktor)

PROJEKTLEITUNG

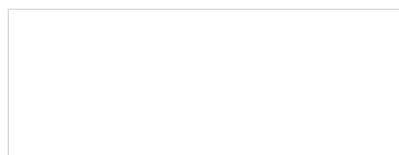
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich



(Riccardo Vegezzi / Projektleiter)

PLANER

Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich



(Samuel Staub / Projektingenieur)



Kanton: Zürich

Gemeinde: Stadt Zürich

Plangenehmigungsprojekt



Infrastruktur
Bauprojektmanagement

Verkehrsbetriebe Zürich
Luggwegstrasse 65
Postfach 8048 Zürich
www.vbz.ch

**VBZ Wendeschleife
Rehalp**

**Erweiterung und Instandsetzung
Tramhaltestelle**

Erdungskonzept

14.06

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	3
1.1	ZWECK DIESES DOKUMENTES	3
1.2	GRUNDLAGEN UND NORMEN	3
1.3	ZIELSETZUNG	4
1.4	GELTUNGSBEREICH	4
1.5	ABKÜRZUNGEN	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
2	DEFINITION DES VORHABENS (SYSTEMDEFINIETION).....	5
2.1	PROJEKTZIELE.....	5
2.2	REFERENZDOKUMENTE.....	5
2.3	PROJEKTUMFANG	6
2.3.1	<i>Projekt- und Systemgrenzen.....</i>	6
2.3.2	<i>Ecktermine</i>	6
3	BAHNRÜCKSTROM- UND ERDUNGSANLAGEN.....	7
3.1	BAHNSTROMERZEUGUNGS- UND -UMFORMUNGSANLAGEN	7
3.2	BAHNSTROMVERTEILUNGSANLAGEN	7
3.2.1	<i>Allgemein</i>	7
3.2.2	<i>Projektperimeter.....</i>	7
3.3	BAHNRÜCKSTROM- UND ERDUNGSANLAGEN.....	7
3.3.1	<i>Allgemein</i>	7
3.3.2	<i>Speisung und Rückleitung im Projekt.....</i>	8
3.4	FAHRLEITUNGSANLAGE.....	9
3.4.1	<i>Projektperimeter.....</i>	9
3.4.2	<i>Erdungsmassnahmen Fahrleitungsanlage</i>	9
3.4.3	<i>Umschaltsektor Forchbahn</i>	10
3.4.4	<i>Blitzschutz.....</i>	10
3.5	BAHNSPEZIFISCHE ELEKTRISCHE ANLAGEN.....	12
3.5.1	<i>Allgemein</i>	12
3.5.2	<i>Steuerkabinen.....</i>	12
3.5.3	<i>Weichen.....</i>	13
3.5.4	<i>Schmieranlagen</i>	13
3.5.5	<i>Haltestellen</i>	14
3.6	NICHT BAHNSPEZIFISCHE ELEKTRISCHE ANLAGEN	15
3.6.1	<i>Zäune, Geländer und Abschränkungen</i>	15
3.7	FREMDE ODER BENACHBARTE ELEKTRISCHE SYSTEME	16
4	ANHANG.....	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
	ANHANG 1: PRINZIPSCHEMA BAHNRÜCKSTROM	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
	ANHANG 2: PRINZIPSCHEMA HALTESTELLE	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
	ANHANG 3: PRINZIPSCHEMA BAHNSPEZIFISCHE ELEKTRISCHE ANLAGEN	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

1 Einleitung

1.1 Zweck dieses Dokumentes

Das vorliegende Erdungskonzept stellt einen integrierenden Bestandteil der Nachweisdokumentation im Plangenehmigungsverfahren für den Bereich Elektrische Anlagen dar.

Dieser Bericht dient dem Nachweis, dass das geplante Vorhaben den massgebenden Rechtserlassen und Normen entspricht und einen sicheren Betrieb erlauben wird.

1.2 Grundlagen und Normen

Es existieren eine Zahl von Normen, Vorschriften und Regelwerken, die zum Ziel haben, der komplexen Rückleitungs- und Erdungsthematik eine geordnete Richtung zu geben.

Die folgenden Dokumente bilden die Grundlage für die Bemessung in Dimensionierung der Erdungskonzeptes für das vorliegende Projekt "Wendeschleife Rehalp". Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

- EN 50122-1 "Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung. Teil 1: Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag" (Ausgabe 2024)
- AB-EBV "Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung" (Ausgabe 2020)
- D RTE 27900 "Rückleitungs- und Erdungshandbuch" (Ausgabe 2020)
- C3 "Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen" (Ausgabe 2022)
- EN 50123-7-1 "Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - Gleichstrom-Schaltanlagen. Teil 7-1: Mess-, Steuer- und Schutzeinrichtungen in Gleichstrom-Bahnanlagen - Anwendungsleitfaden" (Ausgabe 2003)
- "Grundlagendokument zu RLV230135-H"

1.3 Zielsetzung

Im Rahmen dieses Berichtes sollen die getroffenen Massnahmen im Bereich Bahnrückstrom und Erdung für das vorliegende Projekt "Wendeschleife Rehalp" detailliert beschrieben werden. Es dient als Planungsgrundlage für das Bauprojekt und zeigt vorhandene Gefährdungspotentiale an der Anlage und derer unmittelbaren Umgebung. Entsprechend können die erforderlichen Massnahmen, während dem Bau und im Betrieb, sowie deren Verhältnismässigkeit beschrieben werden.

1.4 Geltungsbereich

Das vorliegende Dokument gilt für das Traktionsstromversorgungsnetz der Verkehrsbetriebe Zürich, VBZ, im Bauperimeter des Projektes "Wendeschleife Rehalp".

2 Definition des Vorhabens (Systemdefinietion)

2.1 Projektziele

Die bestehende Wendeschleife Rehalp wird mit einer zusätzlichen Halteposition erweitert. Dies ist notwendig, um die Verlängerung der Tramlinie 5 bis Rehalp zu realisieren. Somit entsteht die Möglichkeit, zwei Tramzüge in der Wendeschleife aufzunehmen. Für die Erweiterung der Wendeschleife ist eine Anpassung der Gleisanlage in der Forchstrasse sowie in der Wendeschleife erforderlich. Die Realisierung der zweiten Haltekante ist nur durch eine Änderung der Fahrtrichtung in der Wendeschleife möglich.

Durch die Anpassung der Gleisgeometrie ist auch eine Anpassung der Fahrleitungsanlage erforderlich. Daher ist eine Prüfung und Anpassung des bestehenden Erdungskonzeptes notwendig.

2.2 Referenzdokumente

Als Basis für das vorliegende Vorhaben dienen folgende Vorgaben, Unterlagen und Pläne. Sie bilden die Grundlage für diesen Sicherheitsbericht.

Nr.	Dokument	PGV Nr. / Vers	Datum	Autor	Empfänger					Bemerkungen
					RAV	SV	RS	RRS	RRS	
1	Technischer Bericht	01.04	23.07.25	SNZ	x	x				Gemäss Dokumentenliste PGV
2	Situationsplan Werkleitungen	04.02	17.07.25	SNZ	x	x				Gemäss Dokumentenliste PGV
3	Situationspläne Fahrleitung	14.03.01	16.05.25	VBZ	x	x				Gemäss Dokumentenliste PGV
4	Normalprofile	06.01	17.07.25	SNZ	x	x				Gemäss Dokumentenliste PGV
5	VBZ Katalog elektrische Anlagen	-		VBZ	x	x				1)
6	VBZ Montage-Katalog Haltestellen	-		VBZ	x	x				2)
7	Sicherheitsbericht El. Anlagen	14.01		VBZ	x	x				
8	Typenzulassung von Fahrleitung	-	04.04.16	VBZ		x				ZR44TZ2015-10-0009

Nr.	Dokument	PGV Nr. / Vers	Datum	Autor	Empfänger					Bemerkungen
					RAV	GV	RS	RRS	RRS	
9	VBZ Richtlinie zur Erdung von Betriebsmitteln, 600V DC	-		VBZ						RLV 230135 H+G

Tabelle 1: Im SiBe elektrische Anlagen referenzierte Dokumente

- 1) Der "VBZ-Katalog elektrische Anlagen", Stand 2018, ist öffentlich verfügbar unter:
[VBZ Katalog elektrische Anlagen gesamt V3.0](#)
- 2) Der "VBZ Montage-Katalog Haltestellen", Stand 2020, ist öffentlich und verfügbar unter:
[Haltestellen Montagekatalog 2020 V3.0](#)

Hinweis: Die beiden referenzierten Kataloge dienen zur Veranschaulichung und zur Erfüllung von Ausführungsvorgaben und sind als rein informativ zu verstehen. Sie sind kein Bestandteil der offiziellen PGV-Dokumentationen

Die allgemeinen, gesetzlichen und normativen Grundlagen sind im Technischen Bericht PGV des vorliegenden Vorhabens aufgeführt.

2.3 Projektumfang

2.3.1 Projekt- und Systemgrenzen

Das Vorhaben befindet sich an der Grenze der Stadt Zürich (Kreis 7) und auf dem Gebiet der Gemeinde Zollikon auf nicht IOP-Netz. Das Grundstück ist im Besitz der Stadt Zürich (VBZ).

Basis des Vorhabens bilden die aktuellen, bei den VBZ eingeführten Systeme, Komponenten, Schnittstellen oder Funktionalitäten und Prozesse (Betrachtungsgegenstände) für elektrische Anlagen. Für diese Betrachtungsgegenstände besteht die Gewähr, dass die notwendigen Voraussetzungen (Zulassung, bedienerseitige Vorschriften und damit Abstimmung mit den Betriebsprozessen/-konzept, Wissensbasis auf Seiten der Bediener/Unterhaltsdienste) erfüllt sind.

Alle bei den VBZ noch nicht eingeführten Betrachtungsgegenstände werden mit den massgebenden Angaben im Sicherheitsbericht elektrischer Anlagen (PGV-Dok. 14.01) aufgelistet.

2.3.2 Ecktermine

Die wichtigsten Termine und Meilensteine des Vorhabens sind im technischen Bericht (PGV-Dok. 01.04) unter Kap. 2.3 ersichtlich.

3 Bahnrückstrom- und Erdungsanlagen

3.1 Bahnstromerzeugungs- und -umformungsanlagen

Im vorliegenden Projektperimeter sind keine Bahnstromerzeugungs- oder -umformungsanlagen vorhanden. Somit sind keine Anpassungen bezüglich Erdung erforderlich.

3.2 Bahnstromverteilungsanlagen

3.2.1 Allgemein

Die GR-Anlagen werden vom städtischen Energieversorger ewz beschafft, errichtet und betreut. Ebenso werden sämtliche Schaltheaktionen durch das Elektrizitätswerk vorgenommen. Die Übergabepunkte zu den Kabel- und Fahrleitungssektoren sind die Speisekabelanschlüsse ab den DC-Leistungsschaltern und die Rückleiteranschlussklemmen an der Rückleitersammelschiene.

Bei den VBZ ist die Polarität der Traktionsspannung der Fahrleitung positiv gegenüber der Schiene. Die Nennspannung beträgt 630 VDC, die Gleichrichtertransformatoren werden seit ca. 2008 umschaltbar ausgeführt, um eine Spannungserhöhung auf 750 VDC zu ermöglichen.

3.2.2 Projektperimeter

Im vorliegenden Projektperimeter werden keine Änderungen an Gleichrichteranlagen vorgenommen.

3.3 Bahnrückstrom- und Erdungsanlagen

3.3.1 Allgemein

Die Bahnstrom-Rückführung im vorliegenden Projekt ist so gestaltet wie die Bestandsanlagen im Tram-Netz der VBZ: Die Rückstromführung erfolgt ab dem Fahrzeug in den Gleisen. Ab den Gleisanschlüssen / Erdungskästen erfolgt die Rückstromführung zu den speisenden GR-Anlagen über Rückleiteranschlussleiter, Rückleitersammelschienen und Rückleiterkabel (siehe Anhang 1).

Der Wahrung von Redundanzen in der Rückstromführung wird grösste Aufmerksamkeit gewidmet.

Zur Reduktion von Streuströmen im Erdreich sind die Gleise im vorliegenden Projekt auf ganzer Länge isoliert verlegt.

Alle metallisch leitfähigen Anlagenteile entlang der Strecke (Zäune, Masten und Haltestellenbereiche) sind erdungstechnisch so behandelt, dass gefährliche Berührungsspannungen nach SN EN 50122-1:2022 nicht auftreten. Die jeweilige Erdungsmassnahme entspricht dem Erdungskonzept der VBZ.

3.3.2 Speisung und Rückleitung im Projekt

Die Speisung sowie Rückleitung werden im vorliegenden Projekt nicht verändert. Die Anzahl Fahrleitungen und Schienen, sowie deren Querschnitte, werden durch das Projekt nicht verändert.

3.3.2.1 Ist-Situation

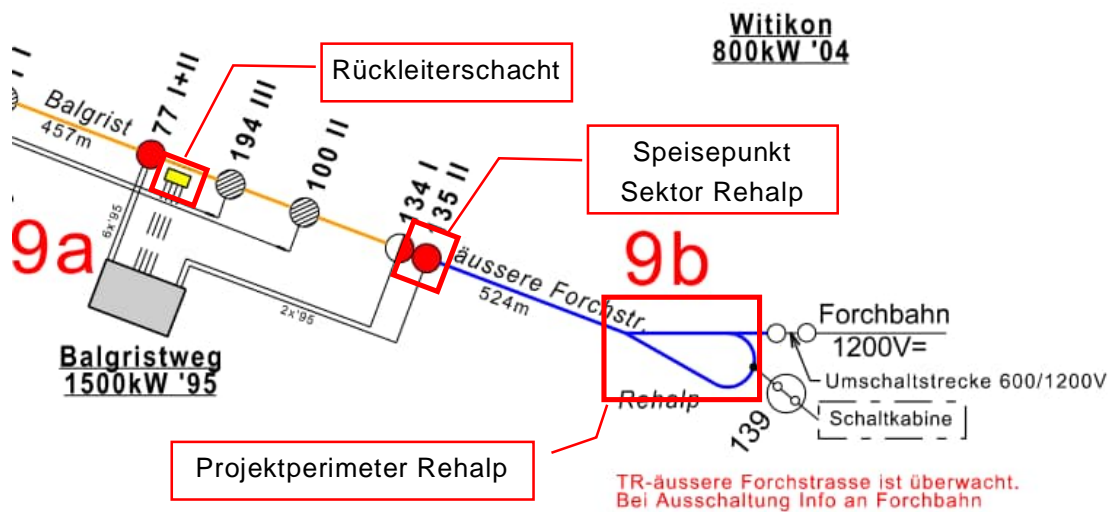


Abbildung 1: Ist-Situation der Speisung und Rückleitung im betroffenen Sektor

3.3.2.2 Speisung im vorliegenden Projekt

Die Einspeisung erfolgt mittels Steigzone am Mast ca. 250m vor der Haltestelle Enzenbühl, die nicht im Projektperimeter liegt.

3.3.2.3 Rückleitung im vorliegenden Projekt

Der Rückleitterschacht befindet sich auf der Haltestelle Balgrist (stadteinwärts) und liegt somit ausserhalb des Projektperimeters. In der Nachfolgenden Abbildung ist die Ausführung des Rückleitterschachtes sowie die Anbindung an die Gleise mittels Erdungskästen ersichtlich.

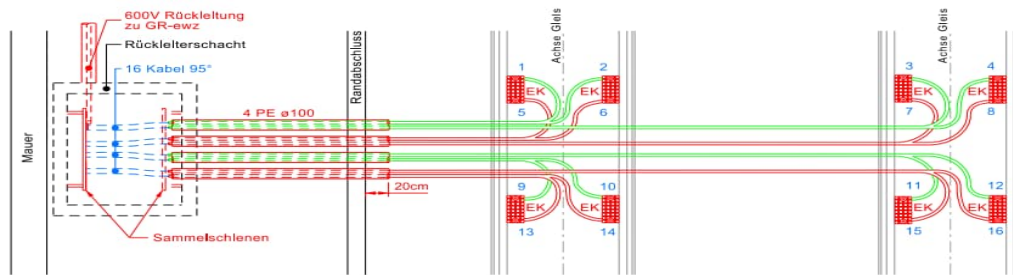


Abbildung 2: Grundriss der Rückleiteranbindung und des Rückleiterschachtes gemäss VBZ-Standards

3.3.2.4 Gleis als Teil der Rückstromführung

Die Gleisanlage wird im gesamten Bauperimeter isoliert ausgeführt, um den unvermeidbaren Eintrag vom Traktions-Rückstrom ins Erdreich (Streustrom) so weit als möglich zu reduzieren. Dies zum einen um den korrosiven Abbau des Schienenmaterials zu unterbinden, zum anderen und wichtiger, um die Korrosionsneigung umgebender metallischer Strukturen zu minimieren.

Diese Isolation erstreckt sich auf die gesamte Gleisanlage, damit auch auf die Spurstangen, Weichen und den isolierten Gleisverbindern. Die genaue Ausführung der Gleisisolation wird in der späteren Projekt- und Angebotsphase definiert

Im vorliegenden Projekt werden eingedeckte Rillenschienen vom Typ Ri60 verlegt. Die Gleise sind im vorliegenden Projekt durchgängig doppelspurig ausgebaut.

Ausgenommen in der Nähe von Gleisstromkreisen sind die Schienen in regelmässigen Abständen von ca. 300 cm (im Kurvenbereich bis 150 cm) mechanisch und elektrisch durch Spurstangen, geschraubt oder genietet, verbunden. Im Bereich der Gleisstromkreise sind diese Spurstangen, aus technischen Gründen, isoliert zu den Schienen ausgeführt. Weiterhin sind die Schienen beider Richtungen in regelmässigen Abständen elektrisch mit einem Querschnitt von 95mm² Cu querverbunden.

3.4 Fahrleitungsanlage

3.4.1 Projektperimeter

Der Projektperimeter für die Fahrleitungsanlage ist dem PGV-Dok. 14.03 zu entnehmen. Die Fahrleitung wird im gesamten Projektperimeter mittels neuer Maststandorte und Querspanner neu installiert. Dabei muss die Fahrleitung der neuen Gleislage und Haltekanten angepasst werden.

3.4.2 Erdungsmassnahmen Fahrleitungsanlage

Für die Fahrleitungsanlage sind keine speziellen Erdungsmassnahmen erforderlich. Die Fahrleitung ist gegenüber den Masten dreifach isoliert aufgebaut und befindet sich nicht in der Nähe von anderen Spannungspotenzialen.

3.4.3 Umschaltsektor Forchbahn

Der Fahrleitungsbereich der VBZ ist durch eine Umschaltstrecke vom Fahrleistungssektor der Forchbahn mittels Streckentrennern getrennt.

Der Umschaltsektor der Forchbahn befindet sich nicht im Projektperimeter und bleibt im vorliegenden Projekt unverändert.

3.4.4 Blitzschutz

Die Masten werden erdfühlig installiert. Am Masten 06.310 wird ein neuer Blitzschutz mit entsprechendem Tiefenerder vorgesehen. Standartmässig werden die VBZ-Sektoren immer beidseitig mit einem Blitzschutz versehen. Wobei im vorliegenden Projekt die Wendeschleife als Ende des Sektors betrachtet wird.

Zum Ableiten wird am Mast ein Tiefen- oder Bänderder verbaut. Der notwendige Erdungswiderstand von $\leq 10\Omega$ wird i.d.R. erreicht; ansonsten werden zusätzliche Tiefenerder angeschlossen (siehe auch "VBZ-Katalog elektrische Anlagen").

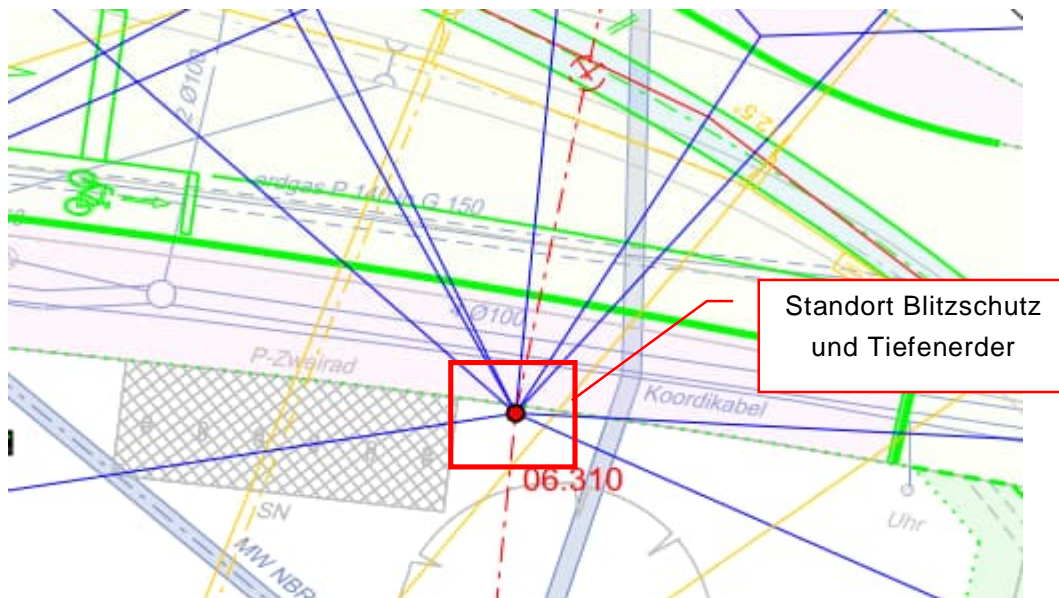


Abbildung 3: Standort Blitzschutz Sektor Rehalp

Querschnitt 1-1 1:25

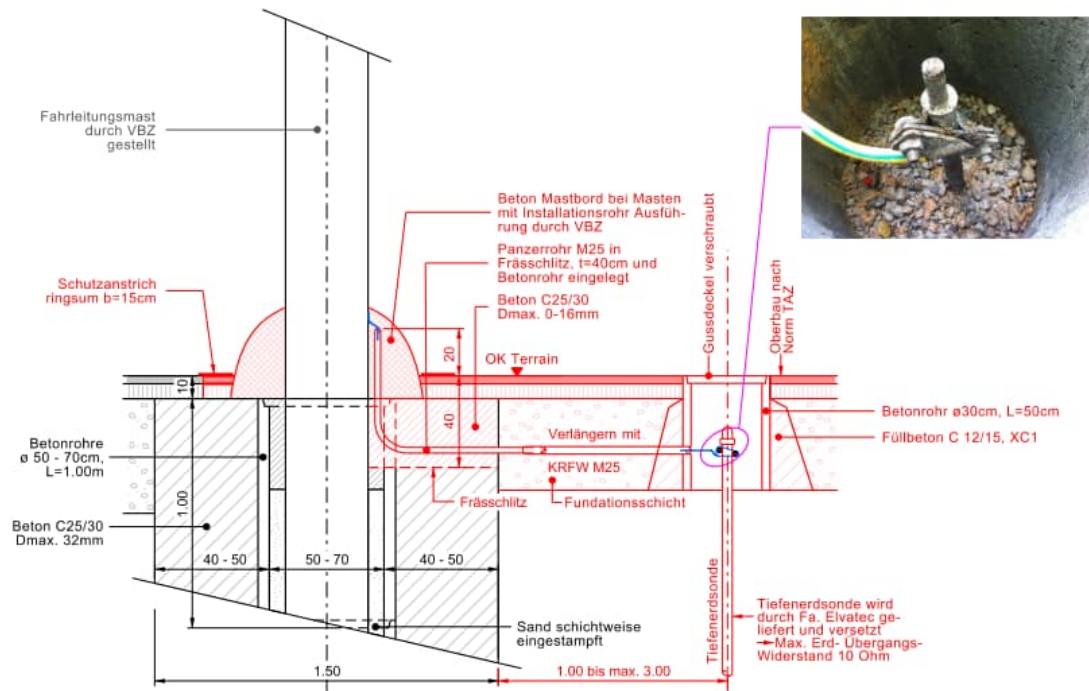


Abbildung 4: Prinzip-Plan Tiefenerder (Blitzschutz)

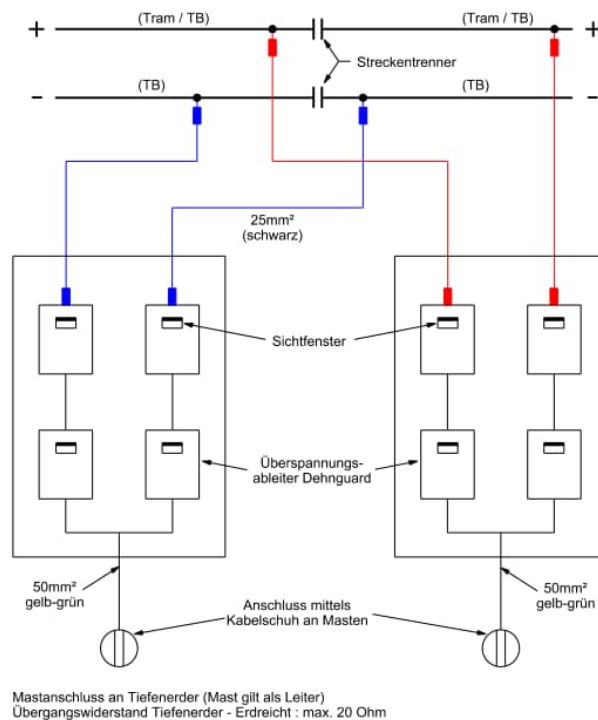


Abbildung 5: Schema Blitzschutz (Tram)

3.5 Bahnspezifische elektrische Anlagen

3.5.1 Allgemein

Die bahnspezifischen elektrischen Anlagen beziehen ihre Spannungsversorgung aus dem Traktionsstromnetz und greifen die Spannung zwischen der Fahrleitung und den Schienen ab (Abbildung 6).

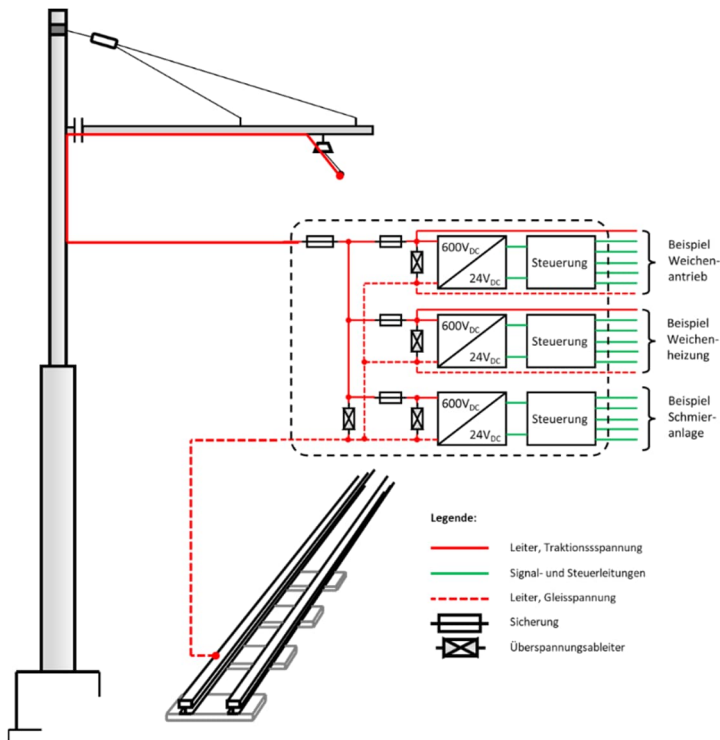


Abbildung 6: Prinzip-Darstellung einer Steuerkabine. Traktionsstromversorgung (600 V_{DC}) rot, Steuer- und Signalspannungen (i.d.R. 24 V_{DC}) grün

3.5.2 Steuerkabinen

Eingesetzt werden Steuerkabinen des Typs BG12 der vormals Firma BERGER Protechnic GmbH. Die Kabinen bestehen aussen aus glasfaserverstärktem Polyester und verfügen über einen innenliegenden vollverschweissten und feuerverzinkten Stahlrahmen.

Innerhalb der Kabine werden die folgenden Anlagen kombiniert:

Netzeinspeisung (630 VDC)

Steuerung Weichenantrieb

Steuerung Weichenheizung

Steuerung Schmieranlage

Zudem erfolgt die Erzeugung der Steuerspannung (bei den VBZ i.d.R. 24 VDC) für die diversen Steuerungen, Sensorik und Meldesysteme, aus der 630 VDC-Traktionsspannung. Diese Spannung ist galvanisch entkoppelt vom Traktionsstrom.

3.5.2.1 Leitungen: Querschnitte und Absicherung

Die Zuleitung ab den Fahrleitungen erfolgt über an den Fahrleitungsmasten geführten Steigrohren, in denen doppelt isolierte 16 mm² Cu-Leitungen verlegt sind. Je nach Leistungsbedarf erfolgt die Absicherung mit 63A (grosse Steuerkabinen, 240cm Länge) oder mit 40A (kurze 120cm Steuerkabine). Die Sicherungsautomaten sind 3-polig, wobei die 3 Kontakte in Serie geschaltet sind. Innerhalb der Kabine ist jede Steuerung separat mit einem Sicherungsautomaten mit geringerem Auslösestrom abgesichert, und jeder Sicherung ist ein Überspannungsableiter (DEHNguard 600, Typ A1) nachgeschaltet (Abbildung 6), welcher dann parallel liegt zum zu schützenden Gewerk.

Obschon für die Stromführung überdimensioniert, erfolgt der Gleisanschluss mit einem Leiterquerschnitt von je 50 mm² Cu. Damit erfüllt diese Leitung die Vorgaben an die mechanische Stabilität der Gleisanschlüsse aus der SN EN 50122-1:2022, Kapitel 10.3.1.

Der Anschluss ans Gleis erfolgt an eigens dafür angebrachten Erdungskästen, siehe hierzu auch Kapitel 3.3.2

3.5.2.2 Isolation

Die Hülle der Steuerkabine besteht aus einem isolierenden Kunststoff. Der Einbaurahmen innerhalb der Kabine aus Metall. Dieser Metallrahmen wird durch den Gleisanschluss auf definiertes Potential gezogen.

Um Streuströme so weit als möglich zu minimieren ist der metallische Rahmen isoliert zum Boden geschraubt.

3.5.3 Weichen

Im Rahmen der kontinuierlichen Gleisisolation (siehe Kapitel 3.3.2.4) sind die Weichen gegen das umgebende Erdreich isoliert ausgeführt.

Die Weichenantriebe beziehen Schaltimpulse in der Höhe der Traktionsspannung. Die Sensorik wird durch geschirmte Kabel versorgt, wobei der Kabelschirm einseitig in der Steuerkabine an "Erde" bzw. Rückleiterpotential gelegt ist und in der Weiche elektrisch isoliert ausgeführt ist.

Wie die Weichenantriebe werden auch die Weichenheizungen mit einer Spannung in Höhe der Traktionsspannung gespeist. Die Temperatursensoren werden aus der Steuerkabine mit geschirmten Kabeln versorgt, wobei der Schirm, an der Heizung, elektrisch isoliert ausgeführt ist und nur in der Kabine "geerdet" wird.

3.5.4 Schmieranlagen

Die von der Schmieranlage kommenden hydraulischen Rohre sind elektrisch isoliert zum Erdreich ausgeführt.

Die Schmieranlage bezieht ihre Signale wahlweise aus der Weichensteuerung oder aus eigenen Sensoren. Diese sind durch die 24 VDC-Spannungsversorgung in der Steuerkabine versorgt. Die Schmierstoffventile beziehen ihre Betriebsspannung aus der Steuerkabine.

Die Leitungen sind auch hier geschirmt, wobei der Schirm einseitig in der Steuerkabine geerdet ist, und Sensor- oder Aktuator-seitig isoliert ausgeführt.

3.5.5 Haltestellen

3.5.5.1 Erdung Haltestelleninfrastruktur

Das maximale Gleispotential in den benachbarten Haltestellenbereichen wurde durch Messungen ermittelt. Die Werte sind deutlich unter den in der SN EN 50122-1:2022, Tabelle 9 und Tabelle 10, definierten Grenzen.

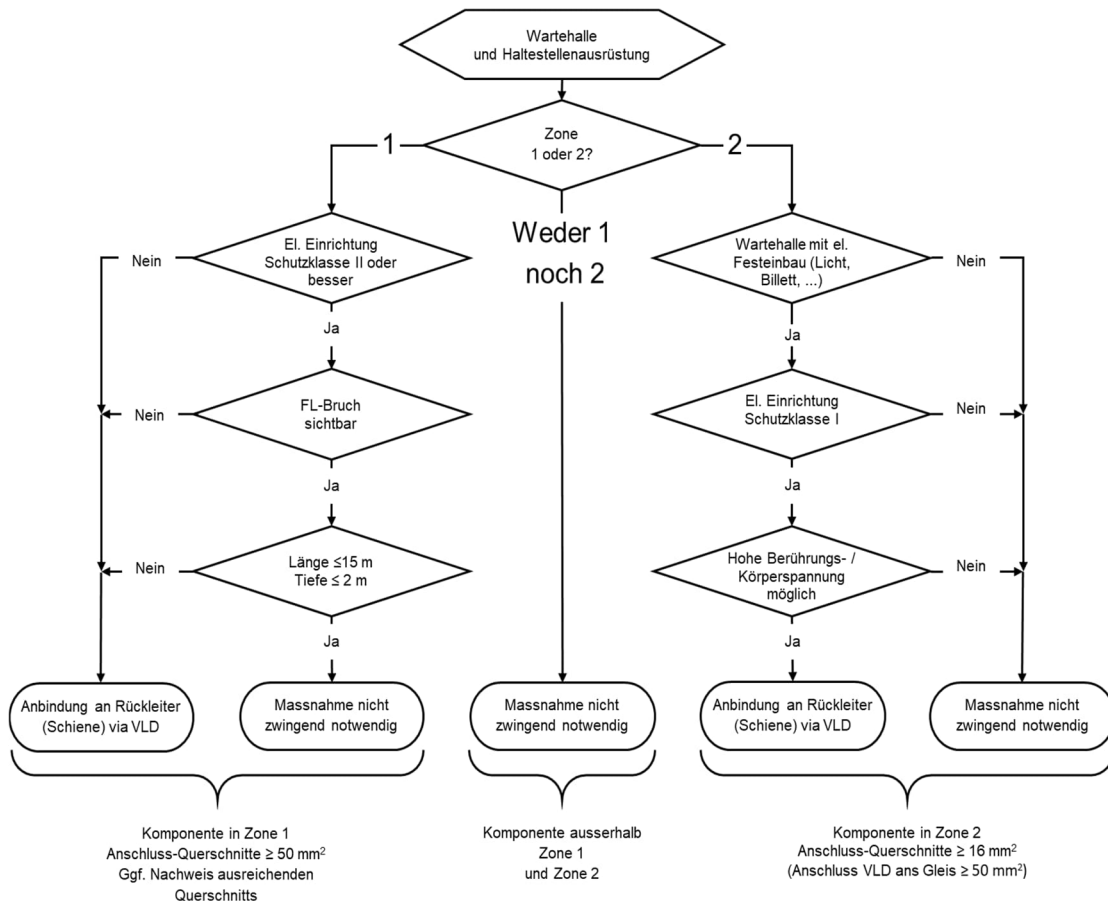


Abbildung 7: Erdung und Rückleiteranbindung leitfähiger Teile neben Schienen und Gleisen (Zone 1 ist der Stromabnehmer- und Fahrleitungsbereich, Zone 2 die Zone gleichzeitiger Berührbarkeit)

Bei der Platzierung der Haltestelle oder der Haltestellenausrüstung ist ggf. die Möglichkeit gleichzeitiger Berührbarkeit (nach AB-EBV, AB44.d, Kapitel 2.3) gegeben. Bei der Platzierung von Haltestellen und von Haltestellengebäuden, und deren Erdungsbehandlung, wird nach dem Entscheidungsbaum in Abbildung 7 verfahren. Dieser Entscheidungsweg wird generell bei leitfähigen Teilen nahe den Gleisen befolgt, so z.B. bei Haltestellen, Schrankenanlagen, oder Zäunen.

Generell installieren die VBZ keine elektrisch leitfähige Infrastruktur innerhalb des Oberleitungs- und Fahrleitungsbereichs (ehemals Zone 1).

Bezüglich des Zusammentreffens mehrerer Erdungssysteme und den damit einhergehenden möglichen Berührungsspannungen werden im Haltestellenbereich Anschlussmöglichkeiten ans Gleis (Erdungskästen) und die nötige Verrohrung zu den Erdungskästen vorbereitet, sowie ein Installationsraum für einen VLD. Die Verrohrung lässt Gleisanschlüsse mit isolierten Erdleitungen bis wenigstens 95 mm² Querschnitt zu. Damit lässt sich die Haltestelle zu jedem Zeitpunkt so weit nachrüsten, dass mögliche hohe Berührungsspannungen beherrschbar sind. Diese Nachrüstung würde auch dann greifen, wenn sich die Erdungssituation oder die Abstände im Haltestellenbereich zu einem späteren Zeitpunkt ändern.

Würde ein VLD nachgerüstet, käme ein VLD-O (Voltage-Limiting-Device Operation) der Firma Raycap, Typ TVL70-70, oder ähnlich, zum Einsatz. Die Durchbruchspannung beträgt bipolar 70V bei einem Nenn-Dauerstrom von 100A. Dieser Typ hat sich im Einsatz bei den VBZ bewährt.

Um diese Strombelastung zu beherrschen ist die Versorgung der 50Hz-Wartehallenelektrifizierung mit Kupferquerschnitten $\geq 16 \text{ mm}^2$ ausgeführt.

Die Beleuchtung der Wartehalle und die Beleuchtung der Werbefläche wird durch das EW-Netz gespeist und ist in der Schutzklasse II ausgeführt.

Die elektrische Ausrüstung der Haltestellen wird durch den lokalen Energieversorger bereitgestellt. Dieser führt die Zuleitung im TN-C Netzsystem bis zu einem Sicherungsposten, der sich im Haltestellenbereich befindet.

Ab diesem Sicherungsposten wird die Versorgung der Haltestellenausrüstung im TN-S System geführt.

Im vorliegenden Projekt treten im Normalbetrieb als auch im Fehlerfall keine kritischen Berührungsspannungen auf. Die elektrische Ausrüstung und die Erdungssituation der Haltestellen entspricht den Ausführungsvorgaben der neueren Haltestellenbereiche stadtweit.

3.6 Nicht bahnspezifische elektrische Anlagen

3.6.1 Zäune, Geländer und Abschränkungen

Abschränkungen, z.B. in den Haltestellenbereichen, sind bisher nicht geplant. Sollten sich im Laufe des Projektfortschritts diesbezüglich Anpassungen ergeben, werden die notwendigen Unterlagen nachgereicht.

Alle angrenzenden Abschränkungen in der vorliegenden sowie zukünftigen Situation sind natürlich ausgeführt (Hecken, Büsche) und bestehen nicht aus leitenden Materialien.

3.7 Fremde oder benachbarte elektrische Systeme

Im vorliegenden Projekt liegen keine fremden oder zu berücksichtigende elektrische Systeme vor.

Wichtig ist die Koordination mit Forchbahn, um einen eventuellen Einfluss auf das Erdungskonzept der VBZ zu vermeiden.