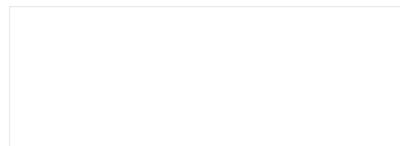


PROJEKTVERANTWORTUNG

Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich

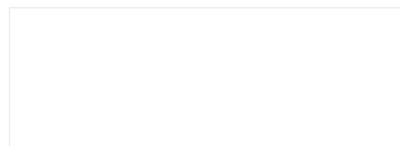


(Urs Feuz / Direktion Vize Direktor)



PROJEKTLITUNG

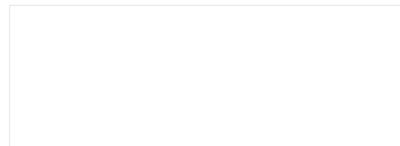
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich



(Riccardo Vegezzi / Projektleiter)

PLANER

SNZ Ingenieure und Planer AG
8050 Zürich



(Marco Vedruccio / Projektingenieur)

Kanton: Zürich

Gemeinde: Stadt Zürich

Plangenehmigungsprojekt

VBZ

Zürich Linie

VBZ Wendeschleife Rehalp

12.90.01

Infrastruktur

Bauprojektmanagement

Verkehrsbetriebe Zürich
Luggwegstrasse 65

Postfach 8048 Zürich
www.vbz.ch

Erweiterung & Instandsetzung
Tramhaltestelle

Nutzungsvereinbarung / Projektbasis
Fahrleitungsmastfundamente

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	2
2	Allgemeine Ziele für die Nutzung.....	2
2.1	Objektbeschrieb.....	2
2.2	Grundlagen.....	3
2.3	Vorgesehene Nutzung, Nutzungsdauer	3
2.4	Akzeptierte Risiken	4
2.5	Abgrenzung	4
3	Angaben zu vertraglichen Eigentums- und Unterhaltsverhältnisse	4
3.1	Eigentum	4
3.2	Unterhalt	4
4	Umfeld und Drittanforderungen	4
4.1	Grundwasser	4
4.2	Grabarbeiten durch VBZ oder Dritte.....	4
5	Bedürfnisse des Betriebs und des Unterhalts.....	5
5.1	Verformungsgrenzwerte der Fahrleitungsmastfundamente	5
5.2	Dauerhaftigkeit	5
5.3	Elektrische Isolierung und Erdung.....	5
6	Bemessungsgrundlagen.....	5
6.1	Tragwerkskonzept.....	5
6.2	Baugrund.....	5
6.3	Rechenwerte Material	6
6.4	Rechenwerte Baugrund	6
6.5	Einwirkungen.....	6
7	Bemessungssituationen Tragsicherheit.....	7
7.1	Grenzzustand Typ 1: Gesamtstabilität des Tragwerks.....	7
7.2	Grenzzustand Typ 2: Tragwiderstand des Tragwerks / Bauteils.....	8
7.3	Grenzzustand Typ 2a: Grundbruch und Gleiten	8
7.4	Grenzzustand Typ 3: Tragwiderstand des Baugrunds	8
7.5	Weitere Grundbautechnische Faktoren	9
7.6	Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit.....	9

1 Einleitung

Aufgrund der kleinen Projektgrösse der Anpassung der Fahrleitungsfundamente sind die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis in einem Dokument zusammengefasst.

2 Allgemeine Ziele für die Nutzung

2.1 Objektbeschrieb

2.1.1 Allgemeiner Objektbeschrieb

Die Tramwendeschleife Rehalp in Zollikon soll erweitert und instand gestellt werden.

Zur Errichtung der Anlage werden Stützpunkte für das Fahrleitungstragwerk (Mastfundamente) benötigt, die in dem vorliegenden Bericht behandelt werden.

2.1.2 Baugrund

Zur Abklärung der materialmässigen Zusammensetzung des Untergrundes im Projektperimeter wurden Mitte März 2025 zwei Rammkernsondierungen (RKS1 und RKS2) und zwei Rammsondierungen (RS1 und RS2) durchgeführt. Die Annahmen zum Baugrund beruhen auf Angaben der Firma Sieber Cassina + Partner AG, die ihre Ergebnisse in ihrem Bericht vom 31.03.2025 zusammengefasst hat (PGV Dokument 10.05).

Entsprechend diesem Bericht es wird von folgendem Schichtaufbau ausgegangen (von oben nach unten):

- Schicht A: Boden.
Geotechnisch nicht von Bedeutung.
- Schicht B: Künstliche Auffüllungen. Mächtigkeit von 0.6 m (RS1) bis 1.6 m (RKS2).
Die künstlichen Auffüllungen sind locker bis mitteldicht gelagert und nur mässig gut tragfähig.
- Schicht C: Gehängelehm. Mächtigkeit von 1.3 m (RS1) bis 2.8 m (RS2).
Der Gehängelehm ist sehr locker bis locker gelagert bzw. weich bis mittelsteif und schlecht tragfähig.
- Schicht D: Aufgelockerte Moräne ab 2 m.u.T. (RKS1, RS1) bis 3.6 m.u.T. (RKS2).
Die Moräne ist oberflächlich aufgelockert, mit zunehmender Tiefe aber dicht gelagert. Sie ist somit gut tragfähig.

Die massgebenden Baugrundkennwerte sind im Punkt 6 (Bemessungsgrundlagen) diesen Bericht zusammengestellt.

2.1.3 Grundwassersituation

Gemäss der Baugrunduntersuchung (PGV Dokument 10.05) und dem GIS-Browser die Parzelle liegt ausserhalb nutzbarer Grundwasservorkommen und wird entsprechend dem übrigen Gewässerschutzbereich üB (übrige Bereiche) zugeordnet. In der näheren Umgebung sind auch keine Quellaustritte verzeichnet.

Die Stauwasserverhältnisse wurden auch während der Sondierarbeiten am Mitte März 2025 kontrolliert. Die Witterung am Sondiertag und in der Woche davor war abgesehen von vereinzelten schwachen Regenphasen relativ trocken. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass während nasser Witterung innerhalb der sandigeren Moräne wenig Hangsickerwasser zirkuliert (PGV Dokument 10.05).

2.2 Grundlagen

2.2.1 Begriff Nutzungsvereinbarung

Die Nutzungsvereinbarung wird aufgrund eines Dialogs zwischen dem Bauherrn und dem Projektverfasser erstellt. Die Nutzungs- und Schutzziele der Bauherrschaft sowie die grundlegenden Bedingungen, Anforderungen und Vorschriften für die Projektierung, Ausführung und Nutzung des Bauwerks sind festzuhalten.

2.2.2 Normen und Richtlinien

- SIA Norm 260, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, 2013
- SIA Norm 261, Einwirkungen auf Tragwerke, 2020
- SIA Norm 262, Betonbau, 2013 inkl. Korrigenda
- SIA Norm 267, Grundbau, 2013, inkl. Korrigenda
- EN 50119+A1, Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, 2014
- RTE 27200, Bemessung von Fahrleitungstragwerken, VOEV, 17.1.2013
- Gebrauchstauglichkeits- und Standsicherheitsnachweis für eingespannte Blockfundamente, S. Steckner

2.2.3 Projektbezogene Unterlagen

- PGV-Dokument 01.02: VBZ Wendeschleife Rehalp; Erweiterung & Instandsetzung Tramhaltestelle; Plangenehmigungsprojekt; Fahrleitung; Situation 1:200, Plan Nr. 4540B-18508-851 vom 04.04.2025
- PGV Dokument 01.02: VBZ Wendeschleife Rehalp; Erweiterung & Instandsetzung Tramhaltestelle; Plangenehmigungsprojekt; Fahrleitung; Dokumentation der FL-Komponenten vom 04.04.2025
- PGV Dokument 10.05: Baugrunduntersuchung Masten, VBZ Wendeschleife Rehalp, Zollikon; SC+P AG vom 31.03.2025
- VBZ-Katalog elektrische Anlagen, Verkehrsbetriebe Zürich Unternehmensbereich Infrastruktur, Version 3.0 vom 16.07.2018
- Grundwasserkarte GIS-Browser, Kanton Zürich, 07.05.2025

2.3 Vorgesehene Nutzung, Nutzungsdauer

2.3.1 Nutzung

Die Einwirkungen auf die Fahrleitungsmasten (Moment aus Spitzenzug Fahrleitungsmast) können den Fahrleitungsplänen in PGV-Dokument 01.02 entnommen werden.

2.3.2 Geplante Nutzungsdauer

Für die Fahrleitungsmastfundamente ist eine Nutzungsdauer von 50 Jahren geplant.

2.4 Akzeptierte Risiken

- Anprall von Schienenfahrzeugen
- Anprall von Strassenfahrzeugen
- Naturgefahren (Baumsturz, Hochwasser)
- Explosion
- Brand

2.5 Abgrenzung

Die vorliegende Nutzungsvereinbarung und Projektbasis deckt nur die Fahrleitungsfundamente ab, die Fahrleitungsmasten inkl. der Fahrleitungskonstruktion sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes.

Die Prüfung des Lichtraumprofils der Trams und die Abstände zur Gleisanlage ist nicht Bestandteil des vorliegenden Dokuments.

3 Angaben zu vertraglichen Eigentums- und Unterhaltsverhältnisse

3.1 Eigentum

Die Fahrleitungsmastfundamente gehören der Verkehrsbetriebe Zürich VBZ.

3.2 Unterhalt

Die Unterhaltsarbeiten werden durch die Verkehrsbetriebe Zürich durchgeführt.

4 Umfeld und Drittanforderungen

4.1 Grundwasser

Die Parzelle liegt ausserhalb nutzbarer Grundwasservorkommen und wird entsprechend dem übrigen Gewässerschutzbereich üB (übrige Bereiche) zugeordnet. In der näheren Umgebung sind auch keine Quellaustritte verzeichnet (PGV Dokument 10.05).

Dieser Bereich umfasst die nutzbaren unterirdischen Gewässer sowie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete.

Bei langandauernden/starken Niederschlägen ist mit geringem Hangsickerwasser zu rechnen (PGV Dokument 10.05).

4.2 Grabarbeiten durch VBZ oder Dritte

Generell dürfen keine Grabarbeiten (z.B. für Werkleitungen) im Umkreis eines 2 m – Abstands ab einem Mast ausgeführt werden. Sollte der besagte Abstand nicht eingehalten werden können, darf die Grabarbeit als Einzelfall nur einseitig und max. 50 cm tief ab Bodenkante erfolgen. Dies muss aber mit den VBZ abgesprochen werden und es wird im Einzelfall geprüft, ob dies aufgrund den auf den Mast wirkenden Kräfte zulässig ist.

Das grösstenteils feinkörnige Aushubmaterial ist für die Verwendung mit erhöhten Anforderungen (z.B. Kofferungen, tragende Hinterfüllungen) ungeeignet. Es ist schlecht verdichtbar,

frostempfindlich und kann einzig für anspruchslose Terraingestaltungen verwendet werden (PGV Dokument 10.05).

5 Bedürfnisse des Betriebs und des Unterhalts

5.1 Verformungsgrenzwerte der Fahrleitungsmastfundamente

Für die Grenzwerte der Verformung ist eine maximale Schiefstellung infolge ständiger und veränderlicher Last von $h/100$ zulässig.

5.2 Dauerhaftigkeit

Durch die Wahl von geeigneten Baustoffen soll die Dauerhaftigkeit und somit die Nutzungsdauer gewährleistet werden. Detaillierte Angaben können dem Abschnitt 6.2 entnommen werden.

5.3 Elektrische Isolierung und Erdung

Die Angaben zur elektrischen Isolierung und der Erdung der Fahrleitung können dem technischen Bericht (PGV-Dokument 01.04), Kapitel 8.2 entnommen werden.

6 Bemessungsgrundlagen

6.1 Tragwerkskonzept

Bei den neuen Fahrleitungsmastfundamenten handelt es sich um Standardfundamente der Verkehrsbetriebe Zürich, es handelt sich um im Boden eingespannte Köcherfundamente.

6.2 Baugrund

6.2.1 Geologische Verhältnisse

Gemäss Baugrund Untersuchung (PGV Dokument 10.05 vom 31.03.2025) sind folgende Werte für die Schichten angegeben.

Bodenschicht	X	Feucht-raumge-wicht	Kohäs-ion	Rei-bungs-winkel	Zusammendrückungsmodul	
		γ [N/m ³]	c' [kN/m ²]	φ' [°]	M_{E1} [MN/m ²]	M_{E2} [MN/m ²]
Künstliche Auffüllung	X _m X _{extr.}	19 18 - 20	0 0 - 3	31 28 - 35	15 8 - 20	40 20 - 50
Gehängelehm	X _m X _{extr.}	20 19 - 20	1 0 - 5	28 26 - 30	7 5 - 10	17 12 - 2550
Aufgelockerte Moräne	X _m X _{extr.}	21 20 - 22	2 0 - 5	34 30 - 36	30 25 - 45	80 60 - 100

Tabelle 1: Baugrundkennwerte (Erwartungswerte X_m und Extremwerte X_{extr.}), Tabelle 3 aus PGV Dokument 10.05

6.2.2 Hydrogeologie

Gemäss der Baugrund Untersuchung (PGV Dokument 10.05) liegt der Grundwasserspiegel unterhalb der Unterkante des Fundaments.

Bei den ausgeführten Sondierungen bis zu einer Tiefe von 6.2 m (Rammsondierung RS1) wurde kein Grundwasser angetroffen.

6.3 Rechenwerte Material

6.3.1 Beton / Mörtel

Rechenwerte Beton:

- Sorte: C25/30, XC3 D_{max}16
- f_{cd}: 16.67 N/mm²
- τ_{cd}: 1.0 N/mm²
- E_{cm}: 30'075 N/mm²

6.3.2 Betonstahl

- Sorte: B500B
- f_{cd}: 434.8 N/mm²
- ε_{uk}: > 5.0
- E_s: 205'000 N/mm²

6.4 Rechenwerte Baugrund

Für die Berechnung wurden folgende Baugrundwerte verwendet. Dabei wurde der charakteristische Baugrundwert wie folgt festgelegt:

$$X_k = X_m - \alpha (X_m - X_{extr})$$

Es wird der Faktor der Zuverlässigkeit α = 0.2 verwendet.

Bodenschicht	Feuchtraumgewicht	Kohäsion	Reibungswinkel	Zusammendrückungsmodul	
	γ_k [N/m³]	c'_k [°]	φ'_k [kN/m²]	M_{E1k} [MN/m²]	M_{E2k} [MN/m²]
Künstliche Auffüllung	18.8	0.0	30.4	13.6	36.0
Gehängelehm	19.8	0.8	27.6	6.6	16.0
Aufgelockerte Moräne	20.8	1.6	33.2	29.0	76.0

Tabelle 2: Rechenwerte Baugrund

6.4.1 Bodenpressung

Die verwendete Bodenpressung auf Dimensionierungsniveau beträgt:

- Gehängelehm: σ_{BRd} = 120 kN/m²

6.5 Einwirkungen

6.5.1 Allgemeine Eigen- und Auflasten

- Eigenlasten:
 - Stahlbeton: γ_k = 25 kN/m³
 - Stahl: γ_k = 78.5 KN/m³
- Bodenlasten:
 - Gehängelehm gem. Tabelle 2: γ_k = 19.8 kN/m³

6.5.2 Fahrleitungsmastkräfte

Die Fahrleitungsmastkräfte wurden den Fahrleitungsplänen der VBZ (PGV-Dokument 01.02) entnommen werden.

6.5.3 Einwirkungen aus dem Baugrund

- Erddruck auf Fundament:
 - Tragsicherheit: Passiver Erddruck zur Abtragung der Momente und horizontalen Einwirkungen
 - Erddruckverteilung: Dreieckförmige Verteilung
- Erdauflast: Raumgewichte gemäss Tabelle 2

6.5.4 Aussergewöhnliche Einwirkungen

Folgende Einwirkungen werden als Risiken akzeptiert:

- Anprall von Strassenfahrzeugen
- Anprall von Schienenfahrzeugen

7 Bemessungssituationen Tragsicherheit

Im Rahmen des Nachweises der Tragsicherheit sind folgende Grenzzustände von Bedeutung:

- Typ 1: Gesamtstabilität des Bauwerks
- Typ 2: Tragwiderstand des Bauwerks oder eines Bauteils
- Typ 3: Tragwiderstand des Baugrundes

7.1 Grenzzustand Typ 1: Gesamtstabilität des Tragwerks

Bemessungssituation	Fahrleitungskräfte	Erdbeben
Ständige Einwirkungen: – Eigenlasten – Auflasten	1.1 / 0.9 1.1 / 0.9	1.0 1.0
Veränderliche Einwirkungen – Nutzlast / Fahrleitungskräfte	1.3	1.0
Einwirkungen aus dem Baugrund: – Erddruck – Erdauflast – Wasserdruck	1.35 / 0.8 1.1 / 0.9 1.05 / 0.95	1.0 1.0 1.0

Tabelle 3: Übersicht Grenzzustände Typ 1 Gesamtstabilität Bauwerk

7.2 Grenzzustand Typ 2: Tragwiderstand des Tragwerks / Bauteils

Bemessungssituation	Fahrleitungskräfte	Erdbeben
Ständige Einwirkungen:		
– Eigenlasten	1.35 / 0.8	1.0
– Auflasten	1.35 / 0.8	1.0
Veränderliche Einwirkungen		
– Nutzlast / Fahrleitungskräfte	1.3	1.0
Einwirkungen aus dem Baugrund:		
– Erddruck	1.35 / 0.7	1.0
– Erdauflast	1.35 / 0.8	1.0
– Wasserdruck	1.2 / 0.9	1.0

Tabelle 4: Übersicht Grenzzustände Typ 2 Tragwiderstand des Tragwerks / Bauteils

7.3 Grenzzustand Typ 2a: Grundbruch und Gleiten

Bemessungssituation	Fahrleitungskräfte	Erdbeben
Ständige Einwirkungen:		
– Eigenlasten	1.35 / 1.0	1.0
– Auflasten	1.35 / 1.0	1.0
Veränderliche Einwirkungen		
– Nutzlast / Fahrleitungskräfte	1.3	0.6
Einwirkungen aus dem Baugrund:		
– Erddruck	1.35 / 0.7	1.0
– Erdauflast	1.35 / 0.8	1.0
– Wasserdruck	1.2 / 0.9	1.0

Tabelle 5: Übersicht Grenzzustände Typ 2a Grundbruch

7.4 Grenzzustand Typ 3: Tragwiderstand des Baugrunds

Bemessungssituation	Fahrleitungskräfte	Erdbeben
Ständige Einwirkungen:		
– Eigenlasten	1.0	1.0
– Auflasten	1.0	1.0
Veränderliche Einwirkungen		
– Nutzlast / Fahrleitungskräfte	1.3	1.0
Einwirkungen aus dem Baugrund:		
– Erddruck	1.0	1.0
– Erdauflast	1.0	1.0
– Wasserdruck	1.0	1.0

Tabelle 6: Übersicht Grenzzustände Typ 3 Tragwiderstand Baugrund

7.5 Weitere Grundbautechnische Faktoren

7.5.1 Partialfaktoren für geotechnische Nachweise

Einwirkung	Partialfaktor
Raumlast des Bodens γ_e	$\gamma_g = 1.0$
Tangens des Winkels der inneren Reibung $\tan \varphi'$	$\gamma_{\varphi'} = 1.2$
Kohäsion drainiert c'	$\gamma_c = 1.5$

Tabelle 7: Partialfaktoren geotechnische Nachweise

7.5.2 Flachfundationen (gemäss SIA 267 Art. 8)

Folgende Grenzzustände sind nachzuweisen:

- Typ 1: Gesamtstabilität
- Typ 2: Tragsicherheit von Tragwerken
- Typ 3: Sandsicherheit eines Tragwerkes

Widerstandsbeiwert für Erdwiderstand an der Stirnseite des Fundamentes: $\gamma_M = 1.4$

7.6 Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit

Gefährdungsbild	Aussehen (quasi ständig)	Nutzung	
Ständige Einwirkungen: – Eigenlasten – Auflasten	1.0 1.0	1.0 1.0	
Veränderliche Einwirkungen – Nutzlast / Fahrleitungskräfte	1.3	1.0	
Einwirkungen aus dem Baugrund: – Erddruck – Erdauflast – Wasserdruck	1.0 1.0 1.0	1.0 1.0 1.0	

Tabelle 8: Übersicht Grenzzustände Typ 3 Tragwiderstand Baugrund