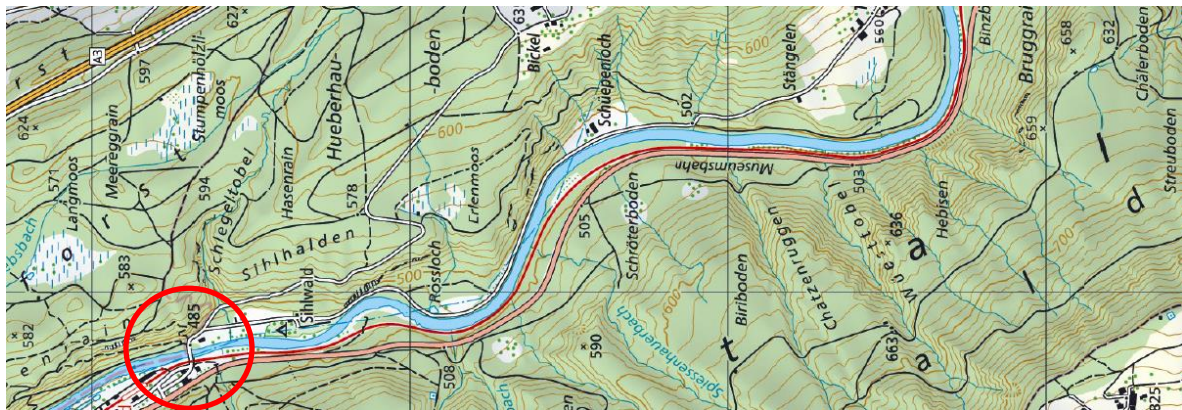


Linie: 712 S4
Km: 13.400 - 13.500
Kanton: Zürich
Gemeinde(n): Horgen
Projektnummer: 8191
Phase: Vorprojekt
Datum: 04.09.2019

Projekt: Sanierung der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald



Technischer Bericht

Bauherrschaft

Lutz Rainero Efstratios Dartzalis
Projektleiter Bau Abteilungsleiter Bau

Sihltal Zürich Uetliberg Bahn SZU
Abteilung Bau
Wolframplatz 21
8045 Zürich
Direkt +41 (0) 44 206 45 54
lutz.rainero@szu.ch

Projektverfasser

Pascal Guignard Joséphine Vivant
Projektleiter Projektleiter Stv.

Gruner Wepf AG, Zürich
Abteilung Kunstbauten
Thurgauerstrasse 56
8050 Zürich
Direkt +41(0) 43 299 74 57
pascal.guignard@gruner.ch

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1. Ausgangslage	6
1.1. Grund der Projektauslösung (Vorbemerkung)	6
1.2. Normen, Berichte und Richtlinien	6
1.2.1. Normen / Merkblätter	6
1.2.2. Richtlinien / Dokumentationen	7
1.2.3. Reglemente, Weisungen und Merkblätter	7
1.2.4. SBB Ausführungs- und Qualitätsvorschriften (AQV) und Kontrollpläne (KP)	7
1.2.5. Projektbezogene Grundlagen	8
1.3. Lage im Netz: Bedeutung, angrenzende und künftige Projekte, geplante Entwicklungen	8
1.4. Beschreibung des Objekts / des Bauwerks	9
1.5. Ziele und Auftrag / Abgrenzung	9
2. Zustandserfassung	10
2.1. Visuelle Zustandserfassung	10
2.2. Materialtechnologische Untersuchungen	10
2.3. Untersuchungen zum Baugrund / Geologie, Grundwasserspiegel	10
2.4. Bahntechnische Untersuchungen	10
3. Tragwerksanalyse und Nachweise	12
3.1. Grundlagen	12
3.2. Resultate der visuellen Zustandsuntersuchung	12
3.3. Resultate der statischen Überprüfung von Bestand	12
4. Zustandsbeurteilung	13
4.1. Stützmauer	13
4.2. Bordüre und Geländer	13
4.3. Fahrleitungsmasten	13
5. Fazit Zustandsüberprüfung, Beurteilung Gesamtzustand	14
5.1. Beurteilung des baulichen Zustands	14
5.2. Beurteilung der Tragsicherheit	14
5.3. Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit	14
5.4. Beurteilung der Ermüdung	14
5.5. Beurteilung Restnutzungsdauer	14
5.6. Sofortmassnahmen	14
6. Massnahmenempfehlung / Variantenstudie	15
6.1. Projekttrandbedingungen	15
6.1.1. Intervallsituation	15
6.1.2. Sicherheit	15
Gruner Wepf AG	2/36

6.1.3.	Land und Rechte, Verträge, Nachbarrechte	15
6.1.4.	Weitere Stakeholder	15
6.1.5.	Baurealisierung und Bauphasen	15
6.2.	Variante 1: Winkelstützwand - Entlang der Fahrspur.....	15
6.2.1.	Massnahmenbeschrieb	15
6.2.2.	Kostenschätzung.....	16
6.2.3.	Bauphasen und Baulogistik.....	18
6.2.4.	Bauprogramm.....	20
6.3.	Variante 2: Winkelstützwand - bestehende Trasse der Stützmauer	21
6.3.1.	Massnahmenbeschrieb	21
6.3.2.	Kostenschätzung.....	21
6.3.3.	Bauphasen und Baulogistik.....	23
6.3.4.	Bauprogramm.....	26
6.4.	Variante 3: Bohrpfahlwand.....	27
6.4.1.	Massnahmenbeschrieb	27
6.4.2.	Kostenschätzung.....	27
6.4.3.	Bauphasen	29
6.4.4.	Bauprogramm.....	30
6.5.	Weitere Varianten, die verworfen wurden	31
6.6.	Evaluation Bestvariante / technische Bestvariante	31
6.6.1.	Nutzwertanalyse.....	31
6.6.2.	Zusammenfassung der Variantenbeurteilung	32
6.6.3.	Empfehlung Bestvariante	32
7.	Termine	33
7.1.	Dringlichkeit der Massnahmen.....	33
7.2.	Planungs- und Ausführungstermine Bestvariante.....	33
Anhang 1 - Baulogistik.....		34
Anhang 2 - Fotos Ist - Zustand.....		35
Anhang 3 - Pläne		36

Zusammenfassung

Der Zustand der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald in Horgen erfordert Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit und somit der Betriebssicherheit. Ziel der vorliegenden Variantenstudie ist es, mögliche Instandsetzungsvarianten aufzuzeigen und in einem Vergleich gegenüberzustellen.

Ergebnis der Studie:

Der Zustand des Natursteinbauwerks wurde durch die Materialtechnik am Bau AG detailliert untersucht. Er ist insgesamt als schlecht zu bezeichnen. Grund dafür sind die verbreiteten Schäden an der Sichtfläche (praktisch alle Fugen sind schadhaft oder stark ausgewittert, leichte Versetzung der Mauerkrone, schlechten Verbund zwischen den Mauersteinen, Vorkommen von Hohlstellen hinter den geflickten Fugen, von mürbem Mörtel, und von vielen bröckelnden Mauersteinen). Im Allgemeinen zeigt der Mauermantel die grössten Schäden. Die gebohrten Mauersteine an der Sichtfläche bröckeln stark ab und der Mauermörtel ist entweder fehlend oder mürbe. Der Zustand ist für das Tragwerk nicht so gravierend, dass Sofortmassnahmen notwendig sind. Massnahmen sind jedoch notwendig um die Tragfähigkeit innerhalb die 3 nächste Jahre zu gewährleisten.

Gemäss der statischen Überprüfung von Bestand ist der Nachweis der Stabilität (Kippen-, Gleiten- und Grundbruchnachweise) der Stützmauer gemäss SIA267 [2013] nicht erfüllt. Aufgrund der Resultate ist ein Ersatz der Stützmauer erforderlich.

Empfehlung:

Wir empfehlen, die bestehende Stützmauer zu ersetzen. Aufgrund der Randbedingungen des Lichtraumprofils besteht die Notwendigkeit einer Erweiterung der Überbau. Aus diesem Grund empfehlen wir, eine Betonwinkelstützmauer zubauen. Die neue Winkelstützmauer wird die Trasse von der bestehenden Stützmauer folgen.

Wir empfehlen diese Massnahmen innerhalb der nächsten 3 Jahre zu realisieren.



Abbildung 1 : Foto der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald - Süden Seite - 21.03.19



Abbildung 2 : Foto der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald - Norden Seite - 21.03.19

1. Ausgangslage

1.1. Grund der Projektauslösung (Vorbemerkung)

Die Sihltalbahn-Linie S4 feierte im Jahr 2017 ihr 125-jähriges Bestehen. Die Naturstein-Stützmauern Fachwerkbrücke Sihlwald besteht seit diesem Zeitpunkt ohne, dass wesentliche bauliche Massnahmen ergriffen worden sind. Dementsprechend sind üblichen Alterungserscheinungen wie Naturstein- und Fugenverwitterung weit fortgeschritten. Dazu ist die Tragfähigkeit des Grundes unter Bahnlasten und gemäss SIA 267 nicht gewährleistet. Der Zustand der Stützmauer erfordert Massnahmen um die Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit und somit die Betriebssicherheit in Zukunft zu gewährleisten.

1.2. Normen, Berichte und Richtlinien

Bestehende Bauteile werden nach den Normen zur Erhaltung von Bauwerken nachgewiesen. Die Bemessung der neuen Bauteile erfolgt nach den gültigen Normen für den Neubau.

1.2.1. Normen / Merkblätter

–	SIA 260	(2013)	Grundlagen für die Projektierung von Tragwerken
–	SIA 261	(2014)	Einwirkungen auf Tragwerke
–	SIA 261/1	(2003)	Einwirkungen auf Tragwerke - Ergänzende Festlegungen
–	SIA 262	(2013)	Betonbau
–	SIA 262/1	(2013)	Betonbau - Ergänzende Festlegungen
–	SIA 263	(2013)	Stahlbau
–	SIA 263/1	(2013)	Stahlbau - Ergänzende Festlegungen
–	SIA 264	(2014)	Stahl-Beton - Verbundbau
–	SIA 264/1	(2014)	Stahl-Beton - Verbundbau - Ergänzende Festlegungen
–	SIA 266/2	(2012)	Natursteinmauerwerk
–	SIA 267	(2013)	Geotechnik
–	SIA 267/1	(2013)	Geotechnik - Ergänzende Festlegungen
–	SIA 269	(2011)	Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
–	SIA 269/1	(2011)	Erhaltung von Tragwerken - Einwirkungen
–	SIA 269/2	(2011)	Erhaltung von Tragwerken - Betonbau
–	SIA 269/3	(2011)	Erhaltung von Tragwerken - Stahlbau
–	SIA 269/6-1	(2011)	Erhaltung von Tragwerken - Mauerwerksbau, Teil 1 Natursteinmauerwerk
–	SIA 269/7	(2011)	Erhaltung von Tragwerken - Geotechnik
–	SIA 270	(2014)	Abdichtungen und Entwässerungen - Allgemeine Grundlagen und Abgrenzungen
–	SIA 272	(2009)	Abdichtungen und Entwässerungen von bauten unter Terrain und im Untertagbau
–	SIA 273	(2008)	Abdichtung von befahrbaren Flächen im Hochbau
–	SIA M.B. 2022	(2003)	Oberflächenschutz von Stahlkonstruktion

1.2.2. Richtlinien / Dokumentationen

- Richtlinien des UVEK wie zum Beispiel Entwässerung von Bahnanlagen, Checkliste Umwelt, Richtlinien BAV zu Art. 3 VPVE und weitere
- RTE - Regelwerk Technik Eisenbahn
- AB-EBV Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung in der zum Vertragsabschluss gültigen Fassung
im Speziellen:
Leitfaden zur Beurteilung von Anprallrisiken bei neuen und bestehenden Bauten
- EBG Eisenbahngesetz
- Kantonale Richtlinien und Weisungen

1.2.3. Reglemente, Weisungen und Merkblätter

- W Bau GD 40/92 Gestaltungsrichtlinie für Ingenieurbauwerke der SBB
- Palng, 2017 Projektierungsassistent Brücken, SBB
- R RTE 20012 Lichtraumprofil Normalspur und Meterspur
- D RTE 22040 Fahrbahnpraxis Normalspur: Handbuch
- D RTE 27900 Erdungshandbuch
- D RTE 21110 Unterbau und Schotter
- R RTE 20100 Sicherheit bei Arbeiten im Gleisbereich
- R RTE 20600 Sicherheit bei Arbeiten im Bereich von Bahnstromanlagen

1.2.4. SBB Ausführungs- und Qualitätsvorschriften (AQV) und Kontrollpläne (KP)

- Stahlbeton
- Brückenabdichtung
- Korrosionsschutz von Stahlbrücken
- Baulicher Lärmschutz, alle Dokumente
- Entwässerung
- FAQ: „Berechnungsvorgaben für den Erddruck auf Rahmenbrücken “
30. September 2004, Thomas P. Lang
- FAQ: „Wie wird der Klassifizierungsbeiwert für Projekt der SBB angesetzt? “
5. November 2003, Thomas P. Lang
- FAQ: „Wie wird der dynamische Beiwert für Projekte der SBB angesetzt? “
21. Oktober 2003, Thomas P. Lang
- FAQ: „Mit welchen Lastfällen werden Verformungen von Bahn- und Strassenbrücken berechnet? “
21. November 2007, Thomas P. Lang
- FAQ: „Wie werden Bahnbrücken bis 10 m Stützweite bei der SBB gelagert “
18. Dezember 2009, Matthias Heimhalt

1.2.5. Projektbezogene Grundlagen

- SZU AG; Grobterminplan, 21.02.2019
- SZU AG; Organigramm " Projektorganisation - Sanierung Stützmauern Fachwerkbrücke Sihlwald, Stützmauer Cabura, Bachdurchlässe", März 2019
- SZU AG; Projektpflichtenheft - Sanierung der Stützmauer Carbura, 08.01.2019
- SZU AG; Projektpflichtenheft - Sanierung der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald, 08.01.2019
- CSD Ingenieure AG; Geologisch-Geotechnischer Bericht "Sanierung Linie S4, Km 13.460 bis Km 16.385", 19.03.2018
- Flückiger + Bosshard AG; "Zusätzliche Aufnahmen an den Objekten STM Fachwerkbrücke Sihlwald, STM Kramperhütte und STM Carbura", 05.03.2018
- Materialtechnik am Bau AG; Materialtechnische Untersuchung der Stützmauer - Bericht Nummer 19097/ 1 bis 3, 11.07.19
- Flückiger + Bosshard AG, Hauptinspektion, 2015
- SZU AG, Sondagen, 2017
- Gruner Wepf AG, Bodenuntersuchung, 2019
- AWEL, Bodenuntersuchung, 2018
- Schottersondagen, 05.2019
- SZU AG; Pläne (Situation, Längsschnitt, Ansicht) den sieben Bachdurchlässen (pdf, dwg), 2015
- Basler & Hofmann AG; Bahnplan 52-60 (Situation - pdf und dwg), 2016
- Flückiger + Bosshard AG; Plan " Zustandsuntersuchung - Stützmauer bei FW-Brücke Sihlwald - Übersicht Sondagen" (pdf), 19.02.2019
- Flückiger + Bosshard AG; Plan " Zustandsuntersuchung - Stützmauer Carbura - Übersicht Sondagen" (pdf), 19.02.2019

1.3. Lage im Netz: Bedeutung, angrenzende und künftige Projekte, geplante Entwicklungen

Die Linie S4 verkehrt fahrplanmässig bis zur Station Sihlwald. Der Streckenabschnitt zwischen Sihlwald und Sihlbrugg, in dem sich der Projektperimeter befindet, wird nur zu Ausbildungsfahrten und von der Museumbahn genutzt. In unregelmässigen Intervallen dient die Strecke als 10P-Ergänzungsnetz. Ein Ersatz der Stützmauer Carbura und Instandsetzungen der verschiedenen Bachdurchlässe sind gleichzeitig mit der Instandsetzung der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald geplant.

1.4. Beschreibung des Objekts / des Bauwerks

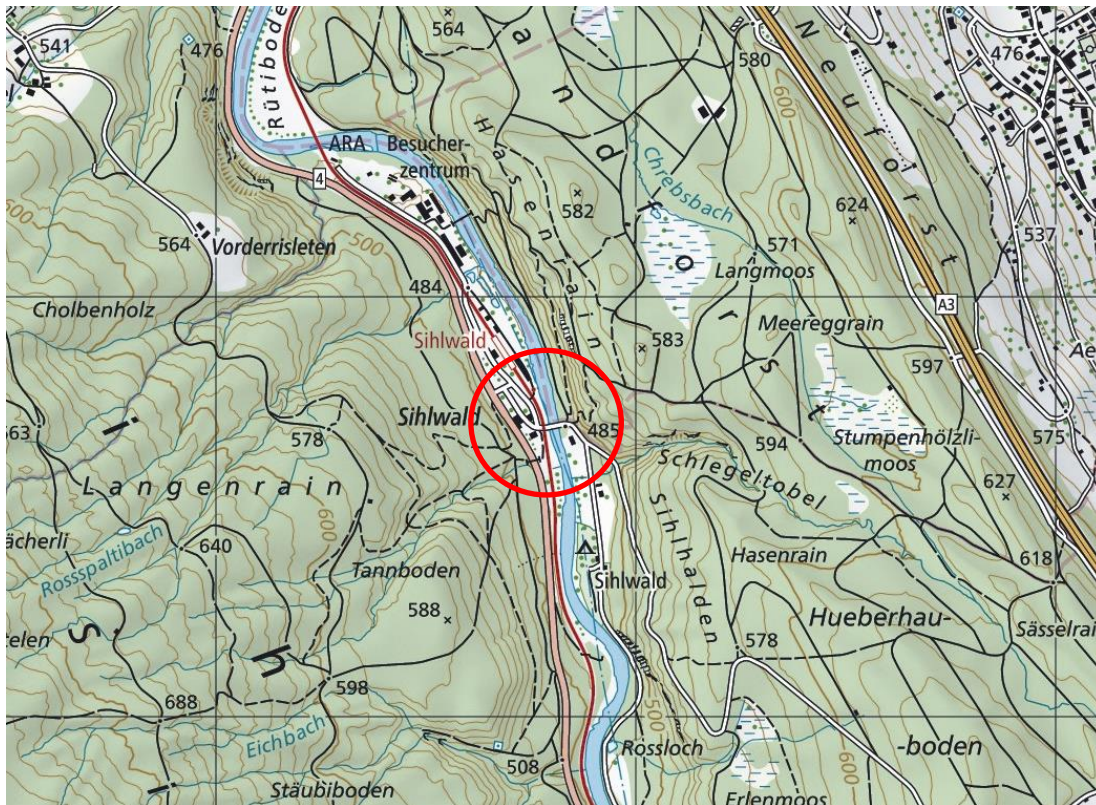


Abbildung 3 : Kartenausschnitt

Das Objekt besteht aus einem Naturstein-Stützmauer. Die Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald befindet sich in der Gemeinde Horgen, von km 13.400 bis km 13.500 der Sihltalbahn-Linie S4. Die Höhe der Mauer (Böschungskante bis OK Mauerkrone) variiert von rund 0.50 bis 3.30 m mit einem Anzug von ca 1:5. Die Stützmauer besteht einheitlich aus feinkörnigen Kalksteinen. Des Weiteren werden einige Entwässerungsdurchlässe mit Betonrohren durch die Mauer geführt.

Das Bahntrasse verläuft hinter der Mauer, unterhalb von ihr verläuft die Sihl. Die Stützwand ist von einer Nebenstrasse erreichbar.

Ein Schotterbett von 23 bis 30 cm von UK Schwelle ist vorhanden.

Ein Kabelkanal befindet sich an der Krone der Mauer (Sihlseite).

Das Objekt wurde im Jahr 1892 gebaut. Der Unterbau von ca. km 13.47 bis 16.34 wurde 1987 mit Fibradur saniert.

Der Bauherr und Besitzer ist die Sihlwald Zürich Uetliberg Bahn SZU AG.

1.5. Ziele und Auftrag / Abgrenzung

Ziel dieses Studienberichtes ist, aufzuzeigen mit welchen Massnahmen die Gebrauchs- und Tragfähigkeit in Zukunft gewährleistet werden können. Es sind mögliche Instandsetzungsvarianten aufzuzeigen und in einem Vergleich gegenüberzustellen.

Nicht Bestandteil des Auftrages ist ein hydraulisches Gutachten der Instandsetzungsvarianten.
Gruner Wepf AG

2. Zustandserfassung

2.1. Visuelle Zustandserfassung

Am Bauwerk sind keine Verformungen oder Setzungen festzustellen. Im Bereich zwischen Mast 25 und der Brücke, sowie beim Mast 23 ist die Mauerkrone leicht versetzt (Photo 1 im Anhang 2). Etwa 60 Mauersteine sind stark ausgewittert (dumpfer Klang bei der Abklopfprüfung) oder zeigen einen starken Bröckelzerfall. Des Weiteren kommen viele Bereiche mit leicht hohltönenden Mauersteinen vor, welche auf einen schlechten Verbund zwischen den Mauersteinen hindeuten.

Praktisch alle Fugen sind schadhaft oder stark ausgewittert (Photo 2 im Anhang 2).

Im Bereich der Stützmauer befindet sich ein Vorkommen von Neophyten (janp. Knöterich).

2.2. Materialtechnologische Untersuchungen

Die materialtechnologische Untersuchung erfolgte durch Mattec Materialtechnik am Bau AG. Detaillierte Befunde siehe Bericht Nr 19097/2 vom 11.07.2019.

Im Allgemeinen zeigt der Mauermantel die grössten Schäden. Die gebohrten Mauersteine an der Sichtfläche bröckeln stark ab und der Mauermörtel ist entweder fehlend oder mürbe. Im Mauerkerne (ab ca. 50 cm Tiefe) sind die Mauersteine und der Mauermörtel normalerweise intakt.

Der Zustand des Natursteinbauwerks ist insgesamt, wegen den Schäden im Mauermantel (vorkommen von schadhaften Mauersteinen, Mauermörtel mürbe) als schlecht zu bezeichnen.

2.3. Untersuchungen zum Baugrund / Geologie, Grundwasserspiegel

Die Untersuchungen zum Baugrund erfolgte durch CSD AG. Detaillierte Befunde siehe Geologisch-Geotechnischer Bericht "Sanierung Linie S4, Km 13.460 bis Km 16.385" vom 19.03.2018.

Deckschichten stehen unter den mitteldicht gelagerten Gleisschottern mit einer Mächtigkeit von 2.4 m unter OK Terrain an. Darunter folgen dicht gelagerten Sihlschotter. In der unterhalb der Stützmauer wurden die Sihlschotter unter ca. 0.9 m mächtigen Deckschichten aufgeschlossen.

Das Objekt liegt in der Grundwasserschutzzone Au. Im Bereich der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald ist mit einem mittleren Grundwasserspiegel von 481.1m ü.M. und einem maximalen von 482.0 ü.M. zu rechnen.

2.4. Bahntechnische Untersuchungen

Die bestehende Bahntechnische ist wie folgt :

- Schwellen : Holz 1997 km 13.341 bis 13.474
2-Block 1987 km 13.474 bis 13.500
- Profil : 46 E1
- Geschwindigkeit V_R : 50 km/h
- kein Geländer noch Dienstweg
- Abstand OK Gleis bis Fahrleitungsmasten nicht konform

- Höhe der Randborde nicht konform
- Höhe der Schotterhalterung nicht konform

Die Schottersondagen haben eine Schotter Stärke von 23 cm bis 30 cm unter UK Schwelle (Holzschwellen), darunter folgt eine Schicht von 25 bis 30 cm PSS. Darunter folgt eine Schicht aus Vlies.

Die Schottersondagen haben eine Schotter Stärke von 47 cm unter UK Schiene (2-Block-Schwellen), darunter folgt eine Schicht von 5 cm PSS. Darunter folgt eine Schicht aus Fibradur. Das damals gewählte Verfahren hat sich nicht bewährt. In den folgenden Jahren hat sich gezeigt, dass sich die einzelnen Blöcke der 2-Block Schwellen durch den Unterbau stanzen.

Der Einsatz von eine Mindestdicke des Schotterbettes unter der massgebenden Schiene von 30 cm wird vorgesehen. Bei neuem starren Unterbauten ist zusätzlich eine Übergangsschicht von 10 cm vorzusehen.

Es wird das Bahnlichtraumprofil EBV 2 gemäss AB-EBV als Basis eingesetzt.

3. Tragwerksanalyse und Nachweise

Die statische Überprüfung von Bestand wurde gemäss der Normenreihe SIA 269 "Erhaltung von Tragwerken" ausgeführt. Die Grenzzustand Typ 1, 2 und 3 werden überprüfen. Die aussergewöhnliche Überprüfungssituation Entgleisung wird kontrolliert. Die Lasten entgleister Schienenfahrzeuge sind mit dem Entgleisungslastmodell 1 gemäss SIA 269/1 berücksichtigt.

Die Gebrauchstauglichkeit wird durch die visuelle Inspektion des Bauwerks überprüft.

3.1. Grundlagen

- Pläne des Objektes
- Visuelle Zustandsuntersuchung
- Statischer Bericht

3.2. Resultate der visuellen Zustandsuntersuchung

Am Bauwerk sind keine Verformungen oder Setzungen festzustellen. Im Bereich zwischen Mast 25 und der Brücke, sowie beim Mast 23 ist die Mauerkrone leicht versetzt. Etwa 60 Mauersteine sind stark ausgewittert (dumpfer Klang bei der Abklopfprüfung) oder zeigen einen starken Bröckelzerfall. Des Weiteren kommen viele Bereiche mit leicht hohltönenden Mauersteine vor, welche auf einen schlechten Verbund zwischen den Mauersteinen hindeuten.

Praktisch alle Fugen sind schadhaft oder stark ausgewittert.

3.3. Resultate der statischen Überprüfung von Bestand

Die statische Überprüfung von Bestand wurde gemäss der Normenreihe SIA 269 "Erhaltung von Tragwerken" ausgeführt. Detaillierte Befunde siehe "Statischer Bericht - Sanierung der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald" vom 28.08.19.

Die Ergebnisse sind wie folgt zusammenfassen:

- Der Kippnachweis der Stützmauer gemäss SIA267 [2013] ist nicht erfüllt.
- Der Gleitnachweis der Stützmauer gemäss SIA267 [2013] ist nicht erfüllt.
- Der Nachweis des Grundbruches gemäss SIA267 [2013] ist nicht erfüllt.
- Die Standsicherheit der Stützmauer ist erfüllt.
- Der Schubnachweis der Stützmauer ist erfüllt.
- Der Nachweis der Interaktion Normalkraft-Biegung der Stützmauer ist erfüllt.

Aufgrund der Resultate der statischen Nachrechnungen ist ein Ersatz der Stützmauer erforderlich.

4. Zustandsbeurteilung

Damit die Tragfähigkeit des Bauwerks langfristig gewährleistet wird, muss das Objekt ersetzt werden. Eine Verbreiterung des Objekts ist notwendig um das Bahnlichtraumprofil EBV 2 einzuhalten.

4.1. Stützmauer

Der Zustand des Natursteinbauwerks ist insgesamt, wegen den Schäden im Mauermantel (vorkommen von schadhaften Mauersteinen, Mauermörtel mürbe) als schlecht zu bezeichnen. Praktisch alle Fugen sind schadhaft oder stark ausgewittert. Der Nachweis des Kippens, des Gleitens und des Grundbruches gemäss SIA267 [2013] ist nicht erfüllt. Das Objekt muss ersetzt werden um die Normkriterien einzuhalten.

4.2. Bordüre und Geländer

Es gibt kein Dienstweg oder Geländer auf dem bestehenden Stützmauer. Sihlseitig sind ein Geländer und Dienstwegraum vorzusehen. Es gibt nicht genug Raum auf dem bestehenden Stützmauer für die vorgesehenen Geländer und Dienstweg.

Die Oberkante Randborde resp. Mauerkrone befinden sich unter das Niveau der OK Schiene und müssen angepasst werden.

4.3. Fahrleitungsmasten

Die Fahrleistungsmasten befinden sich in das Bahnlichtraumprofil. Das Fahrleistungs-System muss durch die wesentlichen Änderungen in der Lage und Höhe mit neuen Fahrleitungsmasten ausgestattet werden. Eine Verschiebung der Fahrleitungsmasten ist erforderlich.

5. Fazit Zustandsüberprüfung, Beurteilung Gesamtzustand

5.1. Beurteilung des baulichen Zustands

Der Zustand des Natursteinbauwerks ist insgesamt als schlecht zu bezeichnen. Grund dafür sind die Schäden im Mauermantel. Der Zustand des Mauerkerne ist etwas besser als derjenige des Mauermantels, weil die Mauersteine im Allgemeinen noch intakt sind. Eine Massnahme ist notwendig.

5.2. Beurteilung der Tragsicherheit

Die statische Überprüfung von Bestand hat ein Stabilitätsproblem bewiesen. Der Nachweis des Grundbruches, des Kippens und des Gleitens ist nicht erfüllt. Es liegt ein Stabilitätsrisiko von der Stützmauer.

5.3. Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit

Die Gebrauchstauglichkeit ist durch die visuelle Inspektion des Bauwerks überprüft. Am Bauwerk sind keine Verformungen oder Setzungen festzustellen. Im Bereich zwischen Mast 25 und der Brücke, sowie beim Mast 23 ist die Mauerkrone leicht versetzt.

5.4. Beurteilung der Ermüdung

Es gibt keinen Ermüdungsnachweis für Natursteinmauerwerk.

5.5. Beurteilung Restnutzungsdauer

Die Stützmauer hat eine Restnutzungsdauer von maximal 3 Jahren. Bei einer Instandsetzung des Objektes mit einem Gesamtbauersatz beträgt die Restnutzungsdauer des gesamten Objekts 100 Jahre.

5.6. Sofortmassnahmen

Sofortmassnahmen vor den vorgesehenen Instandsetzungsarbeiten, welche für den dritten Quartal 2022 geplant sind, sind nicht erforderlich.

6. Massnahmenempfehlung / Variantenstudie

6.1. Projekttrandbedingungen

6.1.1. Intervallsituation

Die Linie S4 verkehrt fahrplanmässig bis zur Station Sihlwald. Der Streckenabschnitt Sihlwald bis Sihlbrugg und somit der gesamte Perimeter der STM Fachwerkbrücke Sihlwald wird im Regelfall durch Bauzüge, Inbetriebnahme-Testfahrten, andere Testzwecke oder zu SZU-Ausbildungszwecken genutzt. Die Strecke dient als 10P-Ergänzungsnetz.

Da sich der Projektperimeter auf einem nicht fahrplanmässig genutzten Streckenabschnitt befindet, soll der Abschnitt während der Bauarbeiten voll für den Bahnverkehr gesperrt werden. Eine Totalsperre der Bahnlinie für mehrere Monate ist möglich.

6.1.2. Sicherheit

Die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer in der Nähe des Objekts sowie der Bauarbeiter während der Ausführung des Projekts ist von grossen Bedeutung. Sicherheits- und Schutzmassnahmen sind in den nächsten Phasen einzuplanen. Spezifische Sicherheits- und Schutzmassnahmen gegen Hochwassers während der Ausführungsphase sind einzuplanen.

6.1.3. Land und Rechte, Verträge, Nachbarrechte

Unterhalt und Eigentum bei den SZU. Das Terrain Sihlseitig vor der Stützmauer gehört zur Gemeinde Horgen. Provisorische Landbeanspruchungen für die Bauphase werden in den nächsten Planungsphasen definiert.

6.1.4. Weitere Stakeholder

Da das Bauwerk unmittelbar an der Sihl angrenzt und es sich in einem besonders schützenswerten Gebiet befindet, sind die Sanierungsmassnahmen unter Berücksichtigung der Vorgabe des Gewässerschutzes und der Denkmalbehörden zu projektieren. Dies ist in der Ausarbeitung des Auflageprojekts sowie in der Baumeistersubmission durchgehend zu berücksichtigen. Die sichtbaren Flächen der Stützmauer sind, wie bestehend, aus Bruchsteinen zu erstellen.

6.1.5. Baurealisierung und Bauphasen

Die Baurealisierung und Bauphasen sind in den folgenden Kapiteln beschrieben. Ein Vorschlag für Umlagerungs- und Installationsplatz ist im Anhang 1 präsentiert.

6.2. Variante 1: Winkelstützwand - Entlang der Fahrspur

Der Übersichtsplan der Variante ist im Anhang 3 dokumentiert.

6.2.1. Massnahmenbeschrieb

Es sind folgende Massnahmen auszuführen:

- Abbau der Gleiselemente: Gleisjoch demontieren, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage der Fahrleitungsmasten und des Kabelkanals.

- Abbau der Rühlwand.
- Ersatz der verschiedenen Entwässerungsleitungen im Perimeter der Stützmauer: Demontage der bestehenden Leitungen und Einbau der Neuen.
- Bau einer Spundwand mit Longrine und Ankern und Demontage dieser Spundwand am Ende der Bauarbeiten.
- Aushub des Terrains hinter der Stützmauer.
- Abbau der bestehenden Stützmauer.
- Bau einer Rampe auf eine Seite der Stützmauer als Baustellenzufahrt.
- Einbau der neuen Stützmauer in Ortsbeton.
- Verkleidung der sichtbaren Flächen der Stützmauer bis Betonkrone mit Stein.
- Montage eines Geländers.
- Einbau der Gleiselemente: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung.
- Montage der Fahrleitungsmasten.

Während der gesamten Bauzeit ist der Abschnitt für den Bahnverkehr im Bereich der Baustelle total zu sperren.

6.2.2. Kostenschätzung

Stufengerechte Erfassung der Bauwerkskosten nach NPK-Kapiteln (Grobkostenschätzung Genauigkeit +/- 30%)

NPK	Bezeichnung	EH	Ausmass	EHP	[CHF]	[CHF]
111	Regiearbeiten					40'721
	Total Regie (Prozentualer Anteil auf Bauarbeiten exkl. Installationen)	%	3.00%	1'357'358	40'721	
112	Prüfungen					13'574
	Div. Prüfungen	%	1.00%	1'357'358	13'574	
113	Baustelleneinrichtungen (inkl. Provisorien, Baupisten)					122'162
	Allgemeine Baustelleneinrichtungen	%	9.00%	1'357'358	122'162	
116	Holzen und Roden					950
	Rodungen	m2	5.00	70	350	
	kleine Vegetation	m2	15.00	40	600	
117	Abbrüche und Demontagen					58'573
	Entwässerung, Kanalisation hinter Stützmauer	m	65.00	15	975	
	Rühlwand	m2	60.00	120	7'200	
	Steinmauer	m3	423.00	113	47'799	
	Betonsohle für Fahrleitungsmasten	m3	23.00	113	2'599	
151	Bauarbeiten für Werkleitungen					14'700
	Werkleitungsabbau - Wasser	m	140.00	30	4'200	
	Werkleitungsbau - Wasser	m	140.00	75	10'500	
162	Baugrubenabschlüsse / Aussteifungen					446'576
	Spundwand für Abbrüche und Montage inkl. Demontage	m2	1976.00	226	446'576	
164	Verankerungen und Nagelwände					144'838
	Longrine für Spundwand inkl. Demontage	kg	24637.00	3.2	78'838	
	Ankern für Spundwand inkl. Demontage	Stk.	33.00	2'000	66'000	

172	Abdichtungen für Bauwerke unter Terrain und für Brücken					6'111
	Abdichtung - Bitumendichtungsbahnen inkl. sämtlichen Abschlüssen und Schutzmatte	m2	63.00	97	6'111	
211	Baugruben und Erdbau					77'965
	Aushub inkl. Transport und Entsorgung	m3	2768.00	20	55'360	
	Aufschüttung	m3	1507.00	15	22'605	
225	Gleisbau, Stellwerk-Aussenanlagen und Weichenheizung					124'003
	Gleisjoch ausbauen	m	115.00	50	5'750	
	Aushub Schotter	m3	146.00	20	2'920	
	Aushub Fibradur	m3	1.00	15	15	
	Aushub PSS	m3	146.00	18	2'628	
	Demontage Kabelkanal	m	115.00	15	1'725	
	Fahrleitungsmasten inkl. Arbeiten an der Fahrleitung, Kabelanlage, SA und Steueranlage (Abbau und Montage)	gl.	1	75'000	75'000	
	Foundationsschicht gemäss R RTE 21110	m3	146.00	20	2'920	
	Sperrschicht gemäss R RTE 21110	m3	49.00	20	980	
	Gleisschotter	m3	195.00	17	3'315	
	Gleisjoch montieren	m	115.00	200	23'000	
	Kabelkanal erstellen	m	115.00	50	5'750	
237	Kanalisationen und Entwässerungen					47'100
	Entwässerung, Kanalisation für Gleisregenwasser	m	166.00	250	41'500	
	Kanalisationen hinter Stützmauer	m	14.00	400	5'600	
241	Ortbetonbau					317'202
	Unterlagsbeton	m3	54.00	282	15'228	
	Betonkubatur inkl. Betonsohle für Fahrleitungsmasten	m3	387.00	350	135'450	
	Schalungsfläche	m2	901.00	56	50'456	
	Bewehrungsgehalt inkl. Betonsohle für Fahrleitungsmasten	kg	58034.00	2	116'068	
281	Fahrzeug-Rückhaltesystem und Geländer					15'840
	Handlauf	m	99.00	160	15'840	
345	Natursteinarbeiten					103'500
	Steinverkleidung	m2	414.00	250	103'500	

Zwischentotal 1	1'533'815
Unvorhergesehenes 10%	153'381
Zwischentotal 2	1'687'196
Mehrwertsteuer 7.7%	129'914
Total inkl. Mehrwertsteuer	1'817'111

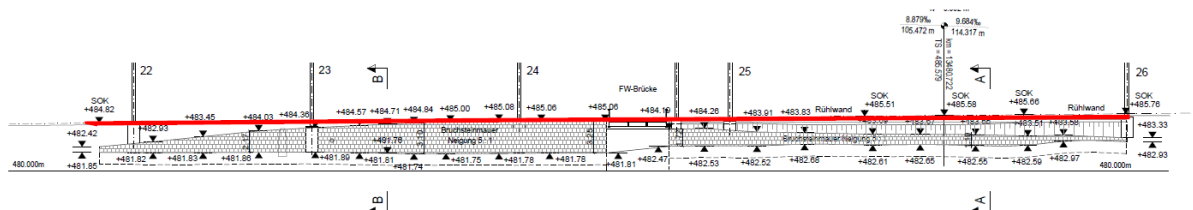
6.2.3. Bauphasen und Baulogistik

Nr.	Bauphase
1	Gleisabbau: Gleisjoch demontieren, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage der Fahrleitungsmasten und des Kabelkanals.
2	Abbau der Rühlwand
3	Entwässerungsleitungen demontieren
4	Bau der Spundwand: Rammen/Einvibrieren der Profile
5	Aushub der ersten Etappe des Terrains hinter der Stützmauer und Abbau der bestehenden Stützmauer
6	Erstellung der Longrine und der Anker für die Spundwand
7	Aushub der letzten Etappe des Terrains hinter der Stützmauer und Abbau der bestehenden Stützmauer
8	Bau der Rampe als Baustellenzufahrt
9	Erste und zweite Etappe der neuen Stützmauer: Magerbeton - Schalung - Ortsbeton
10	Aufschüttung - 1. Etappe inkl. einbauen der Entwässerungsleitung im Perimeter der Stützmauer (bis auf Niveau der Longrine und Anker)
11	Longrine und Anker entfernen
12	Aufschüttung - 2. Etappe
13	Spundwand ziehen
14	Letzte Etappe der neuen Stützmauer: Schalung - Ortsbeton - Steinverkleidung
15	Bau der Kanalisation für das Bauwerk und die Fahrbahn
16	Gleisbau: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung
17	Abschlussarbeiten: Montage der Fahrleitungsmasten und des Geländers

Baulogistik

Die Rückbauarbeiten (~Bauphase 1 bis 7) werden vom Niveau der Gleise durchgeführt (siehe Abbildung 4) .

Ansicht 1 : 250



The longitudinal section shows the bridge deck profile from station 480+00m to 480+90m. Key features include:

- Elevation Points:** Numerous points are marked along the top and bottom edges of the deck, such as +483.42, +483.45, +484.03, +484.30, +484.57, +484.71, +484.84, +485.00, +485.08, +485.66, +485.06, +484.76, +485.12, +485.31, +485.33, +485.51, +485.61, +485.91, +485.96, +486.03, +486.09, +486.16, +486.25, +486.29, +486.37, +486.39.
- Structural Details:** Labels indicate components like 'SOK' (Side Oblique Wall), 'Rührband' (Stirring Band), 'Buchsteinmauer' (Bookstone Wall), and 'FW-Brücke' (Footway Bridge).
- Dimensions:** A vertical dimension of 8.87m is shown at station 480+70m, and a horizontal dimension of 100.472m is indicated between stations 480+70m and 480+80m.

19/36

6.2.4. Bauprogramm

Die vorgesehene Gesamtbauzeit beträgt 165 Tage.

Aufgabe	Zeit [T]	2022																																																2023											
		3. Quartal																4. Quartal																1. Quartal																											
		Juli				August				September				Oktober				November				Dezember				Januar				Februar				März																											
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																				
Vorbereitungsarbeit - Rohdung, Installationsfläche, Baupiste, Zaune, Container	5																																																												
Fahrleitung - Schneiden, absichern	2																																																												
Fahrleitungsmasten - Abbau	3																																																												
Schiene, Schwelle - Abbau	5																																																												
Schotter und Fibradur - Ausbau	5																																																												
Entwässerung - Abbruch	5																																																												
Spundwand - Einbau	11																																																												
Bestehende Stützmauer - Aushub / Abbruch	64																																																												
Beton Wände - ink. Schalung, Bewehrung und betonieren	60																																																												
Hinterfüllung	31																																																												
Schlussarbeiten auf dem Beton - Verkleidung, Geländer, Hydrophobierung	30																																																												
Fibradur und Schotterung	4																																																												
Gleisbau	5																																																												
Fahrleitung und Fahrleitungsmasten	5																																																												
Allgemeine Rückarbeiten	5																																																												
	165																																																												

6.3. Variante 2: Winkelstützwand - bestehende Trasse der Stützmauer

Der Übersichtsplan der Variante ist im Anhang 3 dokumentiert.

6.3.1. Massnahmenbeschrieb

Es sind folgende Massnahmen auszuführen:

- Abbau der Gleiselemente: Gleisjoch demontieren, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage der Fahrleitungsmasten und des Kabelkanals.
- Abbau der Rühlwand.
- Ersatz der verschiedenen Entwässerungsleitungen im Perimeter der Stützmauer: Demontage der bestehenden Leitungen und Einbau der Neuen.
- Bau einer Spundwand mit Longrine und Ankern und Demontage dieser Spundwand am Ende der Bauarbeiten.
- Aushub des Terrains hinter der Stützmauer.
- Abbau der bestehenden Stützmauer.
- Bau einer Rampe auf eine Seite der Stützmauer als Baustellenzufahrt.
- Einbau der neuen Stützmauer in Ortsbeton.
- Verkleidung der sichtbaren Flächen der Stützmauer bis Betonkrone mit Stein.
- Montage eines Geländers.
- Einbau der Gleiselemente: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung.
- Montage der Fahrleitungsmasten.

Während der gesamten Bauzeit ist der Abschnitt für den Bahnverkehr im Bereich der Baustelle total zu sperren

6.3.2. Kostenschätzung

Stufengerechte Erfassung der Bauwerkskosten nach NPK-Kapiteln (Grobkostenschätzung Genauigkeit +/- 30%)

NPK	Bezeichnung	EH	Ausmass	EHP	[CHF]	[CHF]
111	Regiearbeiten					39'379
	Total Regie (Prozentualer Anteil auf Bauarbeiten exkl. Installationen)	%	3.00%	1'312'647	39'379	
112	Prüfungen					13'126
	Div. Prüfungen	%	1.00%	1'312'647	13'126	
113	Baustelleneinrichtungen (inkl. Provisorien, Baupisten)					118'138
	Allgemeine Baustelleneinrichtungen	%	9.00%	1'312'647	118'138	
116	Holzen und Roden					950
	Rodungen	m2	5.00	70	350	
	kleine Vegetation	m2	15.00	40	600	
117	Abbrüche und Demontagen					58'573
	Entwässerung, Kanalisation hinter Stützmauer	m	65.00	15	975	
	Rühlwand	m2	60.00	120	7'200	
	Steinmauer	m3	423.00	113	47'799	

	Betonsohle für Fahrleitungsmasten	m3	23.00	113	2'599	
151	Bauarbeiten für Werkleitungen					14'700
	Werkleitungsabbau - Wasser	m	140.00	30	4'200	
	Werkleitungsbau - Wasser	m	140.00	75	10'500	
162	Baugrubenabschlüsse / Aussteifungen					429'400
	Spundwand für Abbrüche und Montage inkl. Demontage	m2	1900.00	226	429'400	
164	Verankerungen und Nagelwände					139'782
	Longrine für Spundwand inkl. Demontage	kg	23682.00	3.2	75'782	
	Ankern für Spundwand inkl. Demontage	Stk.	32.00	2'000	64'000	
172	Abdichtungen für Bauwerke unter Terrain und für Brücken					6'111
	Abdichtung - Bitumendichtungsbahnen inkl. sämtlichen Abschlüssen und Schutzmaten	m2	63.00	97	6'111	
211	Baugruben und Erdbau					76'660
	Aushub inkl. Transport und Entsorgung	m3	2519.00	20	50'380	
	Aufschüttung	m3	1752.00	15	26'280	
225	Gleisbau, Stellwerk-Aussenanlagen und Weichenheizung					124'003
	Gleisjoch ausbauen	m	115.00	50	5'750	
	Aushub Schotter	m3	146.00	20	2'920	
	Aushub PSS	m3	146.00	18	2'628	
	Aushub Fibradur	m3	1.00	15	15	
	Demontage Kabelkanal	m	115.00	15	1'725	
	Fahrleitungsmasten inkl. Arbeiten an der Fahrleitung, Kabelanlage, SA und Steueranlage (Abbau und Montage)	gl.	1	75'000	75'000	
	Foundationsschicht gemäss R RTE 21110	m3	146.00	20	2'920	
	Sperrschicht gemäss R RTE 21110	m3	49.00	20	980	
	Gleisschotter	m3	195.00	17	3'315	
	Gleisjoch montieren	m	115.00	200	23'000	
	Kabelkanal erstellen	m	115.00	50	5'750	
237	Kanalisationen und Entwässerungen					47'100
	Entwässerung, Kanalisation für Gleisregenwasser	m	166.00	250	41'500	
	Kanalisationen hinter Stützmauer	m	14.00	400	5'600	
241	Ortbetonbau					301'028
	Unterlagsbeton	m3	52.00	282	14'664	
	Betonkubatur inkl. Betonsohle für Fahrleitungsmasten	m3	397.00	350	138'950	
	Schalungsfläche	m2	504.00	56	28'224	
	Bewehrungsgehalt inkl. Betonsohle für Fahrleitungsmasten	kg	59595.00	2	119'190	
281	Fahrzeug-Rückhaltesystem und Geländer					15'840
	Handlauf	m	99.00	160	15'840	
345	Natursteinarbeiten					98'500
	Steinverkleidung	m2	394.00	250	98'500	

Zwischentotal 1**1'483'292****Unvorhergesehenes 10%**

148'329

Zwischentotal 2**1'631'621**

Mehrwertsteuer 7.7%

125'635

Total inkl. Mehrwertsteuer

1'757'256

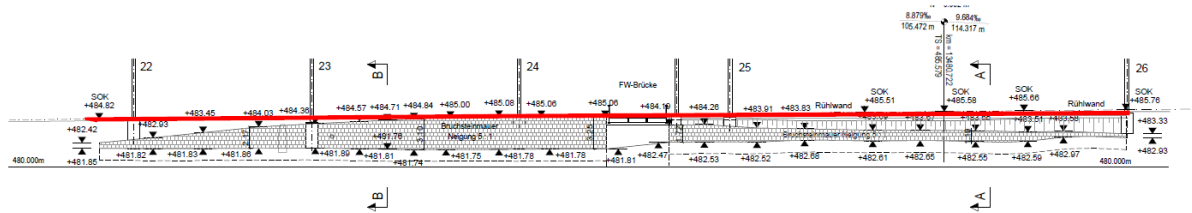
6.3.3. Bauphasen und Baulogistik

Nr.	Bauphase
1	Gleisabbau: Gleisjoch demontieren, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage der Fahrleitungsmasten und des Kabelkanals.
2	Abbau der Rühlwand
3	Entwässerungsleitungen demontieren
4	Bau der Spundwand: Rammen/Einvibrieren der Profile
5	Aushub der ersten Etappe des Terrains hinter der Stützmauer und Abbau der bestehenden Stützmauer
6	Erstellung der Longrine und der Anker für die Spundwand
7	Aushub der letzten Etappe des Terrains hinter der Stützmauer und Abbau der bestehenden Stützmauer
8	Bau der Rampe als Baustellenzufahrt
9	Erste und zweite Etappe der neuen Stützmauer: Magerbeton - Schalung - Ortsbeton
10	Aufschüttung - 1. Etappe inkl. einbauen der Entwässerungsleitung im Perimeter der Stützmauer (bis auf Niveau der Longrine und Anker)
11	Longrine und Anker entfernen
12	Aufschüttung - 2. Etappe
13	Spundwand ziehen
14	Letzte Etappe der neuen Stützmauer: Schalung - Ortsbeton - Steinverkleidung
15	Bau der Kanalisation für das Bauwerk und die Fahrbahn
16	Gleisbau: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung
17	Abschlussarbeiten: Montage der Fahrleitungsmasten und des Geländers

Baulogistik

Die Rückbauarbeiten (~Bauphase 1 bis 7) werden gemäss Abbildung 4 vom Niveau der Gleise durchgeführt.

Ansicht 1 : 250



Grundriss 1 : 250

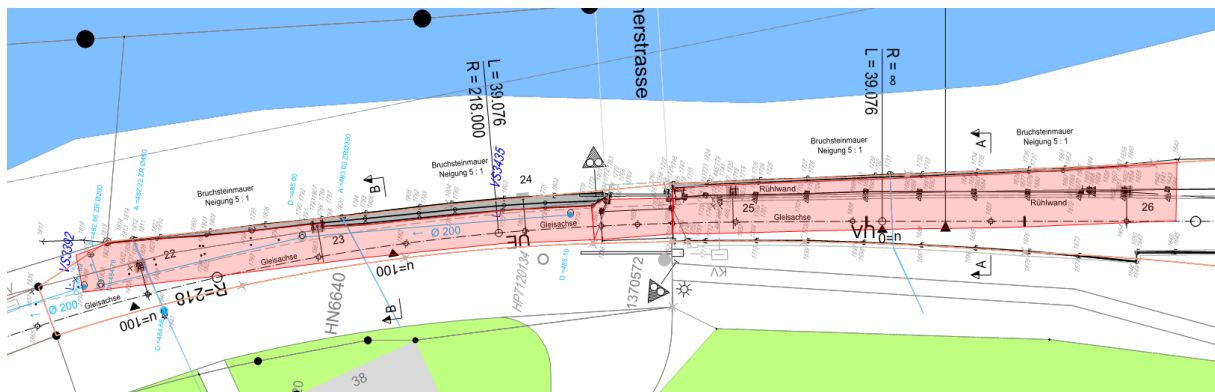
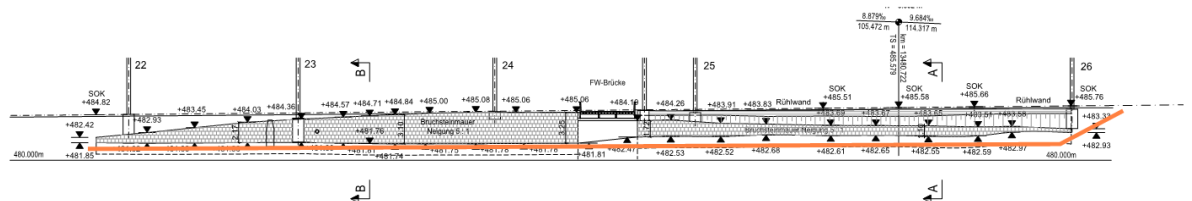


Abbildung 6 : Baustelle - Rückbau vom Niveau der Gleise

Eine Zufahrtsrampe auf die südliche Seite der Stützmauer wird dann vorbereiten nach dem Aushub des Terrains hinter der Stützmauer und der Abbau der bestehenden Stützmauer. Die Erstellung von der neuen Stützmauer wird ab Baugrubensohle erstellt.

Ansicht 1 : 250



Grundriss 1 : 250

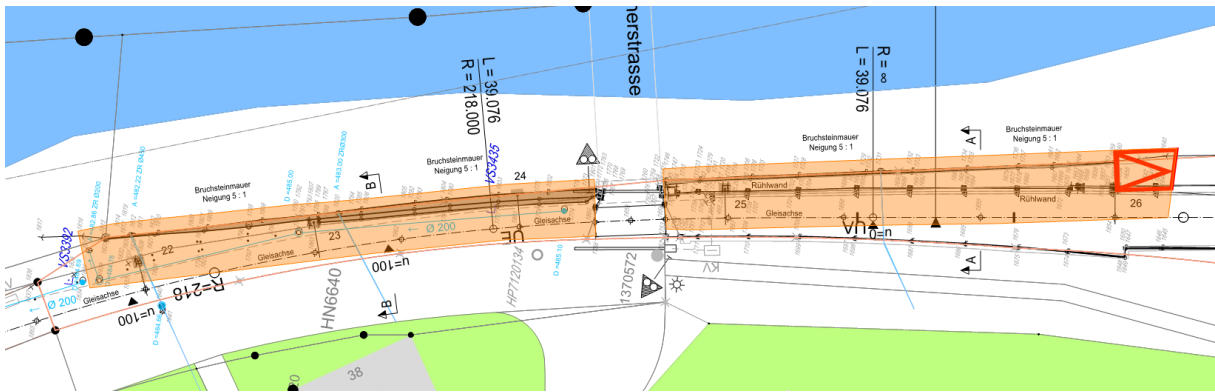


Abbildung 7 : Baustelle - Erstellung ab Baugrubensohle

6.3.4. Bauprogramm

Die vorgesehene Gesamtbauzeit beträgt 155 Tage.

Aufgabe	Zeit [T]	2022																																																2023											
		3. Quartal																4. Quartal																1. Quartal																											
		Juli				August				September				Oktober				November				Dezember				Januar				Februar				März																											
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																				
Vorbereitungsarbeit - Rohdung, Installationsfläche, Baupiste, Zaune, Container	5																																																												
Fahrleitung - Schneiden, absichern	2																																																												
Fahrleitungsmasten - Abbau	3																																																												
Schiene, Schwelle - Abbau	5																																																												
Schotter und Fibradur - Ausbau	5																																																												
Entwässerung - Abbruch	5																																																												
Spundwand - Einbau	11																																																												
Bestehende Stützmauer - Aushub / Abbruch	59																																																												
Beton Wände - ink. Schalung, Bewehrung und betonieren	56																																																												
Hinterfüllung	35																																																												
Schlussarbeiten auf dem Beton - Verkleidung, Geländer, Hydrophobierung	30																																																												
Fibradur und Schotterung	4																																																												
Gleisbau	5																																																												
Fahrleitung und Fahrleitungsmasten	5																																																												
Allgemeine Rückarbeiten	5																																																												
	155																																																												

6.4. Variante 3: Bohrpfahlwand

Der Übersichtsplan der Variante ist im Anhang 3 dokumentiert.

6.4.1. Massnahmenbeschrieb

Es sind folgende Massnahmen auszuführen:

- Abbau der Gleiselemente: Gleisjoch demontieren, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage der Fahrleitungsmasten und des Kabelkanals.
- Abbau der Rühlwand.
- Ersatz der verschiedenen Entwässerungsleitungen im Perimeter der Stützmauer: Demontage der bestehenden Leitungen und Einbau der Neuen.
- Bau der Bohrpfahlwand.
- Aushub des Terrains hinter der Stützmauer.
- Abbau der bestehenden Stützmauer.
- Bau eine Betonwand verbunden mit der Bohrpfahlwand.
- Verkleidung der sichtbaren Flächen der Betonwand bis Betonkrone mit Stein.
- Bau der Kanalisation für das Bauwerk und die Fahrbahn.
- Montage eines Geländers.
- Einbau der Gleiselemente: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung.
- Montage der Fahrleitungsmasten.

Während der gesamten Bauzeit ist der der Abschnitt voll für den Bahnverkehr im Bereich der Baustelle zu sperren.

6.4.2. Kostenschätzung

Stufengerechte Erfassung der Bauwerkskosten nach NPK-Kapiteln (Grobkostenschätzung Genauigkeit +/- 30%)

NPK	Bezeichnung	EH	Ausmass	EHP	[CHF]	[CHF]
111	Regiearbeiten					35'086
	Total Regie (Prozentualer Anteil auf Bauarbeiten exkl. Installationen)	%	3.00%	1'169'532	35'086	
112	Prüfungen					11'695
	Div. Prüfungen	%	1.00%	1'169'532	11'695	
113	Baustelleneinrichtungen (inkl. Provisorien, Baupisten)					105'258
	Allgemeine Baustelleneinrichtungen	%	9.00%	1'169'532	105'258	
116	Holzen und Roden					950
	Rodungen	m2	5.00	70	350	
	kleine Vegetation	m2	15.00	40	600	
117	Abbrüche und Demontagen					61'963
	Entwässerung, Kanalisation	m	65.00	15	975	
	Rühlwand	m2	60.00	120	7'200	
	Steinmauer	m3	423.00	113	47'799	
	Betonsohle für Fahrleitungsmasten	m3	53.00	113	5'989	
151	Bauarbeiten für Werkleitungen					14'700

	Werkleitungsabbau - Wasser	m	140.00	30	4'200	
	Werkleitungsbau - Wasser	m	140.00	75	10'500	
171	Pfähle					606'450
	Bohrpfahlwand	m2	933.00	650	606'450	
172	Abdichtungen für Bauwerke unter Terrain und für Brücken					10'088
	Abdichtung - Bitumendichtungsbahnen inkl. sämtlichen Abschlüssen und Schutzmaten	m2	104.00	97	10'088	
211	Baugruben und Erdbau					17'580
	Aushub inkl. Transport und Entsorgung	m3	630.00	20	12'600	
	Aufschüttung	m3	332.00	15	4'980	
225	Gleisbau, Stellwerk-Aussenanlagen und Weichenheizung					124'003
	Gleisjoch ausbauen	m	115.00	50	5'750	
	Aushub Schotter	m3	146.00	20	2'920	
	Aushub PSS	m3	146.00	18	2'628	
	Aushub Fibradur	m3	1.00	15	15	
	Demontage Kabelkanal	m	115.00	15	1'725	
	Fahrleitungsmasten inkl. Arbeiten an der Fahrleitung, Kabelanlage, SA und Steueranlage (Abbau und Montage)	gl.	1	75'000	75'000	
	Foundationsschicht gemäss R RTE 21110	m3	146.00	20	2'920	
	Sperrschicht gemäss R RTE 21110	m3	49.00	20	980	
	Gleisschotter	m3	195.00	17	3'315	
	Gleisjoch montieren	m	115.00	200	23'000	
	Kabelkanal erstellen	m	115.00	50	5'750	
237	Kanalisationen und Entwässerungen					47'100
	Entwässerung, Kanalisation für Gleisregenwasser	m	166.00	250	41'500	
	Kanalisationen hinter Stützmauer	m	14.00	400	5'600	
241	Ortbetonbau					167'358
	Unterlagsbeton	m3	16.00	282	4'512	
	Betonkubatur - Stützmauer	m3	207.00	350	72'450	
	Schalungsfläche - Stützmauer	m2	504.00	56	28'224	
	Bewehrungsgehalt - Stützmauer	kg	31086.00	2	62'172	
281	Fahrzeug-Rückhaltesystem und Geländer					15'840
	Handlauf	m	99.00	160	15'840	
345	Natursteinarbeiten					103'500
	Steinverkleidung	m2	414.00	250	103'500	

Zwischentotal 1	1'321'571
Unvorhergesehenes 10%	132'157
Zwischentotal 2	1'453'728
Mehrwertsteuer 7.7%	111'937
Total inkl. Mehrwertsteuer	1'565'665

6.4.3. Bauphasen

Nr.	Bauphase
1	Gleisabbau: Gleisjoch abbauen, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage der Fahrleitungsmasten und Kabelkanal.
2	Rühlwand abbrechen
3	Entwässerungsleitungen demontieren
4	Bohrpfahlwand bauen d = 80 cm
5	Aushub des Terrains und Abbau der bestehenden Stützmauer
6	Betonierung der Betonwand vor der Bohrpfahlwand: Magerbeton - Schalung - Ortsbeton - Steinverkleidung
7	Aufschüttung inkl. einbauen der Entwässerungsleitung im Perimeter der Stützmauer
8	Bau der Kanalisation für das Bauwerk und die Fahrbahn
9	Gleisbau: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung
10	Abschlussarbeiten: Montage der Fahrleitungsmasten und des Geländers

6.4.4. Bauprogramm

Die vorgesehene Gesamtbauzeit beträgt 165 Tage.

Aufgabe	Zeit [T]	2022																																2023												
		3. Quartal																4. Quartal																1. Quartal												
		Juli				August				September				Oktober				November				Dezember				Januar				Februar				März												
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					
Vorbereitungsarbeit - Rohdung, Installationsfläche, Baupiste, Zaune, Container	5																																													
Fahrleitung - Schneiden, absichern	2																																													
Fahrleitungsmasten - Abbau	3																																													
Schiene, Schwelle - Abbau	5																																													
Schotter und Fibradur - Ausbau	5																																													
Entwässerung - Abbruch	5																																													
Ortbetonpfähle - Einbau	90																																													
Bestehende Stützmauer - Aushub / Abbruch	22																																													
Beton Wände - ink. Schalung, Bewehrung und betonieren	30																																													
Schlussarbeiten auf dem Beton - Verkleidung, Geländer, Hydrophobierung	30																																													
Hinterfüllung	8																																													
Fibradur und Schotterung	5																																													
Gleisbau	5																																													
Fahrleitung und Fahrleitungsmasten	5																																													
Allgemeine Rückarbeiten	5																																													
	165																																													

6.5. Weitere Varianten, die verworfen wurden

Die Null-Variante kommt aus folgenden Gründen nicht in Frage:

- der Nachweis des Grundbruches, des Kippens und des Gleitens gemäss SIA267 [2013] ist nicht erfüllt.
- eine Verbreiterung des Objekts ist notwendig um das Bahnlichtraumprofil EBV 2 einzuhalten.

Alternativ von Variante 3 haben wir die selbe Konstruktion aber mit der gleichen Geometrie der bestehenden Stützmauer geprüft. In dieser Variante ist eine komplexe und variable Stützkonstruktion erforderlich. Die Lösung ist unwirtschaftlich. Aus diesem Grund ist diese Variante verworfen worden.

6.6. Evaluation Bestvariante / technische Bestvariante

6.6.1. Nutzwertanalyse

Folgende Kriterien wurden beurteilt:

- Dauerhaftigkeit / Unterhalt

Da die drei Varianten in einem Gesamtersatz der Stützmauer bestehen, ist die Dauerfestigkeit von den drei Varianten auf 100 Jahren geschätzt.

- Bewilligungsfähigkeit

Da das Bauwerk unmittelbar an der Sihl angrenzt und es sich in einem besonders schützenswerten Gebiet befindet, sind die Sanierungsmassnahmen unter Berücksichtigung der Vorgabe des Gewässerschutzes und der Denkmalbehörden zu projektieren. Die Arbeiten an dem Objekt erfordern eine sorgfältige Planung, bei Bedarf unter Beizug der Fachstelle für Denkmalschutz- und Gewässerschutzfragen. Die Bewilligung des Projekts von AWEL und Denkmalpflege ist von grossen Bedeutung. Da die Varianten 1 und 3 auf beide Enden eine rechtwinklige Wand haben und nicht die Geometrie der bestehenden Konstruktion folgen, könnte die Strömung der Sihl im Fall vom Hochwasser beeinträchtigt werden. Die Variante 3 weist eine dominante Betonkrone und ist bezüglich Bewilligungsfähigkeit (Denkmalpflege) als kritisch beurteilt. Die Variante 2 erfüllt am besten die Bewilligungsfähigkeitskriterien.

- Bauzeit

Die Bauzeit der Variante 2 ist die kürzeste. Die Varianten 2 und 3 sind nur geringfügig länger.

- Baulogistik

Bezüglich Baulogistik sind die drei Varianten als gleich geschätzt.

- Kosten

Die Variante 3 ist die günstigste Variante. Variante 1 und 2 sind etwa 15% teurer als Variante 3.

6.6.2. Zusammenfassung der Variantenbeurteilung

Variante 1 = Winkelstützwand - Entlang der Fahrspur

Variante 2 = Winkelstützwand - bestehende Trasse der Stützmauer

Variante 3 = Bohrpfahlwand

Kriterium	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Dauerhaftigkeit / Unterhalt	++	++	++
Bewilligungsfähigkeit: Optik / Denkmalpflege	+	++	+
Strömung	-	+	-
Bauzeit	+	++	+
Baulogistik	+	+	+
Kosten	+	+	++

6.6.3. Empfehlung Bestvariante

Als Bestvariante empfehlen wir die **Variante 2** "Winkelstützwand - bestehende Trasse der Stützmauer". Diese Variante folgt die bestehende Trasse der Stützmauer und hat eine höhere Bewilligungsfähigkeit als die anderen Varianten.

7. Termine

7.1. Dringlichkeit der Massnahmen

Die Dringlichkeit der Massnahmen aus der Sicht Tragkonstruktion ist im Wesentlichen durch den baulichen Zustand der Stützmauer und das kritische Widerstand des Bauwerks wegen Grundbruch gegeben. Wir empfehlen diese Massnahmen innerhalb der nächsten 3 Jahre zu realisieren.

Die Realisierung der Massnahmen ist mit den Instandsetzungsarbeiten von der Stützmauer Carbura und den verschiedenen Bachdurchlässen zu koordinieren.

7.2. Planungs- und Ausführungstermine Bestvariante

Bau- / Auflageprojekt	1. Quartal 2020 - 4. Quartal 2020
Plangenehmigungsverfahren	1. Quartal 2021 - 3. Quartal 2021
Ausschreibung	3. Quartal 2021 - 4. Quartal 2021
Ausführungsplanung	1. Quartal 2022 - 2. Quartal 2022
Ausführung	3. Quartal 2022 - 1. Quartal 2023
Inbetriebnahme	2. Quartal 2023

Anhang 1 - Baulogistik



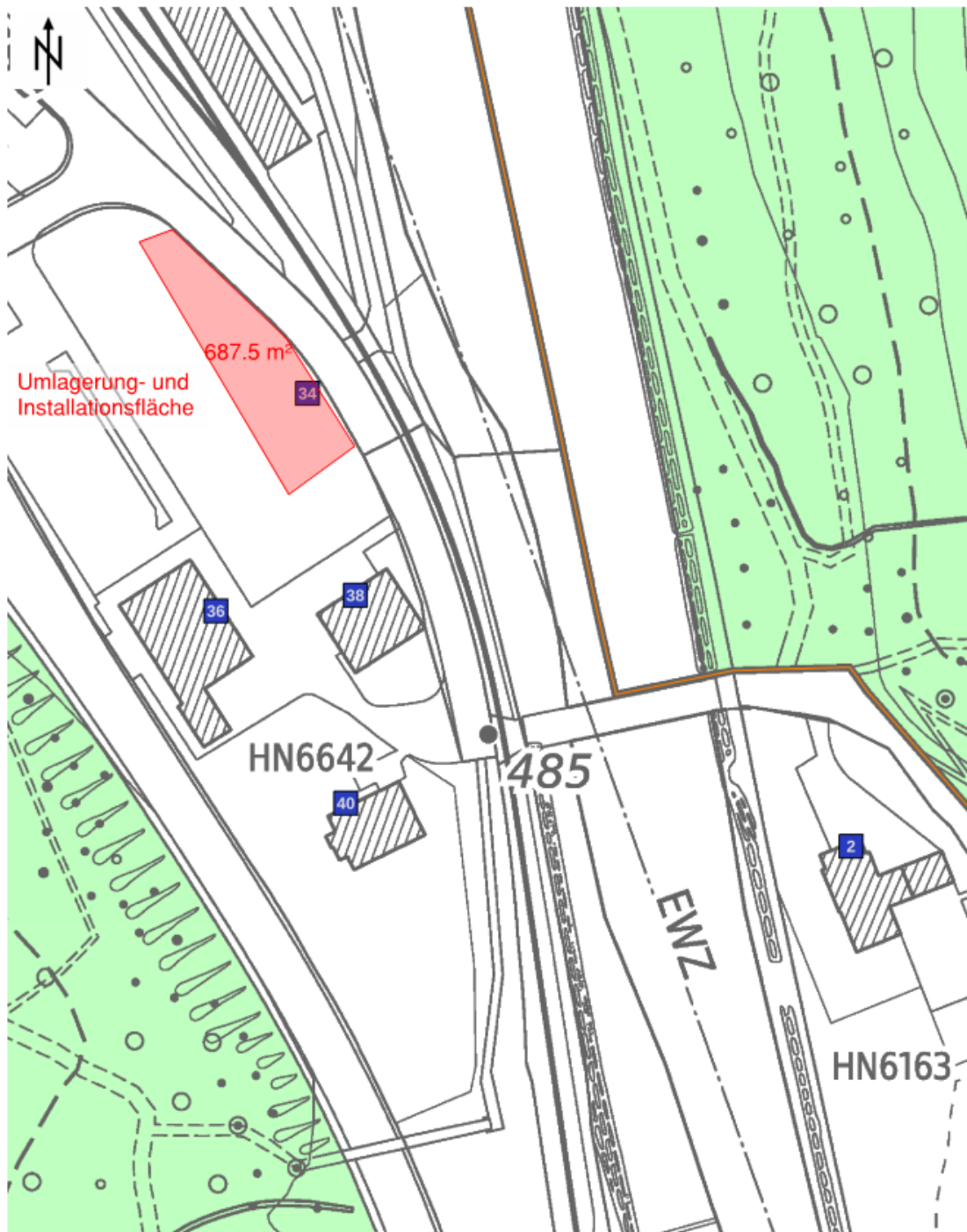
Kanton Zürich
GIS-Browser (<http://maps.zh.ch>)



Landeskarten, Übersichtsplan

FWB Sihlwald

Baulogistik



© GIS-ZH, Kanton Zürich, 09.08.2019 15:57:25

Diese Karte stellt einen Zusammenschau von amtlichen Daten verschiedener Stellen dar. Keine Garantie für Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität. Rechtsverbindliche Auskünfte erteilen allein die zuständigen Behörden.

Massstab 1:1000

0 10 20 30m

Anhang 2 - Fotos Ist - Zustand

Die folgende photographische Dokumentation erfolgte durch Mattec Materialtechnik am Bau AG, Bericht Nr 19097/1 vom 11.07.2019.



Photo 1

Mauerkronenversatz beim Mast 25



Photo 2

Fugen meist gerissen, oder offen und mit vielen Pflanzen bewachsen

Anhang 3 - Pläne

Pläne

Plan Nr.	Titel	Datum
FWB_GWZ_31_00_0001_0	Übersichtspläne - Bestandsplan	28.08.19
FWB_GWZ_31_00_0002_0	Übersichtspläne - Variante 1 und 2	28.08.19
FWB_GWZ_31_00_0003_0	Übersichtspläne - Variante 3	28.08.19
FWB_GWZ_31_00_0004_0	Übersichtspläne - Variante 2	28.08.19