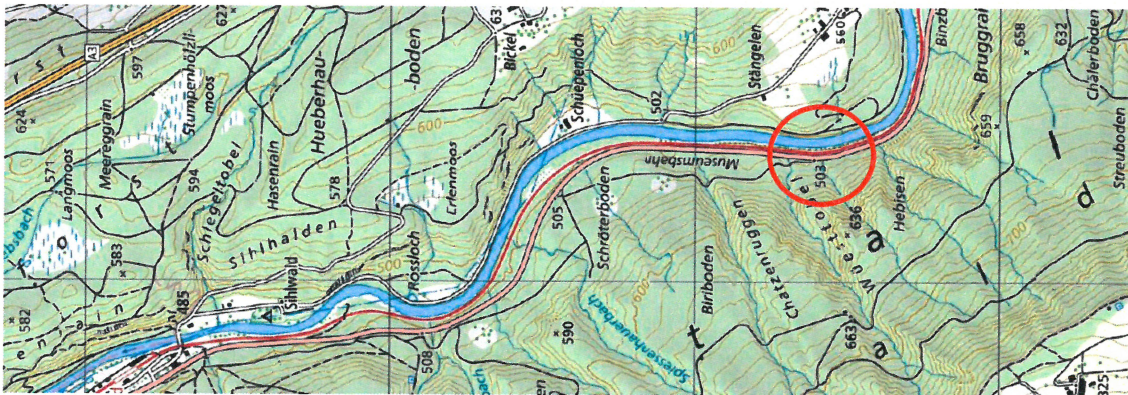


Linie: 712 S4
Km: 15.848
Kanton: Zürich
Gemeinde(n): Horgen
Projektnummer: 8246
Phase: Vorprojekt
Datum: 10.09.2019

Projekt: Sanierung den Bachdurchlässen



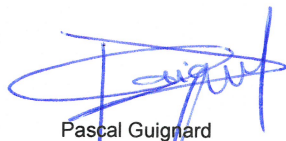
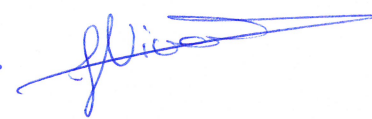
Technischer Bericht

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 | 5 |
| 1.1. Grund der Projektauslösung (Vorbemerkung) | 5 |
| 1.2. Normen, Berichte und Richtlinien | 5 |
| 1.2.1. Normen / Merkblätter | 5 |
| 1.2.2. Richtlinien / Dokumentationen | 6 |
| 1.2.3. Reglemente, Weisungen und Merkblätter | 6 |
| 1.2.4. SBB Ausführungs- und Qualitätsvorschriften (AQV) und Kontrollpläne (KP) | 6 |
| 1.2.5. Projektbezogene Grundlagen | 7 |
| 1.3. Lage im Netz: Bedeutung, angrenzende und künftige Projekte, geplante Entwicklungen | 7 |
| 1.4. Beschreibung des Objekts / des Bauwerks | 8 |
| 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. Bachdurchlass | 13 |
| 4.2. Bordüre und Geländer | 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 |
| 6.1.3. Land und Rechte, Verträge, Nachbarrechte | 15 |
| Gruner Wepf AG | 2/23 |

| | |
|--|-----------|
| 6.1.4. Weitere Stakeholder | 15 |
| 6.1.5. Baurealisierung und Bauphasen | 15 |
| 6.2. Variante 1: Übergangsplatte und Sanierung | 15 |
| 6.2.1. Massnahmenbeschrieb | 16 |
| 6.2.2. Kostenschätzung | 16 |
| 6.2.3. Bauphasen | 18 |
| 6.2.4. Bauprogramm | 19 |
| 6.3. Weitere Varianten, die verworfen wurden | 20 |
| 6.4. Evaluation Bestvariante / technische Bestvariante | 20 |
| 7. Termine | 21 |
| 7.1. Dringlichkeit der Massnahmen | 21 |
| 7.2. Planungs- und Ausführungstermine Bestvariante | 21 |
| Anhang 1 - Fotos Ist - Zustand | 22 |
| Anhang 2 - Pläne | 23 |

Zusammenfassung

Der Zustand von 7 Bachdurchlässen (Bachdurchlässe: oberer-, mittlerer- und unterer Hebisenbach, Wüstobelbach, Birribodenbach, Spiessenhaubach, Bachtobelbach) 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. Der Bachdurchlass "Unter Hebisenbach" wird als repräsentativer Bachdurchlass gewählt.

Ergebnis der Studie:

Der Zustand des Natursteinbauwerks wurde durch die Materialtechnik am Bau AG detailliert untersucht. Er ist insgesamt als akzeptabel zu bezeichnen. Grund dafür sind die Schäden an der Sichtfläche der Stirnwand und das Vorkommen von mürbem Mauermörtel im Widerlager. Im Widerlager und im Gewölbe kommen wenige Schäden in Form von Rissen und hohlklingenden Steinen am Kontakt mit der Stirnwand vor. Der Zustand ist für das Tragwerk nicht so gravierend, dass Sofortmassnahmen notwendig sind.

Gemäss der statischen Überprüfung von Bestand ist der Tragsicherheitsnachweis unter symmetrischen Normalspurbahnlasten erfüllt.

Empfehlung:

Wir empfehlen, die bestehenden Bachdurchlässen zu sanieren. Aufgrund der Randbedingungen des Lichtraumprofils besteht die Notwendigkeit einer Erweiterung der Überbau. Aus diesem Grund empfehlen wir, eine Übergangsplatte aus Beton zu bauen.

Wir empfehlen diese Massnahmen innerhalb der nächsten 5 Jahre zu realisieren.



Abbildung 1 : Foto der Bachdurchlass "Unter Hebisenbach" - 2019

1. Ausgangslage

1.1. Grund der Projektauslösung (Vorbemerkung)

Die Sihltalbahn-Linie S4 feierte im Jahr 2017 ihr 125-jähriges Bestehen. Auf dem Streckenabschnitt Sihlwald-Sihlbrugg befinden sich 7 weitere Bachdurchlässe (Bachdurchlässe: oberer-, mittlerer- und unterer Hebisenbach, Wüsttobelbach, Birribodenbach, Spiessenhaubach, Bachtobelbach), welche als Mauerwerksgewölbe ausgebildet sind. Die sieben Bachdurchlässe bestehen seit diesem Zeitpunkt ohne, dass wesentliche bauliche Massnahmen ergriffen worden sind. Dementsprechend sind üblichen Alterungserscheinungen wie Naturstein- und Fugenverwitterung weit fortgeschritten. Der Zustand dem Bachdurchlass 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 Carbura, 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 der Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald sind gleichzeitig mit den Instandsetzungen der verschiedenen Bachdurchlässe geplant.

1.4. Beschreibung des Objekts / des Bauwerks

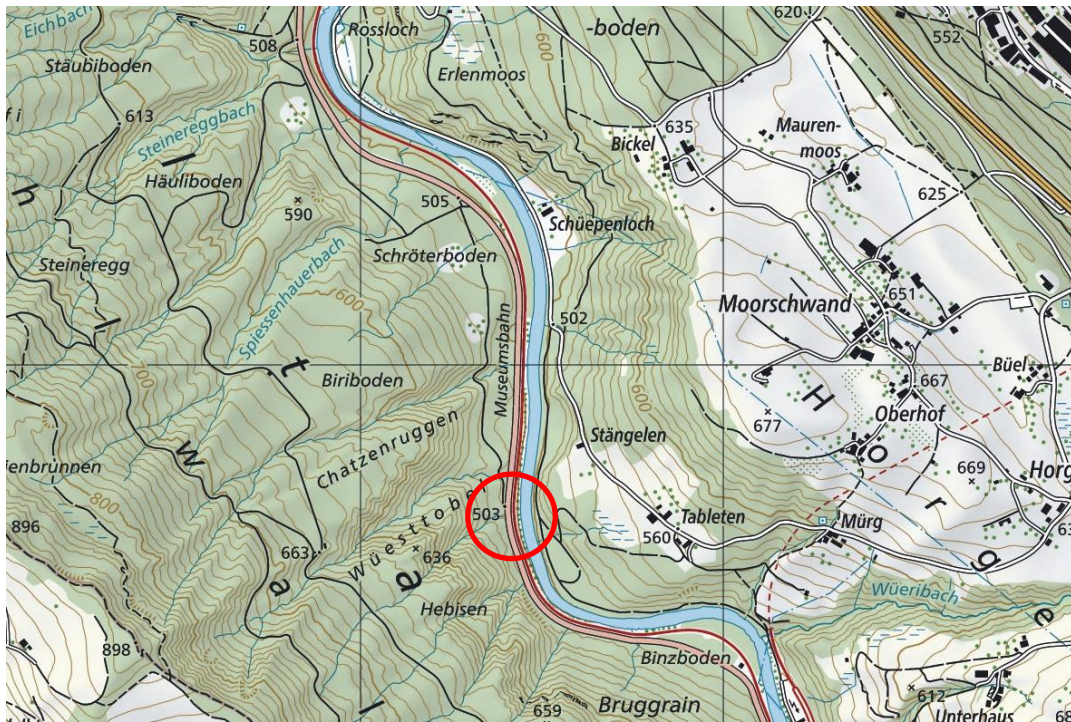


Abbildung 2 : Kartenausschnitt

Das Objekt besteht aus sieben Bachdurchlässe (oberer-, mittlerer- und unterer Hebisenbach, Wüstobelbach, Birribodenbach, Spiessenhaubach, Bachtobelbach), welche als Mauerwerksgewölbe ausgebildet sind. Diese Bachdurchlässe sind in gleichem Masse wie der Durchlass Oberer Hebisenbach schadhaft. Die durchschnittliche lichte Weite beträgt ca. 2.0 m und die Gewölbe haben eine durchschnittliche Höhe von rund 2.0 m. Der Bachdurchlass "Unter Hebisenbach" wird als repräsentativer Bachdurchlass gewählt.

Der Bachdurchlass "Unter Hebisenbach" befindet sich in der Gemeinde Horgen, km 15.848 der Sihltalbahn-Linie S4. Die Höhe des Bachdurchlasses (Mauerbasis bis Gewölbes) ist ca. 1.85 m und die Breite ca. 1.50 m. Als Mauersteine wurden mikritische Kalksteine verwendet. Bei der Stirnwand handelt es sich um grob gerichtete, bossierte Mauersteine mit kleinem bis mittlerem Format.

Das Bahntrasse und die Nationalstrasse verlaufen oben von dem Bachdurchlass, unterhalb von ihr verläuft die Sihl.

Ein Schotterbett von 50 cm von UK Schiene ist vorhanden.

Ein Kabelkanal befindet sich vor dem Bachdurchlass (Sihlseite). Zwei Stahlprofilen gelagert auf Geröllbetonkeilen tragen den Kabelkanal.

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.

2. Zustandserfassung

2.1. Visuelle Zustandserfassung

Es sind weder Verformungen noch Setzungen festzustellen. Die meisten Schäden kommen an der Stirnwand vor (Plan 1 im Anhang 1). Hier sind 9 Mauersteine ausgewittert (dumpfer Klang bei der Abklopfprüfung) und im Bereich links des Baches ist der Verbund zwischen den Mauersteinen schlecht. Die erneuten Fugen sind im Allgemeinen dicht und intakt. Im Widerlager und im Gewölbe kommen wenige Schäden in Form von Rissen und hohlklingenden Steinen am Kontakt mit der Stirnwand vor (max. Rissbreite ca. 2 mm). Eine weitere, stark ausgewitterte Fuge tritt etwa 4.5 m ab Eingang auf Seite Zürich auf.

2.2. Materialtechnologische Untersuchungen

Die materialtechnologische Untersuchung erfolgte durch Mattec Materialtechnik am Bau AG. Detaillierte Befunde siehe Bericht Nr 19097/3 vom 11.07.2019.

Die Mauersteine an der Sichtfläche sind behauen und zeigen eine Stärke von etwa 30 cm im Widerlager und etwa 50 cm im Gewölbe. Die Fugenbreite liegt in der Regel bei 3- 4 cm. Der Mauermantel kann somit als Bruchstein-Schichtenmauerwerk eingestuft werden.

Der Mauerkerne existiert lediglich im Widerlagerbereich und besteht aus Bruchstücken unterschiedlichen Formates mit viel Mauermörtel. Er wird somit als Bruchsteinmauerwerk eingestuft.

Die angebohrten Mauersteine sind intakt. Der Mauermörtel der Bohrung im Gewölbe ist intakt, derjenige der Bohrung im Widerlager mürbe.

Der Zustand des Natursteinbauwerks ist insgesamt als akzeptabel 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.

Es gibt keine Untersuchung direkt bei dem Bachdurchlass "Unter Hebisenbach". Es ist angenommen, dass die geologische Schichten in dem Perimeter des Projekts gleichartig sind. Deckschichten stehen unter den Gleisschottern bis Oberkante Terrain. Darunter folgen dicht gelagerten Sihlschotter.

Das Objekt liegt in der Grundwasserschutzzone Au. Der Grundwasserspiegel dürfte mit dem Wasserspiegel der Sihl korreliert.

2.4. Bahntechnische Untersuchungen

Die bestehende Bahntechnische ist wie folgt :

- Schwellen : 2-Block
- Profil : 46 E1
- Geschwindigkeit V_R : 50 km/h
- kein Geländer noch Dienstweg

Die Schottersondagen haben eine Schotter Stärke von 50 cm unter UK Schiene, 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 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

Es sind weder Verformungen noch Setzungen festzustellen. Die meisten Schäden kommen an der Stirnwand vor (Plan 1). Hier sind 9 Mauersteine ausgewittert (dumpfer Klang bei der Abklopffprüfung) und im Bereich links des Baches ist der Verbund zwischen den Mauersteinen schlecht. Die erneuten Fugen sind im Allgemeinen dicht und intakt. Im Widerlager und im Gewölbe kommen wenige Schäden in Form von Rissen und hohlklingenden Steinen am Kontakt mit der Stirnwand vor (max. Rissbreite ca. 2 mm). Eine weitere, stark ausgewitterte Fuge tritt etwa 4.5 m ab Eingang auf Seite Zürich auf. Diese Risse stellen dann ein grösseres Problem dar, wenn die Stirnwände immer weiter auseinandergehen

Der Zustand des Natursteinbauwerks ist insgesamt als akzeptabel (Klasse 2) zu bezeichnen.

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 den Bachdurchlässen " vom 28.08.19.

Die Ergebnisse unter symmetrischen Bahnlasten sind die folgende:

- Der Schubnachweis des Bachdurchlasses ist erfüllt.
- Der Nachweis der Interaktion Normalkraft-Biegung des Bachdurchlasses ist erfüllt.

4. Zustandsbeurteilung

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

4.1. Bachdurchlass

Der Zustand des Natursteinbauwerks "Unter Hebisenbach" ist insgesamt als akzeptabel (Klasse 2) zu bezeichnen. Grund dafür sind die Schäden an der Sichtfläche der Stirnwand (zum Beispiel Risse) und das Vorkommen von mürbem Mauermörtel im Widerlager. Beim Bachdurchlass "Ober Hebisenbach" ist des Weiteren an der Stirnwand ein Eckriss entstanden, welcher zu lokalen Ausbrüchen führen könnte. Das Objekt muss saniert werden.

4.2. Bordüre und Geländer

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

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

5. Fazit Zustandsüberprüfung, Beurteilung Gesamtzustand

5.1. Beurteilung des baulichen Zustands

Der Zustand des Natursteinbauwerks ist insgesamt als akzeptabel zu bezeichnen. Grund dafür sind die Schäden an der Sichtfläche der Stirnwand und das Vorkommen von mürbem Mauermörtel im Widerlager. Im Widerlager und im Gewölbe kommen wenige Schäden in Form von Rissen. Eine Massnahme ist notwendig.

5.2. Beurteilung der Tragsicherheit

Die Tragsicherheitsnachweise sind für die betrachteten Lastfälle erfüllt.

5.3. Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit

Die Gebrauchstauglichkeit ist durch die visuelle Inspektion des Bauwerks überprüft. Es sind weder Verformungen noch Setzungen festzustellen beim Bachdurchlass "Unter Hebisenbach". Beim Bachdurchlass "Ober Hebisenbach" ist des Weiteren an der Stirnwand ein Eckriss entstanden, welcher zu lokalen Ausbrüchen führen könnte.

5.4. Beurteilung der Ermüdung

Es gibt keinen Ermüdungsnachweis für Natursteinmauerwerk.

5.5. Beurteilung Restnutzungsdauer

Der Bachdurchlass hat eine Restnutzungsdauer von maximal 10 Jahren. Bei einer Instandsetzung des Objektes beträgt die Restnutzungsdauer des gesamten Objekts 50 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 Bachdurchlässe 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 und Schutzmassnahmen

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.

In der angrenzenden Kantonsstrasse befindet sich eine Wasserleitung DN 550 aus dem Beginn des 20ten Jahrhunderts in unmittelbarer Nähe der Gleise mit geringer Überdeckung. Diese Wasserleitung liegt im Bereich des Bachdurchlasses. Diese ist im weiteren Projektverlauf zu beachten. Entsprechende Schutzmassnahmen sind mit Wasserversorgung von Kanton Zürich abzuklären und zu planen.

6.1.3. Land und Rechte, Verträge, Nachbarrechte

Unterhalt und Eigentum bei den SZU. Das Terrain Sihlseitig vor dem Bachdurchlass 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 dem Bachdurchlass sind, wie bestehend, aus Bruchsteinen zu erstellen.

6.1.5. Baurealisierung und Bauphasen

Die Baurealisierung und Bauphasen sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

6.2. Variante 1: Übergangsplatte und Sanierung

Der Übersichtsplan der Variante ist im Anhang 2 dokumentiert.

6.2.1. Massnahmenbeschreibung

Es sind folgende Massnahmen auszuführen:

- Abbau der Gleiselemente: Gleisjoch demontieren, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage des Kabelkanals.
- Demontage der Stahlprofilträger.
- Ausbau der Betonsohle.
- Bohrung der Anker.
- Ersatz der verschiedenen Entwässerungsleitungen im Perimeter des Bachdurchlasses: Demontage der bestehenden Leitungen und Einbau der Neuen.
- Aushub des Terrains.
- Einbau einer Übergangsplatte (Betonplatte).
- Montage eines Geländers.
- Einbau der Gleiselemente im Bereich der Betonplatte: Einbau der Kabelkanal, Einbau der festen Fahrbahn (LVT-Standard-Stützpunkt und Schiene)
- Einbau der Gleiselemente ausserhalb der Betonplatte: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung.

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%) pro Bachdurchlass.

| NPK | Bezeichnung | EH | Ausmass | EHP | [CHF] | [CHF] |
|------------|--|------|---------|---------|-------|--------------|
| 111 | Regiearbeiten | | | | | 1'443 |
| | Total Regie (Prozentualer Anteil auf Bauarbeiten exkl. Installationen) | % | 3.00% | 48'086 | 1'443 | |
| 112 | Prüfungen | | | | | 481 |
| | Div. Prüfungen | % | 1.00% | 48'086 | 481 | |
| 113 | Baustelleneinrichtungen (inkl. Provisorien, Baupisten) | | | | | 4'328 |
| | Allgemeine Baustelleneinrichtungen | % | 9.00% | 48'086 | 4'328 | |
| 116 | Holzen und Roden | | | | | 550 |
| | Rodungen | m2 | 5.00 | 70 | 350 | |
| | kleine Vegetation | m2 | 5.00 | 40 | 200 | |
| 117 | Abbrüche und Demontagen | | | | | 2'749 |
| | Betonsohle für Kabelkanal | m3 | 2.00 | 113 | 221 | |
| | Stahlprofilträgern | kg | 1685.00 | 1.5 | 2'527 | |
| 151 | Bauarbeiten für Werkleitungen | | | | | 1'050 |
| | Werkleitungsabbau - Wasser | m | 10.00 | 30 | 300 | |
| | Werkleitungsbau - Wasser | m | 10.00 | 75 | 750 | |
| 164 | Verankerungen und Nagelwände | | | | | 6'000 |
| | Ankern | Stk. | 3.00 | 2'000.0 | 6'000 | |
| 172 | Abdichtungen für Bauwerke unter Terrain und für Brücken | | | | | 3'969 |
| | Abdichtung - Bitumendichtungsbahnen inkl. sämtlichen Abschlüssen und Schutzmaten | m2 | 41.00 | 97 | 3'969 | |

| | | | | | | |
|------------|--|----|---------|-----|-------|---------------|
| 211 | Baugruben und Erdbau | | | | | 611 |
| | Aushub inkl. Transport und Entsorgung | m3 | 21.00 | 20 | 416 | |
| | Aufschüttung | m3 | 13.00 | 15 | 195 | |
| 225 | Gleisbau, Stellwerk-Aussenanlagen und Weichenheizung | | | | | 11'202 |
| | Gleisjoch abbauen | m | 18.00 | 50 | 900 | |
| | Aushub Schotter | m3 | 28.00 | 20 | 560 | |
| | Aushub PSS | m3 | 3.00 | 18 | 50 | |
| | Abbau Fibradur | m3 | 3.00 | 15 | 42 | |
| | Demontage Kabelkanal | m | 10.00 | 15 | 150 | |
| | Foundationsschicht, Sperrschicht, Gleisschotter, Schwellen, Festfahrbahn inkl. LVT-Standard-Stützpunkt, Schienen | m | 18.00 | 500 | 9'000 | |
| | Kabelkanal erstellen | m | 10.00 | 50 | 500 | |
| 237 | Kanalisationen und Entwässerungen | | | | | 4'000 |
| | Entwässerung, Kanalisation für Gleisregenwasser | m | 16.00 | 250 | 4'000 | |
| 241 | Ortbetonbau | | | | | 16'898 |
| | Unterlagsbeton | m3 | 2.00 | 282 | 437 | |
| | Betonkubatur - Betonplatte | m3 | 21.00 | 350 | 7'392 | |
| | Schalungsfläche - Betonplatte | m2 | 49.00 | 56 | 2'733 | |
| | Bewehrungsgehalt - Betonplatte | kg | 3168.00 | 2 | 6'336 | |
| 281 | Fahrzeug-Rückhaltesystem und Geländer | | | | | 1'056 |
| | Handlauf | m | 7.00 | 160 | 1'056 | |

| | | |
|-----------------------------------|----------------|---------------|
| Zwischentotal 1 | 380'356 | 54'337 |
| Unvorhergesehenes 10% | 38'036 | 5'434 |
| Zwischentotal 2 | 418'392 | 59'770 |
| Mehrwertsteuer 7.7% | 32'216 | 4'602 |
| Total inkl. Mehrwertsteuer | 450'608 | 64'373 |

6.2.3. Bauphasen

| Nr. | Bauphase |
|-----|---|
| 1 | Gleisabbau: Gleisjoch demontieren, Ausbau des Schotters, des PSS und des Fibradurs, Demontage des Kabelkanals. |
| 2 | Demontage der Stahlprofilträger und Ausbau der Betonsohle für die Stahlprofilträger |
| 3 | Bohrung der Anker |
| 4 | Entwässerungsleitungen demontieren |
| 5 | Aushub des Terrains |
| 6 | Erste und zweite Etappe der neue Betonplatte: Sylomer - Schalung - Ortsbeton |
| 7 | Aufschüttung inkl. einbauen der Entwässerungsleitung und der Kanalisation für die Fahrbahn |
| 8 | Gleisbau im Bereich der Betonplatte : Einbau der Kabelkanal, Einbau der festen Fahrbahn (LVT-Standard-Stützpunkt und Schiene) |
| 9 | Einbau der Gleiselemente ausserhalb der Betonplatte: Vorschotterung, Einbau der Kabelkanal, Einbau des Gleisjochs, Gleisanhebung inkl. Unterstopfung. |
| 10 | Abschlussarbeiten: Montage des Geländers |

6.2.4. Bauprogramm

Die vorgesehene Gesamtbauzeit beträgt 22 Tage pro Bachdurchlass.

| | | 2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|------------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|--|--|
| | | 3. Quartal | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Juli | | | | | August | | | | | September | | | | | |
| Aufgabe | Zeit [T] | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | | |
| Vorbereitungsarbeit - <i>Rohdung, Installationsfläche, Baupiste, Zaune, Container</i> | 5 | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schiene, Schwelle - <i>Abbau</i> | 1 | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Schotter und Fibradur - <i>Ausbau</i> | 1 | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Stahlprofilträger und Betonsohle - <i>Abbau</i> | 1 | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Ankern - <i>Bohrung</i> | 2 | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| Entwässerung - <i>Abbruch</i> | 1 | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Terrain - <i>Aushub</i> | 1 | | | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| Betonplatte - <i>ink. Kanalisation, Schalung, Bewehrung und betonieren</i> | 5 | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Hinterfüllung | 1 | | | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| Gleisbau | 1 | | | | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Schlussarbeiten auf dem Beton - <i>Geländer, Hydrophobierung</i> | 4 | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| Allgemeine Rückarbeiten | 2 | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |

6.3. Weitere Varianten, die verworfen wurden

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

- die Stirnwände könnten immer weiter auseinandergehen wegen die Rissen in dem Gewölbe
- eine Verbreiterung des Objekts ist notwendig um das Bahnlichtraumprofil EBV 2 einzuhalten.

Ein Gesamtersatz des Bachdurchlasses kommt wegen Hochkosten und höheren Bauzeiten nicht in Frage.

Varianten mit einer schlanken Betonplatte aus UHFB und Schotter (30 cm) wurden untersucht. Da der Abstand zwischen OK-Schiene und Gewölbescheitel sehr gering ist, gibt es nicht genug Platz für eine UHFB-Platte und Schotter. Aus diesem Grund ist diese Variante verworfen worden.

6.4. Evaluation Bestvariante / technische Bestvariante

Nicht relevant, nur eine Variante ausgewählt.

7. Termine

7.1. Dringlichkeit der Massnahmen

Die Dringlichkeit der Massnahmen aus der Sicht Tragkonstruktion ist im Wesentlichen durch den baulichen Zustand dem Bachdurchlass gegeben. Wir empfehlen die Realisierung der Massnahmen innerhalb der nächsten 5 Jahre.

Die Realisierung der Massnahmen ist mit den Instandsetzungsarbeiten von den Stützmauern Carbura und Fachwerkbrücke Sihlwald 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 - Fotos Ist - Zustand

Die folgende photographische Dokumentation erfolgte durch Mattec Materialtechnik am Bau AG, Bericht Nr 19097/3 vom 11.07.2019.

Plan 1 (Aufnahme der Stirnwand)



Anhang 2 - Pläne

Pläne

| Plan Nr. | Titel | Datum |
|----------------------|--------------------------------|----------|
| HEB_GWZ_31_00_0001_0 | Übersichtspläne - Bestandsplan | 28.08.19 |
| HEB_GWZ_31_00_0002_0 | Übersichtspläne - Bauwerksplan | 28.08.19 |