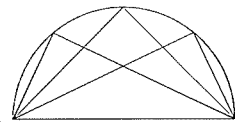
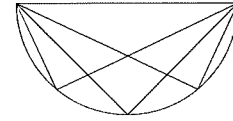


Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau
Bauwerkserhaltung - Materialtechnologie



Flückiger + Bosshard AG

DIPL. ING. ETH/SIA/USIC



8045	Zürich	Räffelstrasse 32	043 960 81 20	
8820	Wädenswil	Seestrasse 203	043 960 81 90	
8810	Horgen	Oberdorfstrasse 17	043 960 81 40	www.fbag.ch
7000	Chur	Theaterweg 1	081 254 11 90	info@fbag.ch

17058.3.1	Sihltal Zürich Uetliberg – Bahn, SZU
	Abteilung Bau
	Linie S4, km 13.460 – km 16.385

Zusätzliche Aufnahmen an den Objekten

STM Fachwerkbrücke Sihlwald, STM Kramperhütte und STM Carbura

Inhalt

1	Einleitung	3
1.1	Ausgangslage.....	3
1.2	Objektinformationen.....	4
1.4	Auslösung zusätzlicher Untersuchungen	5
1.5	Anordnung zusätzlichen Untersuchungen	5
1.6	Grundlagen	6
2	Ergebnis zusätzliche Aufnahmen	6
2.1	Stützmauer Kramperhütte	6
2.2	Stützmauer Carbura.....	7
2.3	Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald	7
3	Beurteilung Tragsicherheit.....	8
4	Zusammenfassung / Empfehlung	8
5	Unterschriften	9

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Im Jahr 2015 wurden anhand einer Begehung schadhafte Objekte für eine erste Stufe der Hauptinspektionen Stützmauern und Bachdurchlässe festgelegt, um allfällige Kosten für die FABI-Periode 2017-2020 ermitteln zu können. Visuell weniger schadhafte Objekte, bei denen davon ausgegangen werden konnte, dass keine Kosten in der FABI-Periode anfallen werden, wurden im Jahr 2016 inspiziert. Im Zuge der HI 2015 wurden u.a. die unten aufgeführten Objekte inspiziert.

Objektbezeichnung	Beschreibung	Zustandsnote
S4-13.460-STM	Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald	4
S4-14.157-STM	Stützmauer Kramperhütte	4
S4-16.095-STM	Stützmauer Carbura	3, lokal 4

Die Stützmauer Fachwerkbrücke konnte aufgrund des Bewuchses teilweise nicht eingesehen werden. Mittlerweile wurde dieser durch die SZU entfernt.

Die Bachdurchlässe in den Stützmauern Kramperhütte und Carbura wurden 2015 ebenfalls inspiziert. Anhand der durchgeführten Inspektionen, Bohrkernaufnahmen und teilweise durchgeführten statischen Nachweisen in einzelnen Schnitten wurden Massnahmen für die kritischen Objekte definiert und die Projektierungs- und Baukosten abgeschätzt.

1.2 Objektinformationen



Foto 1 Übersicht STM Kramperhütte

- Länge: $L=390$ m
- maximale freie Höhe (OK Mauerkrone-OK Terrain) : $H_{\max} \approx 2.80$ m
- 2 Bachdurchlässe :
 - DU Eichbach (km 14.290)
 - DU Habersaatenhaubach (km 14.505)
- Ufersicherung mit 45° Neigung (ca. 250 m) sowie STM mit Neigung ca. 5:1 bestehend aus Naturstein (ca. 130 m) resp. Beton (ca. 10m)
- Keine Absturzsicherung
- FL-Masten hangseits, ab km 14.2 in Richtung Sihlwald sihleitig



Foto 2 Übersicht STM Carbura

- Länge: $L=290$ m
- freie Höhe: $H \approx 4.00$ m
- 1 Bachdurchlass
 - DU Oberer Hebisenbach (km 16.2)
- 270 m konstante Neigung von ca. 5:1, 20 m Neigung von 1:1
- Keine Absturzsicherung
- FL-Masten sihlseitig auf in der Stützmauer rückverankerten Konsolen abgestellt



Foto 3 Übersicht STM Fachwerkbrücke Sihlwald

- Länge: $L=100$ m (50 m oberhalb resp. unterhalb FB-Brücke)
- maximale freie Höhe: $H_{\max} \approx 3.20$ m
- STM unterhalb FB-Brücke (Richtung Bahnhof Sihlwald) in schlechtem Zustand
- Neophytenkontaminierung im Sihlufer
- Keine Absturzsicherung
- FL-Masten sihlseitig

1.4 Auslösung zusätzlicher Untersuchungen

Die rund 125 Jahre alte STM Kramperhütte sollte im Jahr 2018 instandgesetzt werden. Vorgesehen waren die folgenden Massnahmen:

- Teilweiser Steinersatz Natursteinmauerwerk
- Fugeninstandsetzung sihlseitig
- Aufbetonieren eines Randbalkens inkl. Verdübelung
- Hydrophobierung

Im Zuge der Projektierung ist bei der STM Kramperhütte ein ca. 2 m² grosses Stück Wand herausgebrochen, das zwischenzeitlich wieder geflickt wurde. Die Wandstärke beim Ausbruch beträgt lediglich 40 cm (vgl. Foto 4, Wandstärke ausgebrochener Teil) während die Bohrkerne von 2015 Bauteilabmessungen von über einem Meter ergaben. Der aktuelle Projektstand sah vor, in den hohen Bereichen der Wand eine quertragende Verstärkung aus Stahlbeton zu realisieren, die lediglich zentrische Lasten in die bestehende STM einleitet. Aufgrund des unerwartet schlechten Zustands der STM wurde am 17.11.2017 in einer Sitzung SZU/F+B entschieden, zusätzliche Aufnahmen durchzuführen, um das Kosten- und Terminrisiko während der Ausführung auf ein Minimum zu beschränken. Darüber hinaus wurde entschieden, dass nach Abschluss der zusätzlichen Aufnahmen ein Variantenstudium erforderlich wird, um die Bestvariante zu eruieren.



Foto 4 Wandstärke beim Ausbruch 40 cm

1.5 Anordnung zusätzlichen Untersuchungen

Mit dem Hintergrund des schlechten Zustands der STM Kramperhütte wurde der Zustand der STM Fachwerkbrücke Sihlwald und der STM Carbura, die ungefähr im gleichen Jahr erbaut wurden, nochmals hinterfragt und ebenfalls zusätzliche Untersuchungen angeordnet. Die vorgesehenen Untersuchungen umfassten die folgenden Punkte:

- Baggerschlitz im Gleisbereich
- Rammsondierungen im Gleisbereich sowie im Uferbereich der Sihl
- Bohrkernentnahme zur Verifizierung der Bauteilstärken über die gesamten Objektlängen
- Lokales Freilegen des Fundaments im Uferbereich der Sihl bei der STM Kramperhütte (3 Stellen) sowie STM Carbura (2 Stellen)
- Zusätzliche Massaufnahmen
- Beurteilung des Zustands neu einsehbarer Teil der STM FW-Brücke Sihlwald

1.6 Grundlagen

- Hauptinspektionen 2015/2016, SZU/F+B
- AB EBV (Ausführungsbestimmungen Eisenbahnverordnung), Version 2014
- SIA 269 ff, 2011, Erhaltungsnormen
- SIA 260 ff, 2013 resp. 2014, Neubaunormen
- Projekt STM Kramperhütte mit Bachdurchlässen inkl. Projektsitzungen mit SZU, Stand Nov. 2017, F+B
- Durchgeführte zusätzliche Aufnahmen Februar 2018
- Besprechung SZU/F+B, 01.03.2018

2 Ergebnis zusätzliche Aufnahmen

Die Ergebnisse der Zustandsuntersuchungen können der den Plänen Nr.17058.3.2-4 entnommen werden.

Die Ergebnisse aus den Baugrunduntersuchungen sind noch ausstehend und werden für die weitere Projektierung berücksichtigt.

2.1 Stützmauer Kramperhütte

Die vier Baggerschlitze im hohen Bereich der STM (Mast 38 - Mast 44, vgl. Plan Nr. 17058.3.2) zeigten Ausbrüche der baugrundseitigen Steinreihe bis zu einer Tiefe von bis zu 1.0 m ab Mauerkrone aufgrund von fehlendem Fugenmaterial (vgl. Foto 5). Nach 75 cm-1.0 m folgt ein Absatz, bis zu welchem die Baggerschlitze ausgeführt werden konnten. Die vorgesehenen tieferen Sondagen konnten aufgrund der fehlenden Standsicherheit der STM im oberen Bereich nicht durchgeführt werden. Aufgrund des sihlseitigen Erscheinungsbildes kann im gesamten STM-Bereich nicht auf einen derart schlechten Zustand der erdberührten Flächen im oberen Bereich geschlossen werden.

Der Baggerschlitz bei Mast 27 zeigte einen baugrundseitig guten Zustand der STM mit gut erhaltenen Natursteinen (vgl. Foto 6). Baugrundseitig konnte jedoch kein Fundament erkannt werden.

Das lokale Freilegen an drei Stellen im Uferbereich der Sihl, zeigt ein Stampfbetonfundament mit Überdeckungshöhen (OK Terrain – OK Fundament) von 50 cm-70 cm. Aufgrund der Standsicherheit wurden die Fundamente nicht gesamthaft bis zur Unterkante freigelegt. Die minimale Fundamenthöhe beträgt 50 cm.

Die Bohrkerne durch den Scheitel der beiden Bachdurchlässe DU Eichbach und DU Habersaatenhaubach im Gleisbereich, zeigten Steinhöhen von 50 cm resp. 45 cm. Diese Erkenntnis wird für die Beurteilung der Tragfähigkeit der beiden Bachdurchlässe ergänzt. Bisher wurde beim Habersaatenhaubach von einer Gesamthöhe im Scheitelbereich von 50 cm ausgegangen.

Die im Plan Nr. 17058.3.2 dargestellten Querschnitte ergeben sich aus den Erkenntnissen der zusätzlichen Aufnahmen. Die Bauteilstärken der STM reichen von 85 cm-1.60 m im Fussbereich sowie zwischen 75 cm-1.10 m im Mauerkronenbereich.



Foto 5 Baggerschlitze zwischen Mast 39/40 (BS 39)



Foto 6 Baggerschlitze bei Mast 27 (BS 27)

2.2 Stützmauer Carbura

Die Stützmauer Carbura ist in einem besseren Zustand als die Stützmauer Kramperhütte. Der Absatz erfolgt direkt nach der obersten, intakten Steinreihe. Ausbrüche wie an der STM Kramperhütte wurden nicht vorgefunden (vgl. Foto 7 resp. Foto 8). Die Bauteilstärken der STM reichen von 1.0 -2.0 m im Fussbereich sowie zwischen 55 cm- 1.65 m im Mauerkronenbereich (vgl. Plan Nr. 17058.3.3).



Foto 7 Baggerschlitze zwischen Mast 98/99 (BS 98)



Foto 8 Baggerschlitze zwischen Mast 101/102 (BS 102)

2.3 Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald

Foto 9/10 zeigt den Wandteil, der bisher aufgrund des vorhandenen Bewuchses nicht einsehbar war. Die Fugenmörtel sind grösstenteils aufgelöst und die Wand durch Wurzeln zerstört (vgl. Foto 10).

Die Baggersondagen wurden aufgrund der Neophyten-Problematik lediglich der Mauerkronenbereich an jeweils einer Stelle oberhalb (Seite Sihlbrugg) sowie unterhalb (Seite BHF Sihlwald) der Brücke durchgeführt. Der Zustand der STM baugrundseitig kann anhand dieser zwei Baggerschlitze als gut beurteilt werden (vgl. Foto 11/12). Die Bauteilstärke im statisch kritischen Bereich zwischen Mast 23 und Mast 24 (Seite Sihlwald) wurde mit einer Bohrkernentnahme zu 1.30 m im Fussbereich resp. 1.45 m im Mauerkronenbereich, bestimmt. Der Abstand der Aussenkante Schiene zur Stützmauer beträgt 1.85 m auf der Seite Sihlwald und ca. 2.0 m auf der Seite Sihlbrugg (vgl. Plan Nr. 17058.3.4). Dieser relativ grosse Abstand zum Gleis wirkt sich günstig auf den Nachweis der Tragsicherheit aus und dieser Bereich kann somit als statisch unkritisch bezeichnet werden.



Foto 9 Wandteil Seite Sihlbrugg mit ehemalig starkem Bewuchs



Foto 10 Detail zu Foto 9



Foto 11 Baggerschlitz Seite BHF Sihlwald (BS1)

40 cm



Foto 12 Baggerschlitz Seite Sihlbrugg (BS 2)

3 Beurteilung Tragsicherheit

Die zusätzlichen Aufnahmen haben keinen Einfluss auf die Beurteilung der Tragsicherheit der STM Fachwerkbrücke Sihlwald und der STM Carbura.

Die aufgenommen lokalen Schwachstellen im oberen Meter der STM Kramperhütte haben keinen Einfluss auf die globale Standsicherheit der Stützmauer. Dieser Bereich ist in der Funktion als reine Schotterhalterung statisch unproblematisch, da dieser Wandteil nicht zum Abtrag der Bahnlasten erforderlich ist. Mit der nach SIA 269/1 anzusetzenden Schlingerkraft in Höhe von 80 kN auf Höhe SOK quer zum Gleis wird der Wandteil jedoch erheblich auf Biegung beansprucht. Die Nachweise können für die Einwirkung nicht erbracht werden. Analog dazu können die Nachweise im Falle einer Entgleisung nicht erbracht werden.

4 Zusammenfassung / Empfehlung

Die durchgeführten zusätzlichen Aufnahmen bestätigen die Annahmen bei der STM Carbura und STM Fachwerkbrücke Sihlwald. In diesen Bereichen ergibt sich für die heutige Nutzung aktuell keine Einschränkung. Weitere Detailabklärungen und Standsicherheitsnachweise werden im Zuge der jeweiligen Projekte durchgeführt.

Die Aufnahmen an der STM Kramperhütte zeigen auf, dass es sich bei dem ausgebrochenen Wandstück um eine lokale Schwächung der Wand handelt und die globale Standsicherheit unter Normalbetrieb nicht gefährdet ist.

Die normativ anzusetzende Schlingerkraft resp. der Lastfall Entgleisen können mit dem geschädigten oberen Wandteil nicht abgetragen werden. Die Wand weist bisher keine Auffälligkeiten, wie Ausbauchungen etc. auf. Darüber hinaus befindet sich die Stützmauer auf der günstig liegenden Kurveninnenseite, was bei rollendem Bahnbetrieb zu einer Entlastung der Wand führt.

Eine Sperrung der Strecke erachten wir aktuell als nicht erforderlich. Die Einrichtung einer Langsamfahrstelle wurde in Betracht gezogen, jedoch in Absprache mit der SZU-Abteilung Bau aufgrund der im Folgenden aufgeführten Punkte nicht weiterverfolgt. Allgemein ist anzumerken, dass die Entgleisung sehr viel kritischer zu beurteilen ist.

- Eine Reduktion der Geschwindigkeit hat keine Änderung der nach Norm zu berücksichtigenden Schlingerkraft zur Folge. Die Belastung der innenliegenden Schiene und folglich für die STM erhöht sich bei langsamen Überfahrten, da die günstig wirkenden Zentrifugalkräfte abnehmen.
- Die Eintretenswahrscheinlichkeit eines schadenerzeugenden Ereignisses ist minimal. Es sind keine Weichen im Einflussperimeter, das Risiko einer Entgleisung ist ohnehin schon sehr gering. Hinzu kommt, dass die Strecke panmässig kaum befahren wird. Darüber hinaus liegt die Wand auf der günstigeren Kurveninnenseite.
- Grosse Überhöhungen bei kleinen Kurvenradien und langsamer Überfahrtsgeschwindigkeit erhöhen das Entgleisungsrisiko (vgl. AB-EBV Art. 17, Blatt 4N).
- Das Auftreten der Schlingerkraft in der Grössenordnung der Normwerte ist unwahrscheinlich und selbst wenn sie auftritt, kann die Tragsicherheit des Bauwerks durch Umlagerungen nachgewiesen werden. Die Schlingerkraft würde aber lokal zu Schäden im oberen Bereich der Wand führen.
- Das Bauwerk hat sich über 125 Jahre Nutzungszeitraum bewährt und weist keine Verformungen auf, die auf Überbeanspruchungen zurückzuführen sind.

Es wird dringend empfohlen, den Bauwerkszustand jeden Monat zu prüfen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Bei auffälligen Verformungen des Bauwerks muss die Situation neu beurteilt werden.

5 Unterschriften

Zürich, 05.03.2018

Flückiger + Bosshard AG


Pirmin Steck

Flückiger + Bosshard AG


Anick Imhof