
| | |
|---------------|--------------------------------------|
| Datum | 15. August 2018 |
| Dokument Nr. | 5412.100-01 |
| Erstellt von: | André Meng, LUS, Basler & Hofmann AG |
| Verteiler | Thomas Gutmann, Müller Ingenieure AG |

Basler & Hofmann AG
Ingenieure, Planer und
Berater

—
Bachweg 1
Postfach
CH-8133 Esslingen
T +41 44 387 15 22
F +41 44 387 15 00

—
www.baslerhofmann.ch

Entlastungsbauwerk Glatt, Bahnhofstrasse Niederglatt, Hydraulische Prüfung und Optimierung

1. Ausgangslage

Das Büro Müller Ingenieure AG plant für die Gemeinde Niederglatt bei der Bahnhofstrasse ein Entlastungsbauwerk von der Kanalisation in die Glatt.

Der Entlastungsabfluss beträgt bis zu 3 m³/s. Aufgrund des Gefälles im Entlastungskanal werden Fliessgeschwindigkeiten bis 7 m/s erreicht. Das Einleitbauwerk in die Glatt muss entsprechend so gestaltet werden, dass die Energie umgewandelt wird. Ein Entwurf des Einlaufbauwerks wurde durch das Büro Müller Ingenieure AG skizziert und mit dem AWEL (Matthias Oplatka) vorbesprochen.

Das Projekt soll zeitnah von der Gemeinde genehmigt werden, um das Projekt im Dezember 2018 der Gemeindeversammlung zur Kreditbewilligung vorzulegen. Dafür müssen die Kosten für das Entlastungsbauwerk quantifiziert werden. Der bestehende Entwurf wird in der vorliegenden Aktennotiz qualitativ beurteilt und bezüglich kostenrelevanten Optimierungen (Konzeptoptimierungen) überprüft. Detailoptimierungen können anschliessend in einer zweiten Phase bis zur Baufreigabe (vorgesehen Mitte 2019) vorgenommen werden.

2. Grundlagen

- [1] E-Mail "WG: Entlastungsbauwerk Glatt, Bahnhofstrasse Niederglatt", Thomas Gutmann, Müller Ingenieure AG, 16.07.2018
- [2] Entlastungsleitung Bahnhofstrasse, Bewilligungsprojekt, Situation 1:500, Müller Ingenieure AG, 21.12.2017
- [3] Entlastungsleitung Bahnhofstrasse, Bewilligungsprojekt, Hydraulisches Schema, Müller Ingenieure AG, 21.12.2017
- [4] Entlastungsleitung Bahnhofstrasse, Bauprojekt, Situation 1:200, Teile 1 und 2, Müller Ingenieure AG, 04.04.2018
- [5] Entlastungsleitung Bahnhofstrasse, Bauprojekt, Grundriss und Schnitte 1:20, Müller Ingenieure AG, Stand 17.07.2018
- [6] Wastewater Hydraulics, Theory and Practice, Willi H. Hager, 1999
- [7] Open-Channel Hydraulics, Ven Te Chow, 1959
- [8] Wasserbau, Vorlesungsskript ETH Zürich, Robert Boes, 2009
- [9] Arbeitsblatt DWA-A 110, Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. DWA, August 2006 sowie zugehörige Software Hydraulik-Expert 2.0

3. Projektbeschreibung / Randbedingungen

Abbildung 1 vermittelt einen Überblick über den Entlastungskanal zwischen dem Regenüberlauf HWE B98 in der Bahnhofstrasse Niederglatt und der Einmündung in die Glatt. Der Entlastungskanal wird im Kreisprofil mit Durchmesser DN 1200 mm vorgesehen. Zwischen HWE B98 und KS R409 beträgt das Gefälle des Entlastungskanals 1.2 %. Anschliessend nimmt das Gefälle bis zum KS R407 auf 3.95 % zu. Kurz vor dem KS 4R07 wird der bestehende Verbandskanal überquert. Diese Überquerung definiert als Randbedingung die Einlaufkote in den KS R407. Anschliessend wird auf ca. 10 m Länge die Höhendifferenz zur Glatt mit einem Gefälle von rund 25 % überwunden.



Abbildung 1
Übersicht Entlastungskanal des Regenüberlaufs HWE B98 in die Glatt

Im KS R407 erfolgt ein Profilwechsel vom Kreis- zum Rechteckprofil. Zudem ist vorgesehen, die Breite des Rechteckprofils kontinuierlich von 1.2 m auf 1.65 m aufzuweiten und bei der Einmündung Massnahmen zur Energieumwandlung vorzusehen. Die Einmündung in die Glatt erfolgt in der Aussenkurve, etwa in Fliessrichtung der Glatt nach der Kurve. Der Entlastungsabfluss von bis zu 3.09 m³/s muss folglich nicht mehr umgelenkt werden.

4. Hydraulische Prüfung

Bereits oberhalb des KS R407 ergeben sich im Entlastungskanal hohe Fließgeschwindigkeiten und Energiehöhen. In der nachfolgenden Steilstrecke erfolgt nochmals eine Beschleunigung des Abflusses. Die entsprechenden Angaben zur Hydraulik können der Tabelle 1 entnommen werden. Da die Energieverluste für den Profilwechsel und die seitliche Aufweitung nur schwer beziffert werden können, werden für den Abschnitt KS R407 – Glatt die Parameter für zwei Annahmen zu den Energieverlusten angegeben.

| Kanalabschnitt | Abfluss Q | Abflusstiefe h | Fließgeschwindigkeit v | Energiehöhe $h + v^2/2g$ | Froud-Zahl Fr |
|--|---------------------|----------------|------------------------|--------------------------|---------------|
| | (m ³ /s) | (m) | (m/s) | (m) | (-) |
| KS R408 – KS R407 | 3.09 | 0.50 | 7.0 | 3.00 | 3.6 |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 0.3 m) | 3.09 | 0.19 | 10.0 | 5.29 | 7.4 |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 1.5 m) | 3.09 | 0.22 | 8.7 | 4.08 | 6.0 |
| KS R408 – KS R407 | 2.00 | 0.40 | 6.2 | 2.36 | 3.7 |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 0.3 m) | 2.00 | 0.13 | 9.4 | 4.63 | 8.4 |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 1.5 m) | 2.00 | 0.15 | 8.1 | 3.45 | 6.6 |

Tabelle 1

Hydraulik Entlastungskanal bei einem Abfluss von 3.09 m³/s (Dimensionierungsabfluss) und bei einem kleineren Entlastungsabfluss von 2.00 m³/s

Mit Berechnung der Steilstrecke gemäss [9] inkl. Berücksichtigung des Lufteintrags ergeben sich die Bedingungen in Tabelle 2. Der Lufteintrag in der Steilstrecke ist relativ gering. Die errechneten Abflusstiefen liegen innerhalb der in Tabelle 1 angegebenen Bandbreite.

| Abfluss | Abflusstiefe ohne Luft | Boussinesq-Zahl | Luftanteil | Abflusstiefe mit Luft |
|------------------------|------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| | (m) | (-) | (m ³ /s) | (m) |
| 3.09 m ³ /s | 0.206 | 7.2 | 0.08 | 0.211 |
| 2.00 m ³ /s | 0.146 | 7.5 | 0.07 | 0.152 |

Tabelle 2

Berechnung Steilstrecke mit Berücksichtigung Lufteintrag

Die Energielinie liegt beim Dimensionierungsabfluss von 3.09 m³/s ca. 1 m über dem Deckel des KS R407. Ein Wechselsprung im Kanal, welcher viel Platz beansprucht und zum Zuschlagen des Kanals führen würde, soll deshalb möglichst verhindert werden. Die Entlastung soll so ausgebildet werden, dass der Wechselsprung gerade ausserhalb des Kanals stattfindet. Die hydraulischen Angaben im Kanalabschnitt KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m) bilden deshalb die hydraulischen Verhältnisse im Zulauf zum Wechselsprung ab.

Die Wassertiefe nach dem Wechselsprung wird mit folgender Formel berechnet [6]:

$$h_2 = h_1 \times \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{(1 + 8 \times Fr_1^2)} - 1 \right)$$

Im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung werden in Tabelle 3 die hydraulischen Verhältnisse im Zulauf zum Wechselsprung variiert.

| Szenario | Abfluss Q | Abflusstiefe h_1 im Zulauf | Froud-Zahl Fr_1 im Zulauf | Wassertiefe h_2 nach dem Wechsel- sprung |
|--|-------------|---------------------------------|--------------------------------|---|
| | (m^3/s) | (m) | (-) | (m) |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 0.3 m) | 3.09 | 0.19 | 7.4 | 1.9 |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 1.5 m) | 3.09 | 0.22 | 6.0 | 1.8 |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 0.3 m) | 2.00 | 0.13 | 8.4 | 1.5 |
| KS R407 – Glatt (bei Breite von 1.65 m und Energieverlust bei Profilwechsel / Aufweitung von ca. 1.5 m) | 2.00 | 0.15 | 6.6 | 1.3 |

Tabelle 3

Berechnung Wassertiefe h_2 nach dem Wechselsprung

Das Einleitbauwerk in die Glatt wird bereits bei Mittelwasser in die Glatt leicht eingestaut (Längenprofil im Anhang). Während einem Entlastungsereignis wird das Glatt-Wasser jedoch aus dem Kanal in die Glatt verdrängt. Im Kanal besteht Freispiegelabfluss, die Energieumwandlung erfolgt beim Einlauf in die Glatt.

Der Wasserspiegel bei einem HQ1 der Glatt liegt ca. 2.3 m über der Sohlenkote des Einlaufs und damit über den berechneten Wasserspiegellagen nach dem Wechselsprung (Tabelle 3). Bei diesem Wasserspiegel oder bei noch grösseren Hochwasserereignissen in der Glatt wird deshalb der Entlastungskanal unter Druck geraten. Die Energieumwandlung findet bei diesen seltenen Ereignissen (Kombination HQ1 oder grösser in der Glatt mit Entlastungsereignis im Kanalnetz von Niederglatt) im Entlastungskanal statt. Bei geringeren Abflüssen im Entlastungskanal reicht bereits ein tieferer Wasserspiegel in der Glatt aus, damit der Entlastungskanal unter Druck gerät. Im Kapitel 5 werden Massnahmen empfohlen, um auch diesen Fall zu bewältigen.

Umgekehrt ist bei grossen Abflüssen im Entlastungskanal während niedrigen Wasserständen in der Glatt die Sicherstellung des Wechselsprungs direkt bei der Einleitstelle schwierig. Es kann in diesen Fällen nicht ausgeschlossen werden, dass die Energieumwandlung in der Flussmitte der Glatt erfolgt. Infolge der Einleitung in der Aussenkurve sind davon jedoch keine Uferbereiche betroffen. Es wird zusätzlich eine Kolkssicherung mittel Blocksteinen vorgesehen.

5. Optimierungen

Die Optimierungen der Entlastung in die Glatt können in folgende vier Punkte unterteilt werden:

- _ Reduktion Wahrscheinlichkeit eines Wechselsprungs innerhalb des Entlastungskanals
- _ Sicherstellung Wechselsprung / Energieumwandlung direkt bei der Einmündung in die Glatt
- _ Bewältigung des Zuschlagens des Entlastungskanals bei seltenen Ereignissen (Kombination von hohem Wasserstand der Glatt und Entlastungsereignis)
- _ Verbesserung ökologische Struktur in der Glatt

Die Optimierungsmassnahmen können auch den Skizzen im Angang entnommen werden.

Reduktion Wahrscheinlichkeit eines Wechselsprungs innerhalb des Entlastungskanals

Zur Reduktion der Wahrscheinlichkeit eines Wechselsprungs innerhalb des Entlastungskanals werden folgende Massnahmen vorgeschlagen:

- _ Bereich der Einmündung mit flachem Gefälle, wo der Wechselsprung stattfinden soll, nach oben offen ausbilden (kein Kanaldeckel in diesem Bereich).
- _ Erhöhung der minimalen Höhe im Entlastungskanal auf 0.8 m. Damit wird bei Mittelwasserspiegel in der Glatt der Kanalscheitel gerade noch erreicht, der Entlastungskanal aber nur noch wenig eingestaut. Somit wird das Glattwasser bei Beginn des Entlastungsereignisses rascher aus der Kanalisation in die Glatt verdrängt.

Sicherstellung Wechselsprung / Energieumwandlung direkt bei der Einmündung in die Glatt

Die Massnahmen zur Sicherstellung des Wechselsprungs und damit der Energieumwandlung direkt bei der Einmündung in die Glatt orientieren sich an in der Literatur [6][7][8] vorgeschlagenen Tosbecken:

- _ Seitliche Aufweitung wie im Bauprojekt [5] vorgeschlagen.
- _ Gefällsknick zwischen Steilstrecke und "Tosbecken" anstelle der Ausrundung.
- _ Störkörper beim Gefällsknick (chute blocks) und nach einem Drittel der "Tosbeckenlänge" (baffle blocks). Die Höhe und die Breite der Störkörper sowie die Abstände zwischen den Störkörpern sollen etwa der Abflusstiefe im Zulauf entsprechen, d.h. 0.2 m betragen.
- _ Endschwelle mit einer Höhe von 0.15 m. Diese Endschwelle kann durch erhöhten Einbau einer Reihe Blocksteine umgesetzt werden. Die Blocksteine müssen mindestens bis zu dieser Endschwelle einbetoniert werden.

Bewältigung des Zuschlagens des Entlastungskanals bei seltenen Ereignissen

Damit bei einem Zuschlagen des Entlastungskanals (bei hohem Wasserstand in der Glatt während einem Entlastungsereignis) die Auswirkungen möglichst gering sind, werden folgende Massnahmen vorgeschlagen:

- _ Verschrauben des Deckels des Bauwerks KS R407 (die Energielinie liegt hier beim Dimensionierungsereignis ca. 1 m über der Deckelkote).
- _ Zusätzliche Belüftung an Stelle mit höherem Gelände zwischen Strasse und Bauwerk KS R407. Der Luftbedarf kann nach der Formel für Grundablässe von Wisner (1965) berechnet werden und beträgt ca. $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Wird eine maximale Luftgeschwindigkeit von 30 m/s angesetzt, ergibt sich ein Mindestdurchmesser der Belüftungsleitung von 0.2 m.

Verbesserung ökologische Struktur in der Glatt

Auch nach der Endschwelle soll die Sohle der Glatt vor zu tiefen Kolken geschützt werden, welche insbesondere bei Verlängerung des Wechselsprungs bei tiefen Wasserständen der Glatt während Entlastungsereignissen entstehen können.

Nach der Endschwelle können die Blocksteine tiefer eingebaut und mit Sohlenmaterial überschüttet werden. Damit wird ein Kolk zugelassen, jedoch auf eine maximale Tiefe begrenzt.

6. Anhang

Skizzen der Optimierungsmassnahmen am Entlastungsbauwerk Glatt, Niederglatt:

- _ Übersicht
- _ Situation 1:50
- _ Längenprofil 1:50

Entlastungsbauwerk Glatt, Niederglatt – Übersicht

Basler & Hofmann, AME, LUS
5412.100, 15.08.2018

Neubau KS R408
siehe Plan Nr. 99.04224/9

KS R408
Einstiegsschacht
NW 900/1100
D = 420.18
E = 414.07
A = 413.94
T ~ 6.24 m

Startgrube 2

PP-Nr. 890059
419.764 m ü. M.

Bauverfahren: Microtunneling ca. 35.47 m
Stahlbeton-Vortriebsrohr Di = 1200, Da = 1490

SB 1490/1200 - 40 24m - J=3.95%
Q_{GEP} = 3'09 l/s, Q_{voll} = 8'023 l/s

Bauverfahren: offener Graben
Betonrohr

350.00 m

IWE B
an Nr. 99.04224/10
Höhe erhöhen auf 418.10
Anfangsmenge 140 l/s
Endmenge 170 l/s

Belüftung

Zielgrube 2

S = 409.75 S = 409.74

best. Blocksteine
abbrechen

best. Blocksteine
(Geschiebefang)

Siehe Detailpläne

KS R407
D = 414.32
E = 412.35
A = 411.90
T ~ 2.42m

Neubau KS R407
siehe Plan Nr. 99.04224/11

Strahlaufreisser

Blocksteinteppich

best. Blocksteine
abbrechen

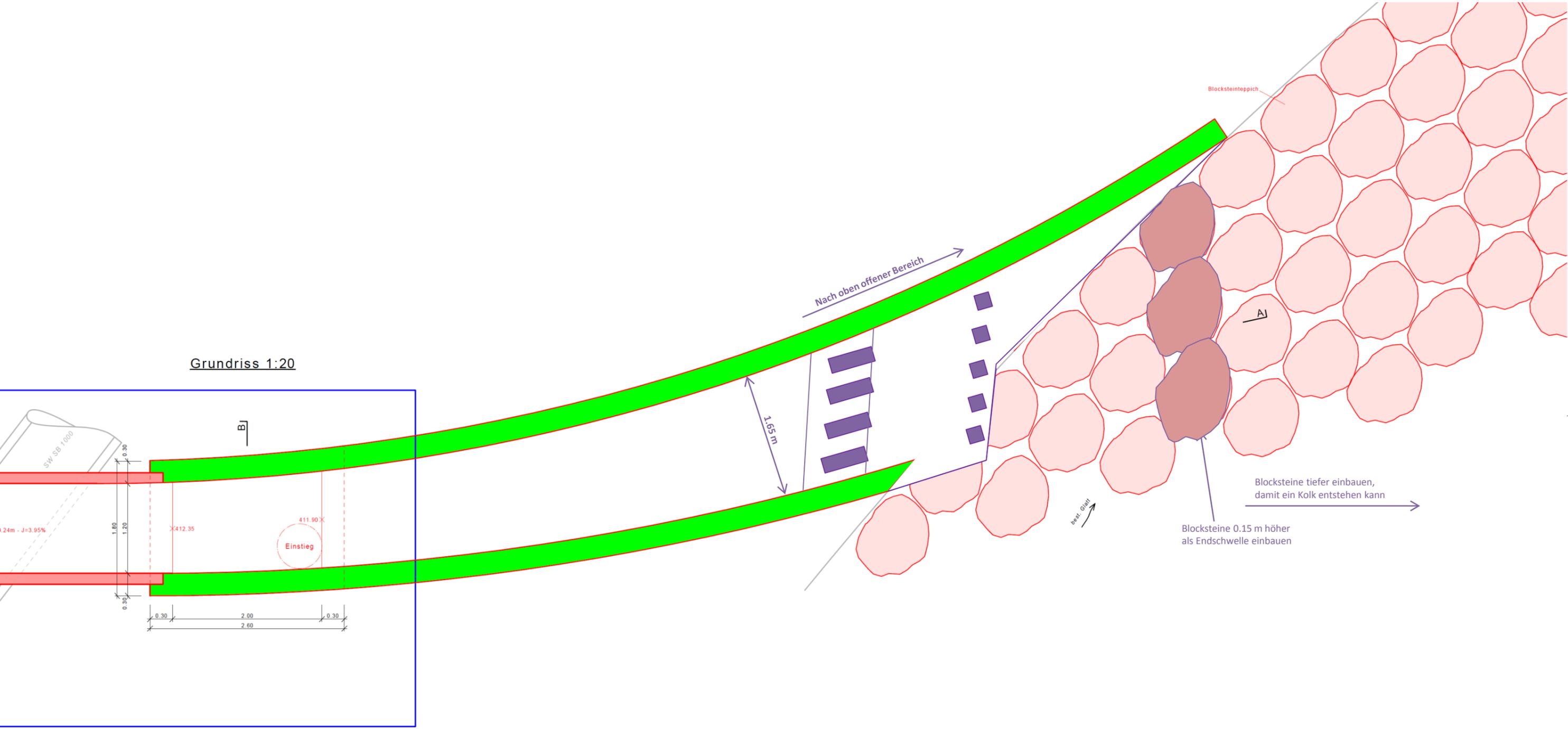
Glatt
601
Kanton Zürich

PP-Nr. 890311
414.193 m ü. M.

Deckel verschrauben:
_ Energielinie über Terrain
_ Verschiebung des Wechselsprungs in den Kanal und damit Zuschlagen des Kanals kann je nach Kombination Entlastungsabfluss und Wasserstand der Glatt nicht ausgeschlossen werden

Entlastungsbauwerk Glatt, Niederglatt – Situation 1:50

Basler & Hofmann, AME, LUS
5412.100, 15.08.2018



Entlastungsbauwerk Glatt, Niederglatt – Längensprofil 1:50

Basler & Hofmann, AME, LUS
5412.100, 15.08.2018

