

Linie Nr.: **890**
Bezeichnung: **Sargans Ost - Ziegelbrücke**
km: **0.900 - 32.900**

12.802.07

Kanton(e): **St. Gallen, Glarus**
Gemeinde(n): **Mels, Flums, Glarus Nord**

Projekt: **STW-Ersatz Mels, Flums, Weesen**
ISP-Nr.: **1160417**

Phase: **Auflageprojekt**

Autoren: Bauherrenvertretung SBB
Abteilung/OE: I-AEP-PJM-ROT-T6
Name: Andreas Ziegler

Projektverfasser
Firma: Jäckli Geologie AG
Name: Björn Bauhofer



Zürich, 28. Juli 2026

 **QES** Qualifizierte elektronische Signatur · Schweizer Recht
Signiert auf Skribble.com

Geotechnischer Bericht

BTG Flums

STW-Ersatz, Bahnhofsareal Flums / SG

Geologisch-geotechnischer Bericht



Winterthur, 16. Mai 2022
revidiert am 18. Mai 2022

Bauherrschaft: SBB AG, Infrastruktur Projekte Engineering, Vulkanplatz 11, 8048 Zürich
Bauingenieur: Grünenfelder + Keller AG, Pflanzschulstrasse 3, 8400 Winterthur

Objektnummer: 211204

INHALT

1	ALLGEMEINES	4
1.1	Einleitung und Auftrag	4
1.2	Projektunterlagen	4
1.3	Ältere Untersuchungen	4
1.4	Ausgeführte Arbeiten	4
1.5	Repräsentativität der Untersuchung	5
2	GEOLOGISCHE ÜBERSICHT	5
3	ANGETROFFENE UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE	6
3.1	Künstliche Auffüllungen	6
3.2	Oberflächenschichten	6
3.3	Bachschutt der Schils	6
4	WASSERVERHÄLTNISSE	7
5	BAUTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	9
5.1	Projekt	9
5.2	Baugrundwerte	9
5.3	Foundation	10
5.4	Aushub	13
5.5	Baugrubenabschluss	13
5.6	Bauwasserhaltung	14
5.7	Trockenhaltung und Dichtigkeit Untergeschosse	14
5.8	Weitere Empfehlungen und Hinweise	14
6	NATURGEFAHREN	15
7	METEORWASSERVERSICKERUNG	15

TABELLEN

Tabelle 1:	Sondierungen	5
Tabelle 2:	Baugrundwerte für ungestörte Verhältnisse	9

FIGUREN

Figur 1:	Ausschnitt 1:5'000 aus der Grundwasserkarte des Kantons St. Gallen (Quelle: www.geoportal.ch)	8
Figur 2:	Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende quadratische Bodenplattenbereiche und Einzelfundamente im Bachschutt der Schils (Bemessungsniveau)	11
Figur 3:	Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende streifenförmige Bodenplattenbereiche und Streifenfundamente im Bachschutt der Schils (Bemessungsniveau)	12

BEILAGEN

Beilage 1:	Situation 1:500, Lage der Sondierungen
Beilage 2:	Einzelprotokolle der Sondierungen Nr. 22-3 und 22-4, 1:100

1 ALLGEMEINES

1.1 Einleitung und Auftrag

In Flums / SG soll ein neues Stellwerkgebäude für die SBB errichtet werden. Die Baugrundverhältnisse waren mittels zwei Rammsondierungen und zwei Rammkernbohrungen abzuklären.

Im Hinblick auf die zeitnahe Erstellung des Bauprojektes hat die SBB AG, vertreten durch Frau Veronika Cejka, die Jäckli Geologie AG mit vorgezogenen Sondierungen und der Berichterstattung beauftragt. Grundlage für diesen Auftrag bildet die Offerte der Jäckli Geologie AG vom 24.8.2021.

1.2 Projektunterlagen

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes standen folgende Unterlagen der Grünenfelder + Keller AG (Stand Vorprojekt vom 16.3.2022) zur Verfügung:

- [1] Situation BTG, 1:100, Plan-Nr. 623
- [2] Querprofile und Schnitte BTG, 1:100, Plan-Nr. 627

1.3 Ältere Untersuchungen

In der Umgebung des Projektareals sind in der Vergangenheit bereits verschiedene geologische Abklärungen erfolgt. Es standen insbesondere die Resultate folgender Untersuchungen zur Verfügung:

- [3] Jäckli Geologie AG (18.12.2020): BZU 23 Ost, Umsetzung BehiG, Linie 890, Bahnhof Flums / SG, Geologisch-geotechnischer Bericht inkl. Teilbericht Umwelt

Die für das Bauvorhaben relevanten Ergebnisse der älteren Untersuchungen wurden in den vorliegenden Bericht integriert.

1.4 Ausgeführte Arbeiten

Zur Abklärung der Baugrundverhältnisse wurden folgende Feldarbeiten durchgeführt:

- 2 Rammsondierungen mit Bestimmung des dynamischen Rammwiderstandes, Rammgewicht 45 kg, Fallhöhe 20 cm, Spitzenquerschnitt 10 cm², Sondiertiefe je 8.0 m,
- 2 Rammkernbohrungen mit fortlaufender Entnahme und Bestimmung des Bohrgutes, Sondiertiefe je 5.0 m,
- Einmessen und Nivellieren der Sondierstellen.

In der nachfolgenden *Tabelle 1* sind die wichtigsten zahlenmässigen Angaben über die einzelnen Sondierungen zusammengestellt. Die Lage der Sondierungen ist aus dem Situationsplan ersichtlich (*Beilage 1*).

Tabelle 1: Sondierungen

Sondierung	Terrainhöhe	Sondierart, Piezometer- rohr	Sondiertiefe	Wasserspiegel		
				Tiefe	Kote	Datum
Nr.	m ü.M.	*)	m	m u.T.	m ü.M.	–
22-3	441.13	R	8.0	3.03	438.10	14.03.2022
		RKB	5.0			
22-4	441.21	R	8.0	>1.80	<439.41	15.03.2022
		RKB	5.0			

*) RKB = Rammkernbohrung
R = Rammsondierung

1.5 Repräsentativität der Untersuchung

Mit den durchgeführten geologisch-geotechnischen Untersuchungen wurden die Grundlagen für die weitere Projektierung im Sinne einer *Hauptuntersuchung* gemäss SIA 267, Ziff. 3.2.2.2 erarbeitet. Die beschriebenen Untergrund- und Wasserverhältnisse basieren auf einer Interpretation der punktuellen Sondierresultate. Es ist nicht auszuschliessen, dass die effektiv vorhandenen Verhältnisse zwischen den Sondierungen lokal geringfügig davon abweichen. Die bautechnischen Empfehlungen beziehen sich auf die vorliegenden Projektunterlagen (*Kapitel 1.2*). Bei relevanten Projektänderungen oder einem neuen Projekt ist eine Neubeurteilung erforderlich.

2 GEOLOGISCHE ÜBERSICHT

Das Projektareal liegt im Seeztal am Fuss des von Südwesten zuführenden Schilstals. An dieser Lage haben die Gletscher in den vergangenen Eiszeiten eine enge, aber tiefe Rinne in den Fels eingetieft. Beim letzteiszeitlichen Rückzug hinterliess der Gletscher höchstens eine geringmächtige Moräne über dem Fels. Die Rinne wurde mit Wasser gefüllt, wodurch nacheiszeitlich der heutige Walensee gegen Südosten bis nach Mels reichte. Die aus den Seitentälern zuführenden Flüsse und Bäche füllten diesen See bis zum heutigen Ufer bei Walenstadt. Dabei hat die Seez ihr Delta von Mels im Südosten sukzessive gegen Nordwesten verschoben und dabei zu einem Grossteil der Talfüllung beigetragen. Über den mehrheitlich feinkörnigen *Delta- und Seeablagerungen* hinterliess die Seez den verhältnismässig geringmächtigen *Seez-Schotter*.

Bei Flums hat die Schils von Südwesten ihren Bachschutt ursprünglich in den See und mit dessen sukzessiven Füllung zwischen die Sedimente der Seez geschüttet. Nach erfolgter Auflandung wurden die Delta- und Seeablagerungen sowie der *Seez-Schotter* kegelförmig vom *Bachschutt der Schils* überschüttet. Dieser Bachschuttkegel ist generell heterogen mit sandig-kiesigen Partien zusammengesetzt und kann an seiner peripheren Lage auch tonig-siltige Partien enthalten. Wegen des hohen Anteils an permischer Sedimentgesteinen («Verrucano») ist der Bachschutt auffällig dunkelrot gefärbt.

Den Abschluss der Lockergesteinsschichten bilden die nach Überschwemmungen oder der Bodenbildung entstandenen, feinkörnigen *Oberflächenschichten*. In der Ebene des Seetals werden regelmässig, oft kleinräumige, torfige *Verlandungssedimente* angetroffen. Im Zuge baulicher Tätigkeiten wurden die Oberflächenschichten und Verlandungssedimente vielerorts abgetragen und durch *künstliche Auffüllungen* ersetzt oder überschüttet.

3 ANGETROFFENE UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

3.1 Künstliche Auffüllungen

(in den Einzelprotokollen der Sondierungen in Beilage 2 rosa koloriert)

- Vorkommen: in beiden Sondierungen angetroffen
- Obergrenze: OK Terrain, entsprechend ca. Kote 441.1 resp. 441.2 m ü.M.
- Mächtigkeit: ca. 0.8 m
- Material: leicht bis mässig siltiger Sand und Kies
- Lagerung: locker
- Tragfähigkeit: klein
- Setzungsempfindlichkeit: gross
- Besonderheiten: künstliche Auffüllungen enthalten Fremdstoffe

3.2 Oberflächenschichten

(in den Einzelprotokollen der Sondierungen in Beilage 2 braun koloriert)

- Vorkommen: in beiden Sondierungen angetroffen
- Obergrenze: ca. 0.8 m u.T., entsprechend ca. Kote 440.3 resp. 440.4 m ü.M.
- Mächtigkeit: ca. 1.0 resp. 1.4 m
- Material: leicht bis mässig siltiger Sand, vereinzelt Kies
- Lagerung: sehr locker bis locker
- Tragfähigkeit: klein
- Setzungsempfindlichkeit: gross

3.3 Bachschutt der Schils

(in den Einzelprotokollen der Sondierungen in Beilage 2 orange koloriert)

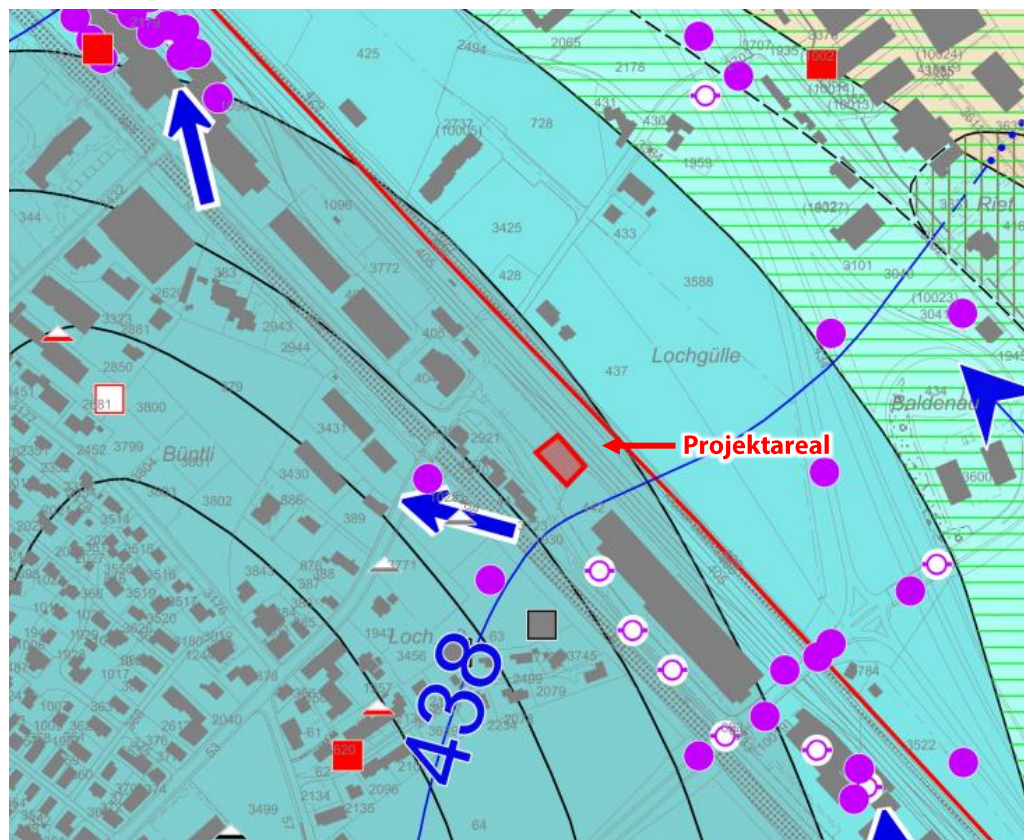
- Vorkommen: in beiden Sondierungen angetroffen
- Obergrenze: 1.8 resp. 2.2 m u.T., entsprechend ca. Kote 439.3 resp. 439.0 m ü.M.
- Mächtigkeit: Untergrenze mit den Sondierungen bis 8 m u.T. nicht erreicht

- **Material:** Sand mit stark variierenden Anteilen an Silt und Kies sowie regelmässig auch Steine. In Kernbohrungen in der unmittelbaren Nähe [3] wurden teilweise Zwischenschichten aus tonigem Silt, wenig plastisch, weich, mit reichlich bis viel Sand angetroffen.
- **Lagerung:** *vorwiegend sandig-kiesige Partien:* mitteldicht, z.T. dicht, SPT N_{30} -Werte [3]: 24-34
vorwiegend tonig-siltige Partien: locker, SPT N_{30} -Werte [3]: 4
- **Tragfähigkeit:** *vorwiegend sandig-kiesige Partien:* mittel
vorwiegend tonig-siltige Partien: klein
- **Setzungsempfindlichkeit:** *vorwiegend sandig-kiesige Partien:* mittel
vorwiegend tonig-siltige Partien: gross
- **Besonderheit:** Material verhält sich geotechnisch sehr unterschiedlich. In verschiedenen Bohrungen im Umfeld des Projektareals wurden im Bachschutt der Schils unter dem Grundwasserspiegel in siltigen und sandigen Partien Grundbrucherscheinungen festgestellt.

4 WASSERVERHÄLTNISSE

- **Wasservorkommen:** Projektareal liegt in einem rund 20–40 m mächtigen Grundwasserleiter (i5n).
- **Wasserspiegel:** Gemäss der kantonalen Grundwasserkarte liegt der Grundwasserspiegel auf dem Projektareal auf ca. Kote 436–437 m ü.M. Der Flurabstand beträgt dadurch ca. 4–5 m. Anstieg des Grundwasserspiegel nach längeren Niederschlagsperioden oder einer Schneeschmelze erwartet.
- **Wasserfassung, Quelle:** Ca. 150 m südlich, GW-Fassung 103089, Dauerleistung ca. 105 l /min
- **Gewässerschutzbereich:** A_u (nutzbare unterirdische Gewässer sowie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete)

Figur 1: Ausschnitt 1:5'000 aus der Grundwasserkarte des Kantons St. Gallen (Quelle: www.geoportal.ch)



Legende - Grundwasserkarte Kt

Lockergesteins-GW-Leiter in Talsohlen

- GW-Leiter bekannt, < 2m
- GW-Leiter bekannt, 2 - 10m
- GW-Leiter bekannt, 10 - 20m
- GW-Leiter bekannt, > 20m
- GW-Leiter vermutet, < 2m
- GW-Leiter vermutet, 2 - 10m
- GW-Leiter vermutet, 10 - 20m
- GW-Leiter vermutet, > 20m
- Linie gleicher Grundwassermächtigkeit (5m)

Anlagen

- Rückgabe ins Grundwasser: bestehend oder unbekannt
- Rückgabe ins Grundwasser: aufgehoben, versiegt

Grundwasserfassung

- Grundwasserfassung bestehend oder unbekannt
- Grundwasserfassung aufgehoben, versiegt
- Grundwasserfassung geplant
- kleine Grundwasserfassung bestehend oder unbekannt

Sondierbohrungen

- Sondierbohrung bestehend oder unbekannt
- Sondierbohrung geplant
- Sondierbohrung mit Piezometer bestehend oder unbekannt

5 BAUTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

5.1 Projekt

Gemäss den uns zur Verfügung stehenden Unterlagen ist auf dem Bahnhofsareal in Flums / SG der Neubau eines Stellwerkgebäudes geplant. Die Bodenplatte des Bauwerks kommt auf ca. Kote 440.1 m ü.M. und diejenige des Schachtes auf ca. Kote 439.1 m ü.M. zu liegen.

Die Lage des Neubaus ist aus dem Situationsplan 1:500 der *Beilage 1* ersichtlich. In den Einzelprotokollen der Sondierungen (*Beilage 2*) ist UK Bodenplatte mit einem Signaturraster eingezeichnet.

5.2 Baugrundwerte

Für erdstatische Berechnungen können die aufgrund der Sondiererergebnisse geschätzten Baugrundwerte gemäss SIA-Norm 267 (Geotechnik) der nachfolgenden *Tabelle 2* verwendet werden. Es handelt sich dabei um geschätzte Mittelwerte mit Angabe von Extremwerten.

*Tabelle 2: Baugrundwerte für ungestörte Verhältnisse
(geschätzte Mittelwerte X_m , in Klammer Extremwerte X_{extr})*

Bodenbeschreibung	Raumlast	Kohäsion	Reibungswinkel	Zusammendrückungsmodul	
				Erstbelastung	Wiederbelast.
	γ [kN/m ³]	c' [kN/m ²]	φ' [°]	M_E [MN/m ²]	$M_{E'}$ [MN/m ²]
<i>künstliche Auffüllungen</i> – siltiger Sand und Kies	19.5	0	(30) 32	(30) 40	120
<i>Oberflächenschichten</i> – siltiger Sand mit Kies	19	0	(26) 28	(5) 8 (20)	25
<i>Bachschutt der Schils</i> – vorwiegend sandig-kiesig – vorwiegend tonig-siltig	20 19.5	0 (0) 2	(30) 33 (25) 27	(25) 30 (50) (8) 10 (15)	90 30

Umrechnung Einheiten:

$$1 \text{ kN/m}^3 = 0.1 \text{ t/m}^3 \quad 1 \text{ kN/m}^2 = 0.1 \text{ t/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2 \quad 1 \text{ MN/m}^2 = 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Für die Bestimmung der charakteristischen Werte X_k kann folgende Formel verwendet werden:

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

Faktor für Zuverlässigkeit α :

$\alpha = 0.40$ für Kohäsion c' (berechneter Wert ist auf die ganze Zahl abzurunden)

$\alpha = 0.20$ für übrige Parameter

Erdbeben

Für die erdbebengerechte Projektierung gemäss SIA-Norm 261 (Einwirkungen auf Tragwerke) ist der Untergrund im Untersuchungsgebiet aufgrund der Sondiererergebnisse und bezogen auf das vorliegende Projekt der Baugrundklasse D zuzuordnen.

5.3 Foundation

Die generell schlecht tragfähigen und setzungsempfindlichen künstlichen Auffüllungen, die Oberflächenschichten und die tonig-siltigen Partien des Bachschutts kommen als Fundationsunterlage für den Neubau zum vorherein nicht in Frage. Die sandig-kiesigen Partien des Bachschutts der Schils dürfen als recht gut tragfähiger und nur mässig setzungsempfindlicher Baugrund bezeichnet werden.

Aus den Einzelprotokollen der Sondierungen (*Beilage 2*) ist ersichtlich, dass UK Bodenplatte in den Oberflächenschichten zu liegen kommt.

Zur Gewährleistung eines einheitlichen Tragfähigkeitsverhaltens mit möglichst kleinen Setzungen und vor allem Setzungsdifferenzen resp. Gebäudeverkipnungen empfehlen wir, die Gebäudelasten konsequent bis in den sandig-kiesigen Bachschutt der Schils abzuleiten. Zur Übertragung der Bauwerkslasten stehen bei Übertragungstiefen bis maximal rund 1–2 m vertiefte Einzel- und Streifenfundamente (mit Magerbeton gefüllte Schächte und Gräben) unter tragenden Stützen und Wänden im Vordergrund. Bei Übertragungstiefen < 1 m ist auch ein Materialersatz der Oberflächenschichten durch einen schichtweise eingebrachten, einwandfrei verdichteten Kieskoffer (mit Vlies unterlegt) denkbar. Eine detaillierte Tragfähigkeitsbeurteilung des Untergrundes sollte bei Erreichen der definitiven Aushubsohle durch den Geotechniker vor Ort erfolgen.

Es ist vom projektverfassenden Ingenieur zu prüfen ob die voraussichtlichen Setzungen und Setzungsdifferenzen toleriert werden können. Als Alternative zu vertieften Einzelfundamenten wäre im vorliegenden Fall auch der Einsatz von kurzen Pfählen denkbar.

In den nachfolgenden *Figuren* sind die möglichen Bodenpressungen (Bemessungsniveau) für vertiefte Einzelfundamente (*Figur 2*) bzw. für Streifenfundamente (*Figur 3*) im Bachschutt der Schils zusammengestellt. Es wurden für die Baugrundwerte X_k folgende Partialfaktoren festgelegt:

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| • Kohäsion c' | $\gamma_c = 1.5$ |
| • Reibungswinkel φ' | $\gamma_\varphi = 1.2$ |
| • Raumlast γ_e | $\gamma_\gamma = 1.0$ |
| • Zusammendrückungsmodul M_E | $\gamma_E = 1.0$ |

Bei den Tragfähigkeitsabschätzungen wurde sicherheitshalber angenommen, dass die Sohlen der vertieften Fundamente *unter* dem Wasserspiegel liegen und die Fundamente mindestens ca. 1 m unter der Bodenplatte eingebunden sind.

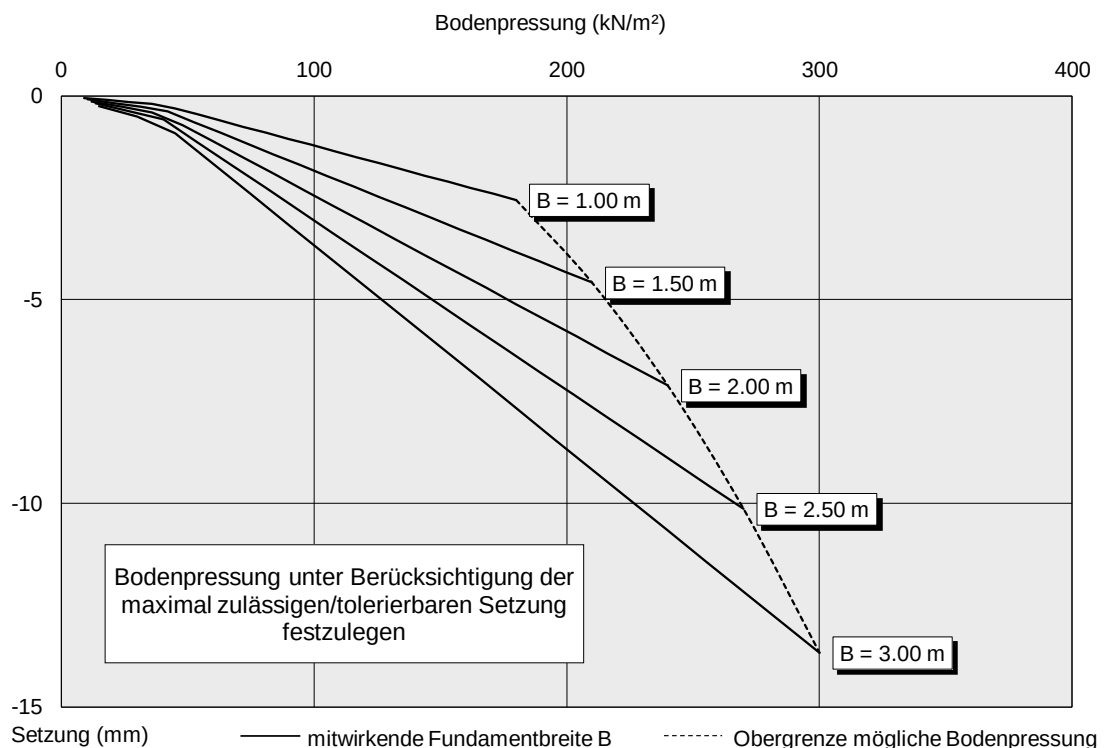
Für weitere Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzungen können die Baugrundwerte der *Tabelle 2* verwendet werden.

Figur 2: Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende quadratische Bodenplattenbereiche und Einzelfundamente im sandig-kiesigen Bachschutt der Schils (Bemessungsniveau)

Annahmen:

Kohäsion c_d'	$(\gamma_c = 1.5)$	0.0	kN/m ²	
Winkel der inneren Reibung φ_d'	$(\gamma_{\tan\varphi} = 1.2)$	27.9	°	
Raumlast γ_d	$(\gamma_\gamma = 1.0)$	10	kN/m ³	Raumlast unter Auftrieb
effektiver Überlagerungsdruck q		8	kN/m ²	Bodenplatte 0.3 m + Einbindetiefe 1m
Zusammendrückungsmodul M_{Ed}	$(\gamma_E = 1.0)$	30	MN/m ²	Erstbelastung
Zusammendrückungsmodul $M_{E'd}$	$(\gamma_E = 1.0)$	90	MN/m ²	Wiederbelastung
effektive Vorbelastung		40	kN/m ²	
Konzentrationsfaktor Spannungsausbreitung		0.5		

mitwirkende Fundamentbreite (m)	Boden- pressung (kN/m ²)	Anteil Wieder- belastung (kN/m ²)	Anteil Erst- belastung (kN/m ²)	Setzung		
				Wiederbel. (mm)	Erstbelast. (mm)	Total (mm)
1.00	180	40	140	0	-2	-2
1.50	210	40	170	0	-4	-4
2.00	240	40	200	0	-7	-7
2.50	270	40	230	-1	-10	-11
3.00	300	40	260	-1	-13	-14

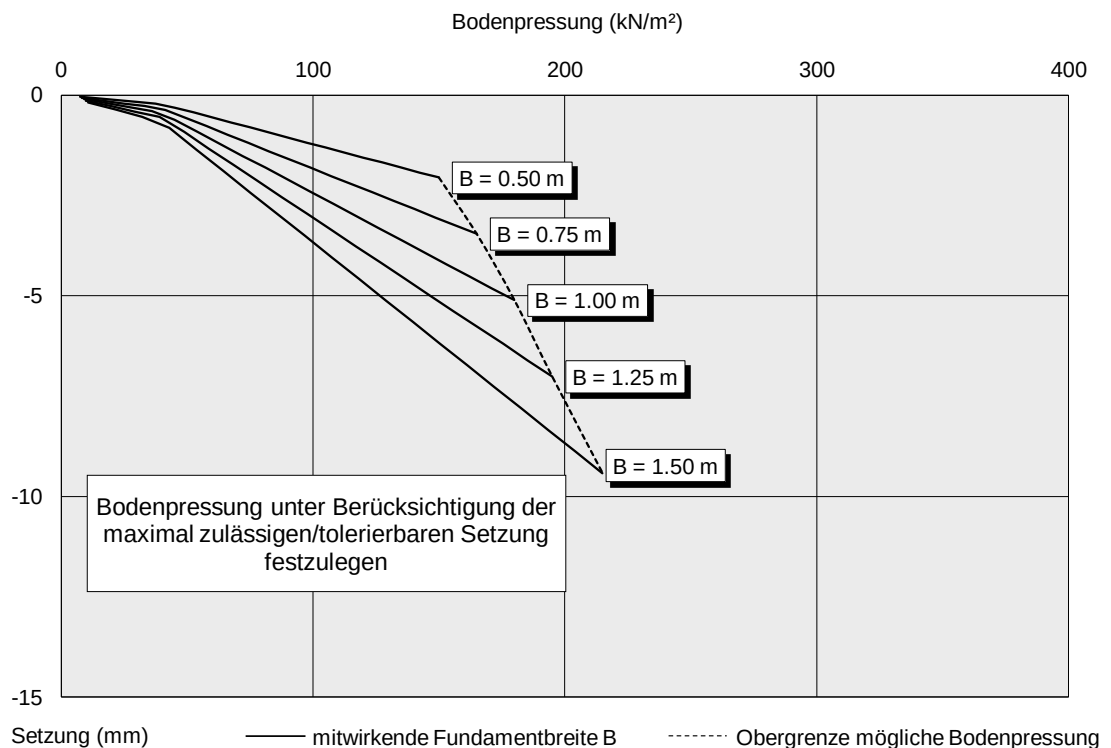


Figur 3: Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende streifenförmige Bodenplattenbereiche und Streifenfundamente im sandig-kiesigen Bachschutt der Schils (Bemessungsniveau)

Annahmen:

Kohäsion c_d'	$(\gamma_c = 1.5)$	0.0	kN/m ²	
Winkel der inneren Reibung φ_d'	$(\gamma_{\tan\varphi} = 1.2)$	27.9	°	
Raumlast γ_d	$(\gamma_\gamma = 1.0)$	10	kN/m ³	Raumlast unter Auftrieb
effektiver Überlagerungsdruck q		8	kN/m ²	Bodenplatte 0.3 m + Einbindetiefe 1m
Zusammendrückungsmodul M_{Ed}	$(\gamma_E = 1.0)$	30	MN/m ²	Erstbelastung
Zusammendrückungsmodul $M_{E'd}$	$(\gamma_E = 1.0)$	90	MN/m ²	Wiederbelastung
effektive Vorbelastung		40	kN/m ²	
Konzentrationsfaktor Spannungsausbreitung		1.0		

mitwirkende Fundamentbreite (m)	Boden- pressung (kN/m ²)	Anteil Wieder- belastung (kN/m ²)	Anteil Erst- belastung (kN/m ²)	Setzung		
				Wiederbel. (mm)	Erstbelast. (mm)	Total (mm)
0.50	150	40	110	0	-2	-2
0.75	165	40	125	0	-3	-3
1.00	180	40	140	0	-5	-5
1.25	195	40	155	-1	-6	-7
1.50	215	40	175	-1	-9	-10



5.4 Aushub

Verschmutzungen Untergrund

Der ganze Aushubperimeter befindet sich auf einer künstlichen Auffüllung (Platzkofferung, Terrainanschüttung). In der Sondierung Nr. 22-2 wurden in diesem Bereich der künstlichen Auffüllungen Ziegelbruchstücke festgestellt. Erfahrungsgemäss sind derartige künstliche Auffüllungen regelmässig mit mineralischen Bauabfällen, unter Umständen auch in geringfügigem Mass chemisch belastet und erfüllen deshalb die Anforderungen an unverschmutzten Aushub nicht. Die künstlichen Auffüllungen sollen, den geotechnischen Eigenschaften entsprechend, vor Ort gelagert und dem Bedarf entsprechend zur Wiederverfüllung der Hinterfüllungsbereiche eingesetzt werden. Bevor Material abgeführt werden darf, muss dieses von einer Fachperson in abfallrechtlicher Hinsicht klassiert und die korrekte Entsorgung geregelt werden. Dabei führt die Abfuhr und regelkonforme Entsorgung dieses Materials gegenüber unverschmutztem Aushub zu Mehrkosten. Im Hinblick auf die Submission der Unternehmerleistungen wird empfohlen, die Entsorgung von schwach belastetem Aushub auf einer Deponie Typ B auszuschreiben und dadurch die Entsorgungspreise zu klären.

Baggerfähigkeit und Abbaubarkeit

Im Hinblick auf den maschinellen Aushub der Baugrube sind von der Lagerungsdichte her gesehen in den künstlichen Auffüllungen und den Oberflächenschichten keine Probleme zu erwarten. Diese dürfen durchwegs als normal baggerfähig bezeichnet werden (Abbauklassen 2–3 nach SN 640 575).

Schutz der Aushubsohle

Die künstlichen Auffüllungen und die Oberflächenschichten reagieren empfindlich auf Witterungseinflüsse. Wir empfehlen deshalb, nach Erreichen der definitiven Aushubsohle diese sofort mit einer schützenden Magerbetonschicht abzudecken.

Verwendung des Aushubmaterials

Die künstlichen Auffüllungen und die Oberflächenschichten kommen im trockenen und unverschmutzten Zustand praktisch nur für die Umgebungsgestaltung in Frage oder müssen abgeführt werden.

5.5 Baugrubenabschluss

Die Aushubsohle kommt ca. 1–2 m, im Bereich des Schachtes bis ca. 2 m unter das bestehende Terrain zu liegen.

Bei ausreichenden Platzverhältnissen, wie es grösstenteils der Fall ist, können grundsätzlich *freie Abböschungen* gewählt werden. Wir empfehlen, in den künstlichen Auffüllungen und Oberflächenschichten eine maximale Böschungsneigung von 3:2 (56°) nicht zu überschreiten.

Auflasten und Materialdeponien müssen aus Stabilitätsgründen genügend weit von der Böschungskrone entfernt angeordnet werden. Der Abstand muss mindestens so gross sein wie die vertikale Böschungshöhe.

5.6 Bauwasserhaltung

Die Aushubsohle kommt grösstenteils *über* den Grundwasserspiegel zu liegen. Es ist aber zu erwarten, dass insbesondere nach intensiven Niederschlägen und/oder einer Schneeschmelze der Grundwasserspiegel bis über die Aushubsohle ansteigt.

Zur Trockenhaltung der Baugrubensohle empfehlen wir eine *offene Wasserhaltung* mit Pumpensümpfen, ergänzt mit einzelnen Stichdrainagen resp. Drainagegräben. Wir empfehlen, alle angetroffenen Wasserzutritte sorgfältig zu fassen und abzuleiten.

Die Ableitung des in der Baugrube anfallenden Wassers hat nach SIA-Empfehlung 431 zu erfolgen. Danach sollte das Baugrubenabwasser unter Vorschaltung eines Absetzbeckens (mit Neutralisationsanlage) in die Schmutzwasserkanalisation abgeleitet werden. Eine Einleitung in einen Meteor- oder Reinabwasserkanal ist nur mit Bewilligung der zuständigen Behörde und unter Einhaltung der Einleitbedingungen gestattet.

5.7 Trockenhaltung und Dichtigkeit Bauwerk

Die Gebäudesohle kommt *in den Schwankungsbereich* des Grundwasserspiegels zu liegen. Gemäss heutiger Praxis wird eine permanente Grundwasserspiegelabsenkung mit basalen Sickerleitungen zur Trockenhaltung der Untergeschosse prinzipiell nicht toleriert. Daher ist es im vorliegenden Fall empfohlen, die Boden-/Wandanschlüsse wasserdicht auszubilden und alle in den Untergrund eintauchenden Bauteile vor Staunässe zu schützen (z.B. Schwarzanstrich).

Angaben über mögliche Hochwasserstände sind nicht vorhanden. Es empfiehlt sich vorderhand sicherheitshalber davon auszugehen, dass der Grundwasserspiegel bei extremen Hochwasserständen bis nahe an die Terrainoberfläche ansteigen kann.

5.8 Weitere Empfehlungen und Hinweise

Bei Unklarheiten in der Interpretation des vorliegenden geologisch-geotechnischen Berichtes und/oder bei einer Abweichung von der Prognose ist der Geologe durch den projektierenden Ingenieur oder die Bauleitung für eine Beurteilung beizuziehen (vgl. SIA 267, Ziff. 2.2.1).

Geotechnische Risiken sind einschliesslich der Massnahmen zu ihrer Bewältigung in der *Projektbasis* unter Nennung der entsprechenden Gefährdungsbilder zu beschreiben (SIA 267, Ziff. 2.2.4). Dazu kann der vorliegende geologisch-geotechnische Bericht herangezogen werden. Akzeptierte Risiken sind unter Nennung von Ausmass und Kostenfolge mit den Auftraggebenden bzw. mit der Bauträgerschaft zu vereinbaren und in der *Nutzungsvereinbarung* zu dokumentieren (SIA 267, Ziff. 2.2.5).

Die Erstellung der Nutzungsvereinbarung, der Projektbasis sowie des Kontroll- und Überwachungsplanes gemäss SIA 260 liegt im Verantwortungsbereich des projektierenden Ingenieurs.

6 NATURGEFAHREN

Das Projektareal liegt gemäss der Naturgefahrenkarte des Kantons St. Gallen nicht in einem Bereich, welcher durch Hochwasser gefährdet ist.

Starke Niederschläge oder eine Schneeschmelze können zu erheblichen Oberflächenabflüssen führen. Es empfiehlt sich deshalb allfällige Gebäudeöffnungen etwas über das Terrain hochzuziehen und die Umgebung derart zu gestalten, dass oberflächlich abfliessendes Wasser vom Gebäude ferngehalten wird. Weitere Hinweise gibt die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss des Bundesamts für Umwelt (<https://s.geo.admin.ch/7b964248d0>).

7 METEORWASSERVERSICKERUNG

Grundsätzliches

Zur Grundwasserneubildung und zur Entlastung der Kanalisation muss nach Art. 7 Abs. 2 Gewässerschutzgesetz (GSchG) nicht verschmutztes Abwasser von Dächern, Strassen und Plätzen wenn möglich vor Ort zur Versickerung gebracht werden. Ist dies aufgrund der örtlichen Verhältnisse nicht möglich, so kann das anfallende Meteorabwasser mit Bewilligung der zuständigen Behörde in eine geeignete Vorflut eingeleitet werden.

Zulässigkeit einer Versickerung von Meteorabwasser

Ob Meteorabwasser versickert werden *darf*, hängt einerseits von der zu erwartenden Belastung des Meteorabwassers und andererseits von der «Vulnerabilität» des Grundwassers ab, d.h. von der vorhandenen Schutzwirkung der Deckschichten über dem Grundwasser.

Als *gering belastet* gilt gemäss der oben genannten VSA-Richtlinie einzig Dachabwasser von Gründächern ohne pestizidhaltige Materialien und von Dachaufbauten aus inerten Materialien mit maximal 5 Flächen-% Blei-, Kupfer-, Zink- und Zinninstallationen. Solches gering belastetes Meteorabwasser darf direkt versickert werden. Meteorabwasser von anders aufgebauten oder anders genutzten Flächen gilt als mittel oder stark belastet und muss entweder über eine Bodenpassage versickert oder aber vor einer Versickerung behandelt werden.

Versickerungsverhältnisse

Zur Versickerung von gering belastetem Dachabwasser steht im vorliegenden Fall eine unterirdische Versickerung direkt in den Bachschutt der Schils im Vordergrund.

Winterthur, 18. Mai 2022
211204 Bericht_Baugrund_Flums_rev.docx BB / RS / Km

Jäckli Geologie AG



Projektbearbeitung:

Björn Bauhofer, MSc ETH, Ingenieurgeologe
Simon Roth, dipl. Natw. ETH, Geologe SIA

STW-Ersatz, Bahnhofsareal
Flums / SG

Geologisch-geotechnischer Bericht

Beilagen

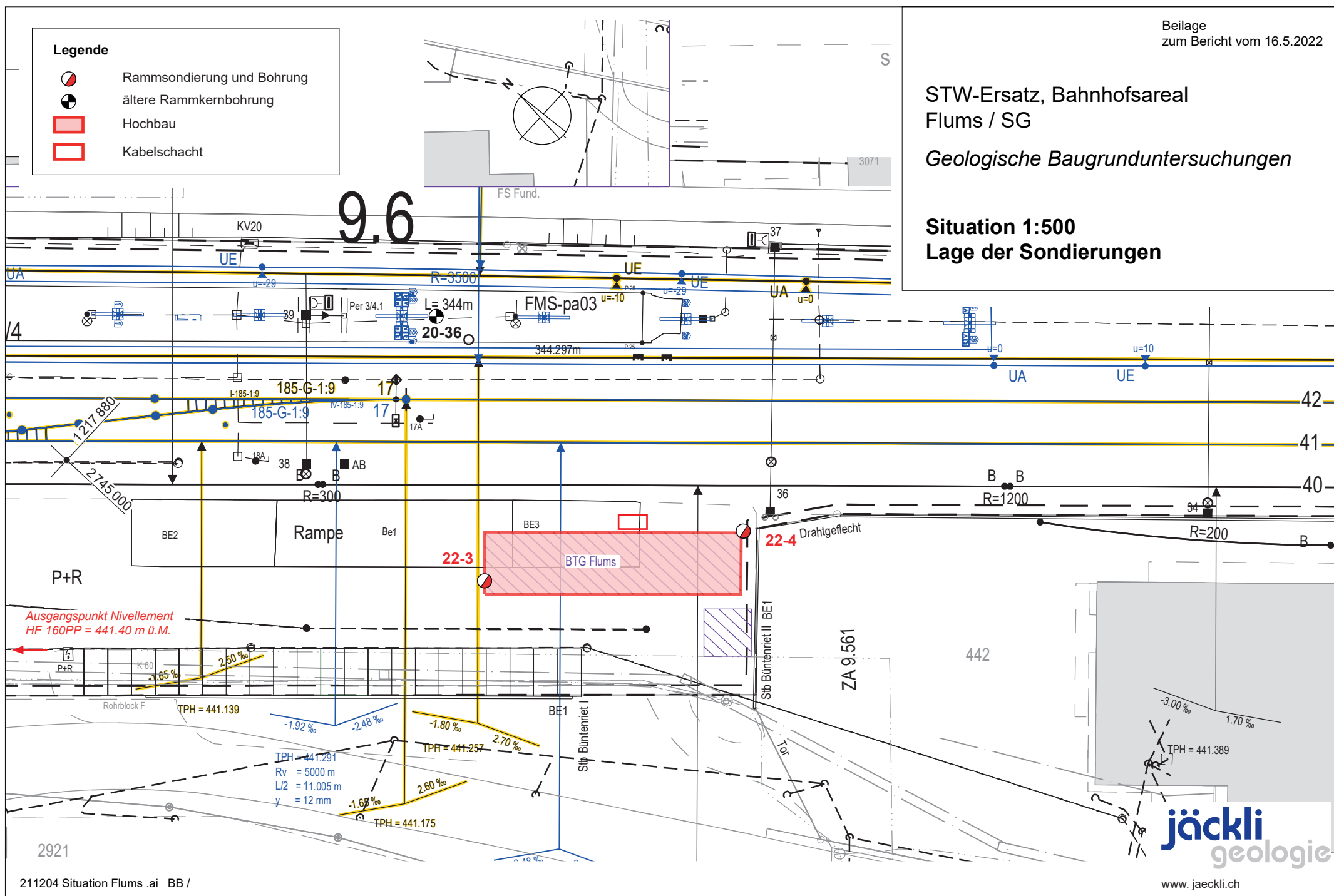
Beilage 1: Situation 1:500, Lage der Sondierungen

Beilage 2: Einzelprotokolle der Sondierungen Nr. 22-3 und 22-4, 1:100

STW-Ersatz, Bahnhofsareal Flums / SG

Geologische Baugrunduntersuchungen

Situation 1:500
Lage der Sondierungen



STW-Ersatz, Bahnhofsareal
Flums / SG

Geologisch-geotechnischer Bericht

Einzelprotokolle der Sondierungen Nr. 22-3 und 22-4, 1:100

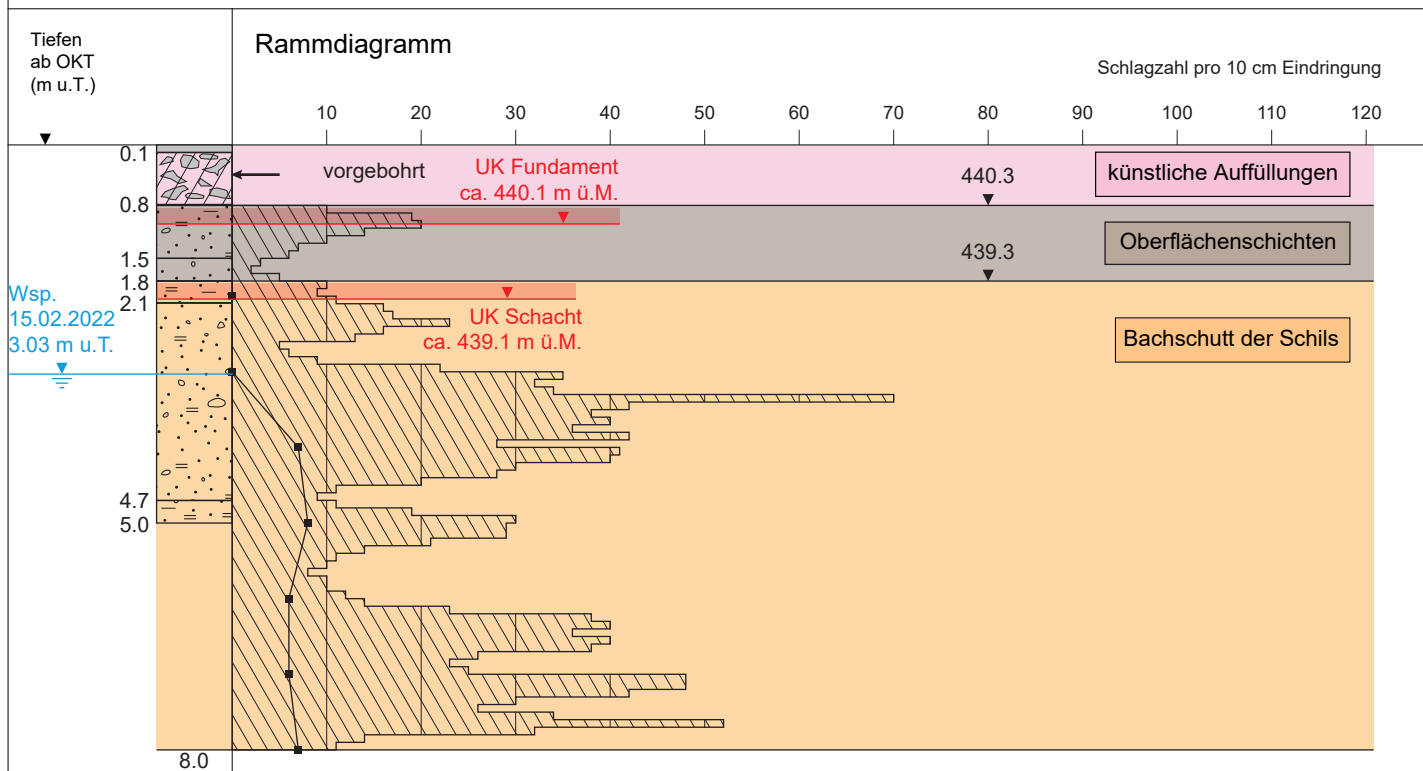
STW-Ersatz Bahnhofsareal Flums / SG

Rammsondierung Nr. 22-3

Ausführungsdatum: 14.03.2022
Koordinaten: 2 745 021 / 1 217 839

Kote OK Terrain: 441.13 m ü.M.
Kote OK Rohr: -

Massstab: 1:100
Datei: 211204 RS 3.ai / FS



- 0.0 - 0.1 grauer Betonkern (rund)
- 0.1 - 0.8 graue Betonbruchstücke
- 0.8 - 1.5 graudunkelbrauner, mässig siltiger Sand, vereinzelt Kies
- 1.5 - 1.8 graubeiger, leicht siltiger Sand, vereinzelt Kies
- 1.8 - 2.1 braunrötlicher, mässig tonig-siltiger Sand, wenig Kies
- 2.1 - 4.7 braunrötlicher, leicht siltiger Sand, wenig Kies
- 4.7 - 5.0 rötlichgrauer, leicht toniger, stark siltiger Sand, wenig Kies

Angaben zur Rammsondierung:

Rammgerät Jäckli
Fallhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg, Spitzenquerschnitt 10 cm²

Gestängereibung:

Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm, und Nachschlagen von 20 cm

STW-Ersatz Bahnhofsareal Flums / SG

Rammsondierung Nr. 22-4

Ausführungsdatum: 15.03.2022
Koordinaten: 2 745 044 / 1 217 823

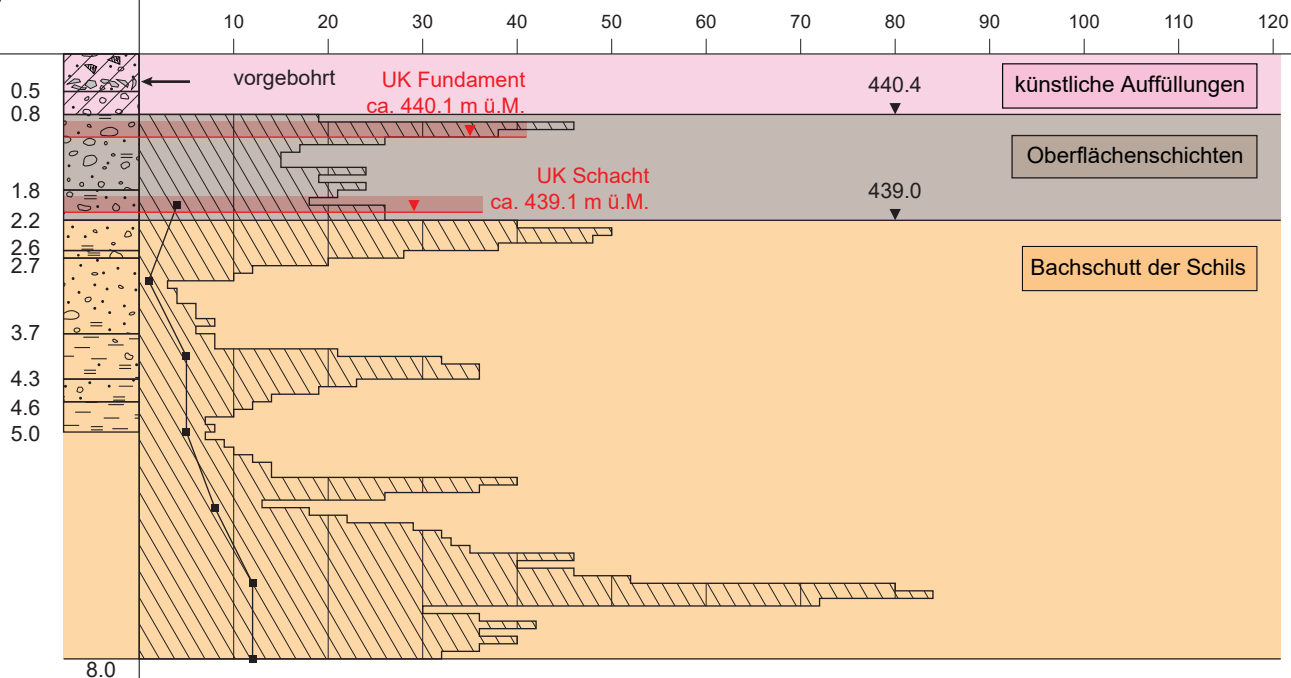
Kote OK Terrain: 441.21 m ü.M.
Kote OK Rohr: -

Massstab: 1:100
Datei: 211204 RS 4.ai / FS

Tiefen
ab OKT
(m u.T.)

Rammdiagramm

Schlagzahl pro 10 cm Eindringung



Wasserstand: trocken bis 1.80 m u.T. am 15.03.2022

- 0.0 - 0.8 graubeiger, sauberer Sand, reichlich Kies, Fremdstoffe (50 Gew.-%, Ziegelbruchstücke)
ab 0.3 m graue Betonbruchstücke
- 0.8 - 1.8 graubrauner, leicht siltiger Kies, wenig Sand
- 1.8 - 2.2 hellbrauner bis brauner, leicht siltiger Sand, viel Kies
- 2.2 - 2.6 braunroter, leicht siltiger Sand, wenig Kies
- 2.6 - 2.7 hellbrauner bis grauer, mässig siltiger Kies, wenig Sand
- 2.7 - 3.7 rotgrauer, mässig siltiger Sand, vereinzelt bis viel Kies
- 3.7 - 4.3 graubrauner, toniger Silt, wenig plastisch, weich, wenig Sand, wenig Kies
- 4.3 - 4.6 graubrauner, leicht toniger, stark siltiger Sand, wenig Kies
- 4.6 - 5.0 dunkelgrauer, toniger Silt, wenig plastisch, steif

Angaben zur Rammsondierung:

Rammgerät Jäckli
Fallhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg, Spitzenquerschnitt 10 cm²

Gestängereibung:

Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm, und Nachschlagen von 20 cm

**Linie 890, km 9.583, Gleisquerung
Flums / SG**

Geologisch-geotechnischer Bericht

Winterthur, 31. März 2024

Bauherrschaft: SBB AG, Infrastruktur Projekte Engineering, Bahnzugang und technische
Gebäude, Vulkanplatz 11, 8048 Zürich
Bauingenieur: AFRY Schweiz AG, Stadthausstrasse 14, 8400 Winterthur

Objektnummer: 250203

INHALT

1	ALLGEMEINES	4
1.1	Einleitung und Auftrag	4
1.2	Projektunterlagen	4
1.3	Ältere Untersuchungen	4
1.4	Repräsentativität der Untersuchung	5
2	GEOLOGISCHE ÜBERSICHT	5
3	ANGETROFFENE UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE	6
3.1	Künstliche Auffüllungen	6
3.2	Oberflächenschichten	6
3.3	Bachschutt der Schils	7
4	WASSERVERHÄLTNISSE	7
5	BAUTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	9
5.1	Projekt	9
5.2	Baugrundwerte	9
5.3	Bettung der Leitung und Foundation des Widerlagers	10
5.4	Pressbohrvortrieb	11
5.5	Aushub	11
5.6	Baugrubenabschluss der Start- und Zielgrube	12
5.7	Bauwasserhaltung	13
5.8	Auftriebssicherheit	14
5.9	Bauüberwachung	14
5.10	Weitere Empfehlungen und Hinweise	15
6	NATURGEFAHREN	15

TABELLEN

Tabelle 1:	Sondierungen	5
Tabelle 2:	Baugrundwerte für ungestörte Verhältnisse	10

FIGUREN

Figur 1:	Ausschnitt 1:5'000 aus der Grundwasserkarte des Kantons St. Gallen (Quelle: www.geoportal.ch)	8
----------	--	---

BEILAGEN

Beilage 1:	Situation 1:500, Lage der älteren Sondierungen
Beilage 2:	Einzelprotokolle der älteren Sondierungen 22-3 und 22-4, 1:100
Beilage 3:	Einzelprotokolle der älteren Rammkernbohrung Nr. 20-36

1 ALLGEMEINES

1.1 Einleitung und Auftrag

Im Hinblick auf den Anschluss des Betriebsgebäudes (BTG) beim Bahnhof Flums / SG ist ein Pressbohrvortrieb unter den Geleisen der Linie 890 vorgesehen. Für die vorliegende Beurteilung der geologisch-geotechnischen Baugrundverhältnisse wurde auf bestehende Sondierungen im Bereich der Vortriebsachse zurückgegriffen.

Am 12. März 2025 beauftragte Herr Ziegler (SBB AG) schriftlich die Jäckli Geologie AG mit der geologisch-geotechnischen Beurteilung des Pressbohrvortriebs. Basis für diesen Auftrag bildet das Angebot vom 5. März 2025.

1.2 Projektunterlagen

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes standen folgende Unterlagen der Afry Schweiz AG (Stand Vorprojekt, datiert vom 20.5.2022) zur Verfügung:

[1] Querprofile und Schnitte BTG 1:100, Flums, Plan-Nr. 3132-627

Weiter stand das folgende, nicht projektspezifische Dokument der Microtunnel AG (ohne Datum) zur Verfügung:

[2] Startgrube Pressbohren

1.3 Ältere Untersuchungen

In unmittelbarer Nähe der Projektachse sind in der Vergangenheit bereits verschiedene geologische Abklärungen erfolgt. Es standen insbesondere die Resultate folgender Untersuchungen zur Verfügung:

[3] Jäckli Geologie AG (18.12.2020): BZU 23 Ost, Umsetzung BehiG, Linie 890, Bahnhof Flums / SG, Geologisch-geotechnischer Bericht inkl. Teilbericht Umwelt

[4] Jäckli Geologie AG (18.5.2022): STW-Ersatz, Bahnhofsareal, Flums / SG: Geologisch-geotechnischer Bericht

Die für das Bauvorhaben relevanten Ergebnisse der älteren Untersuchungen wurden in den vorliegenden Bericht integriert. Die verwendeten Sondierungen sind in der *Tabelle 1* aufgeführt.

Tabelle 1: ältere Sondierungen

Sondierung	Terrainhöhe	Sondierart, Piezometer- rohr	Sondiertiefe	Wasserspiegel		
				Tiefe	Kote	Datum
Nr.	m ü.M.	*)	m	m u.T.	m ü.M.	–
20-36	441.42	RKB	2.0	>2.0	<439.42	21.09.2020
22-3	441.13	R RKB	8.0 5.0	3.03	438.10	14.03.2022
22-4	441.21	R RKB	8.0 5.0	>1.80	<439.41	15.03.2022

*) RKB = Rammkernbohrung
R = Rammsondierung

1.4 Repräsentativität der Untersuchung

Mit den durchgeführten geologisch-geotechnischen Untersuchungen wurden die Grundlagen für die weitere Projektierung im Sinne einer *Hauptuntersuchung* gemäss SIA 267, Ziff. 3.2.2.2 erarbeitet. Die beschriebenen Untergrund- und Wasserverhältnisse basieren auf einer Interpretation der punktuellen älteren Sondierresultate. Es ist nicht auszuschliessen, dass die effektiv vorhandenen Verhältnisse zwischen den Sondierungen lokal etwas davon abweichen. Die bautechnischen Empfehlungen beziehen sich auf die vorliegenden Projektunterlagen (*Kapitel 1.2*). Bei relevanten Projektänderungen oder einem neuen Projekt ist eine Neubeurteilung erforderlich.

2 GEOLOGISCHE ÜBERSICHT

Der Bahnhof Flums liegt im Seeztal am Fuss des von Südwesten zuführenden Schilstals. An dieser Lage haben die Gletscher in den vergangenen Eiszeiten eine enge, aber tiefe Rinne in den Fels eingetieft. Beim letzteiszeitlichen Rückzug hinterliess der Gletscher höchstens eine geringmächtige Moräne über dem Fels. Die Rinne wurde mit Wasser gefüllt, wodurch nacheiszeitlich der heutige Walensee gegen Südosten bis nach Mels reichte. Die aus den Seitentälern zuführenden Flüsse und Bäche füllten diesen See bis zum heutigen Ufer bei Walenstadt. Dabei hat die Seez ihr Delta von Mels im Südosten sukzessive gegen Nordwesten verschoben und dabei zu einem Grossteil der Talfüllung beigetragen. Über den mehrheitlich feinkörnigen *Delta- und Seeablagerungen* hinterliess die Seez den verhältnismässig geringmächtigen *Seez-Schotter*.

Bei Flums hat die Schils von Südwesten ihren Bachschutt ursprünglich in den See und mit dessen sukzessiven Füllung zwischen die Sedimente der Seez geschüttet. Nach erfolgter Auflandung wurden die Delta- und Seeablagerungen sowie der *Seez-Schotter* kegelförmig vom *Bachschutt der Schils* überschüttet. Dieser Bachschuttkegel ist generell heterogen mit sandig-kiesigen Partien zusammengesetzt und kann an seiner peripheren Lage auch tonig-siltige Partien enthalten. Wegen des hohen Anteils an permischer Sedimentgesteinen («Verrucano») ist der Bachschutt auffällig dunkelrot gefärbt.

Den Abschluss der Lockergesteinsschichten bilden die nach Überschwemmungen oder der Bodenbildung entstandenen, feinkörnigen *Oberflächenschichten*. In der Ebene des Seetals werden regelmässig, oft kleinräumige, torfige *Verlandungssedimente* angetroffen. Im Zuge baulicher Tätigkeiten wurden die Oberflächenschichten und Verlandungssedimente vielerorts abgetragen und durch *künstliche Auffüllungen* ersetzt oder überschüttet.

3 ANGETROFFENE UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

3.1 Künstliche Auffüllungen

(in den Einzelprotokollen der älteren Rammsondierungen in Beilage 2 rosa koloriert)

- Vorkommen: in allen Sondierungen angetroffen
- Obergrenze: OK Terrain, entsprechend ca. Kote 441.1–441.4 m ü.M.
- Mächtigkeit: ca. 0.8–1.7 m
- Material: leicht siltiger Kies mit wenig Sand
sauberer Sand mit reichlich Kies
- Lagerung: locker
- Tragfähigkeit: klein
- Setzungsempfindlichkeit: gross
- Besonderheiten: künstliche Auffüllungen enthalten Fremdstoffe (vgl. *Beilage 2*)

3.2 Oberflächenschichten

(in den Einzelprotokollen der älteren Rammsondierungen in Beilage 2 braun koloriert)

- Vorkommen: in allen Sondierungen angetroffen ausser Nr. 20-36
- Obergrenze: ca. 0.8 m u.T., entsprechend ca. Kote 440.3 resp. 440.4 m ü.M.
- Mächtigkeit: ca. 1.0 resp. 1.4 m
- Material: leicht bis mässig siltiger Sand mit Kies
leicht siltiger Kies mit wenig Sand
- Lagerung: locker
- Tragfähigkeit: klein, z.T. mittel
- Setzungsempfindlichkeit: gross

3.3 Bachschutt der Schils

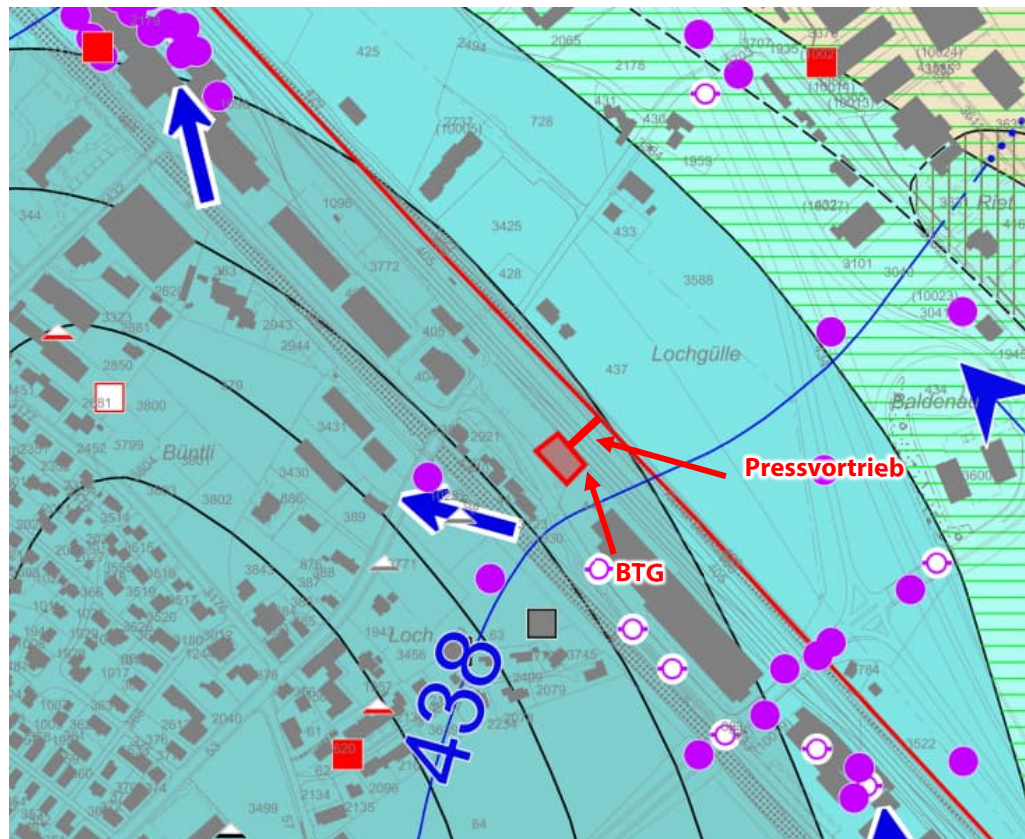
(in den Einzelprotokollen der älteren Rammsondierungen in Beilage 2 orange koloriert)

- Vorkommen: in allen Sondierungen angetroffen
- Obergrenze: ca. 1.7 –2.2 m u.T., entsprechend ca. Kote 439.0–439.7 m ü.M.
- Mächtigkeit: Untergrenze mit den Sondierungen bis 8 m u.T. nicht erreicht
- Material: Sand mit stark variierenden Anteilen an Silt und Kies sowie regelmässig auch Steine. In Kernbohrungen in der unmittelbaren Nähe [3] wurden teilweise Zwischenschichten aus tonigem Silt, wenig plastisch, weich, mit reichlich bis viel Sand angetroffen.
- Lagerung: *vorwiegend sandig-kiesige Partien*: mitteldicht, z.T. dicht, SPT N_{30} -Werte [3]: 24-34
vorwiegend tonig-siltige Partien: locker, SPT N_{30} -Werte [3]: 4
- Tragfähigkeit: *vorwiegend sandig-kiesige Partien*: mittel
vorwiegend tonig-siltige Partien: klein
- Setzungsempfindlichkeit: *vorwiegend sandig-kiesige Partien*: mittel
vorwiegend tonig-siltige Partien: gross
- Besonderheit: Material verhält sich geotechnisch sehr unterschiedlich. In verschiedenen Bohrungen im Umfeld des Projektbereichs wurden im Bachschutt der Schils unter dem Grundwasserspiegel in siltigen und sandigen Partien Grundbrucherscheinungen festgestellt.

4 WASSERVERHÄLTNISSE

- Wasservorkommen: Projektbereich liegt in einem rund 20–40 m mächtigen Grundwasserleiter (i5n), *Figur 1*
- Wasserspiegel: Gemäss der kantonalen Grundwasserkarte liegt der mittlere Grundwasserspiegel auf dem Projektareal auf ca. Kote 437.8 m ü.M. Anstieg des Grundwasserspiegel bis zur Terrainoberfläche nach längeren Niederschlagsperioden oder einer Schneeschmelze zu erwarten.
- Wasserfassung, Quelle: Ca. 150 m südlich, GW-Fassung 103089, Dauerleistung ca. 105 l /min
- Gewässerschutzbereich: A_u (nutzbare unterirdische Gewässer sowie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete)

Figur 1: Ausschnitt 1:5'000 aus der Grundwasserkarte des Kantons St. Gallen (Quelle: www.geoportal.ch)



Legende - Grundwasserkarte Kt

Lockergesteins-GW-Leiter in Talsohlen

- GW-Leiter bekannt, < 2m
- GW-Leiter bekannt, 2 - 10m
- GW-Leiter bekannt, 10 - 20m
- GW-Leiter bekannt, > 20m
- GW-Leiter vermutet, < 2m
- GW-Leiter vermutet, 2 - 10m
- GW-Leiter vermutet, 10 - 20m
- GW-Leiter vermutet, > 20m
- Linie gleicher Grundwassermächtigkeit (5m)

Anlagen

- Rückgabe ins Grundwasser: bestehend oder unbekannt
- Rückgabe ins Grundwasser: aufgehoben, versiegt

Grundwasserfassung

- Grundwasserfassung bestehend oder unbekannt
- Grundwasserfassung aufgehoben, versiegt
- Grundwasserfassung geplant
- Kleine Grundwasserfassung bestehend oder unbekannt

Sondierbohrungen

- Sondierbohrung bestehend oder unbekannt
- Sondierbohrung geplant
- Sondierbohrung mit Piezometer bestehend oder unbekannt

5 BAUTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

5.1 Projekt

Für den Neubau des BTG Flums ist eine Unterquerung des Gleistrasses erforderlich. Diese soll mit einem rund 28 m langen Pressbohrvortrieb $\varnothing$ 600 mm erfolgen. Die geplante Sohle der Querung kommt auf ca. Kote 439.0–439.2 m ü.M. zu liegen. Die Oberkante liegt lediglich rund 1.4–1.6 m unter den Gleisen.

Die Umrisse des Bauvorhabens sind aus dem Situationsplan der *Beilage 1* ersichtlich. In den Einzelprotokollen der Sondierungen (*Beilage 2*) ist UK Querung mit einem Signaturraster eingezeichnet.

5.2 Baugrundwerte

Für erdstatische Berechnungen können die aufgrund der Sondierergebnisse geschätzten Baugrundwerte gemäss SIA-Norm 267 (Geotechnik) der nachfolgenden *Tabelle 2* verwendet werden. Es handelt sich dabei um geschätzte Mittelwerte mit Angabe von Extremwerten.

Tabelle 2: Baugrundwerte für ungestörte Verhältnisse
(geschätzte Mittelwerte X_m , in Klammer Extremwerte X_{extr})

Bodenbeschreibung	Raumlast	Kohäsion	Reibungs- winkel	Zusammendrückungsmodul	
				Erstbelastung	Wiederbelast.
	γ [kN/m ³]	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]	M_E [MN/m ²]	$M_{E'}$ [MN/m ²]
künstliche Auffüllungen – siltiger Sand und Kies	19.5	0	(30) 32	(30) 40	120
Oberflächenschichten – siltiger Sand mit Kies	19	0	(26) 28	(5) 8 (20)	25
Bachsutt der Schils – vorwiegend sandig-kiesig – vorwiegend tonig-siltig	20 19.5	0 (0) 2	(30) 33 (25) 27	(25) 30 (50) (8) 10 (15)	90 30

Umrechnung Einheiten:

$$1 \text{ kN/m}^3 = 0.1 \text{ t/m}^3 \quad 1 \text{ kN/m}^2 = 0.1 \text{ t/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2 \quad 1 \text{ MN/m}^2 = 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Für die Bestimmung der charakteristischen Werte X_k kann folgende Formel verwendet werden:

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

Faktor für Zuverlässigkeit α :

$\alpha = 0.40$ für Kohäsion c' (berechneter Wert ist auf die ganze Zahl abzurunden)

$\alpha = 0.20$ für übrige Parameter

Erdbeben

Für die erdbebengerechte Projektierung gemäss SIA-Norm 261 (Einwirkungen auf Tragwerke) ist der Untergrund im Untersuchungsgebiet aufgrund der Sondierergebnisse und bezogen auf das vorliegende Projekt der Baugrundklasse D zuzuordnen.

5.3 Bettung der Leitung und Foundation des Widerlagers

Aus den Einzelprotokollen der Sondierungen der *Beilage 2* geht hervor, dass die Sohle der neuen Leitung praktisch noch vollständig in den künstlichen Auffüllungen resp. den Oberflächenschichten zu liegen kommt. Da die darunter verbleibende Schichtmächtigkeit aber gering ist, dürften bereits die besseren Tragfähigkeits- und Setzungseigenschaften des Bachschutts zum Tragen kommen.

Bezüglich der Bettung sind keine Probleme zu erwarten, da die Setzungen nur gering ausfallen dürften.

Das für den Pressbohrvortrieb benötigte Betonwiderlager [2] muss mindestens bis in den Bachsutt eingebunden werden. Allenfalls ist als Fundationsverbesserung ein einwandfrei verdichteter, mit Vlies unterlegter, Kieskoffer erforderlich.

5.4 Pressbohrvortrieb

Bei diesem Vortriebsverfahren werden Stahlrohre mit einer Nennweite von 600 mm hydraulisch vorgepresst, wobei gleichzeitig der Materialabbau an der Brust mechanisch erfolgt. Die Oberflächenschichten und künstlichen Auffüllungen dürften nur bedingt standfest sein. Dies kann zu erheblichen Stabilitätsproblemen an der Ortsbrust führen.

Der geplante grabenlose Pressbohrvortrieb verläuft noch knapp in den Oberflächenschichten resp. den künstlichen Auffüllungen. Die Vortriebsachse dürfte über dem mittleren Grundwasserspiegel liegen. Steine und grössere Blöcke können beim geplanten Vortrieb zu Steuerungsschwierigkeiten führen. Im Bereich des Perrons (vgl. Sondierung Nr. 20-36) und möglicherweise auch in der Böschung zum kleinen Seezkanal besteht das Risiko das alte Bauhilfsmassnahmen angetroffen werden, die den Vortrieb erschweren oder verunmöglichen. Wir empfehlen, in der Ausschreibung ausdrücklich auf diese Materialeigenschaften und allfällige Hindernisse hinzuweisen. Weiter könnte auch ein hochliegender Grundwasserspiegel die Arbeiten erschweren oder verunmöglichen.

Der Bachschutt kann auch grössere Steine und sogar Blöcke enthalten. Blöcke, die in das Kanalprofil hineinragen dürfen auf keinen Fall herausgerissen werden, da sonst Hohlräume entstehen, die zu Setzungen an der Terrainoberfläche führen können. Blöcke müssten deshalb an der Ortsbrust innerhalb des Kanalprofils mechanisch abgebaut werden.

Da die Überdeckung über dem Pressbohrvortrieb nur ca. 1.4–1.6 m beträgt, besteht ein erhebliches Risiko für einen Tagbruch. Es ist zu prüfen, ob die Querung auch mit einem anderen grabenlosen Vortrieb erstellt werden kann. Es ist davon auszugehen, dass z.B. mit einem Schlagrohrvortrieb das Tagbruchrisiko deutlich geringer ausfallen würde.

Es empfiehlt sich die Vortriebsmethode mit einer spezialisierten Unternehmung zu besprechen.

Die oben beschriebenen Risiken (insb. alte Bauhilfsmassnahmen) lassen sich allenfalls mit Handschächten zwischen den Gleisen und im Bereich der Böschung zum kleinen Seezkanal etwas genauer beurteilen.

Gefährdungsbilder (Zusammenfassung)

- Instabilität der Ortsbrust infolge geringer Standfestigkeit oder grossen Blöcken
- Geländesetzungen an der Geländeoberfläche, im Extremfall sogar Tagbruch infolge Ortsbrust-Instabilitäten und geringer Überdeckung

5.5 Aushub

Verschmutzungen Untergrund

Der Aushubperimeter für die Start- und Zielgrube befindet sich im Bereich einer künstlichen Auffüllung (Platzkofferung, Terrainanschüttung). In der Sondierung Nr. 22-4 enthielt die künstliche Auffüllung Ziegelbruchstücke. Erfahrungsgemäss sind derartige künstliche Auffüllungen regelmässig mit mineralischen Bauabfällen, unter Umständen auch in geringfügigem Mass chemisch belastet und erfüllen deshalb die Anforderungen an unverschmutzten Aushub nicht. Bevor Material abgeführt werden darf, muss dieses von einer Fachperson in

abfallrechtlicher Hinsicht klassiert und die korrekte Entsorgung geregelt werden. Dabei führt die Abfuhr und regelkonforme Entsorgung dieses Materials gegenüber unverschmutztem Aushub zu Mehrkosten. Im Hinblick auf die Submission der Unternehmerleistungen wird empfohlen, die Entsorgung von schwach belastetem Aushub auf einer Deponie Typ B auszuscheiden und dadurch die Entsorgungspreise zu klären.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es durch den Pressbohrvortrieb zu einer Vermischung von unverschmutzten und verschmutzten Materialien kommen kann. Dadurch kann sauberes Material verschmutzt werden. Die Triage vor Ort wird dadurch erschwert.

Abbaubarkeit

Im Hinblick auf den maschinellen Aushub der Start- und Zielgrube sind von der Lagerungsdichte her gesehen in den künstlichen Auffüllungen, den Oberflächenschichten und im Bachschutt keine Probleme zu erwarten. Diese dürfen durchwegs als normal abbaubar bezeichnet werden (Abbauklassen 2–3 nach SN 640 575).

Schutz der Aushubsohle

Die künstlichen Auffüllungen und die Oberflächenschichten reagieren empfindlich auf Witterungseinflüsse. Aus diesem Grund empfiehlt es sich die Aushubsohlen der Start- und Zielgruben bis in den Bachschutt abzutiefen. Alternativ sind die witterungsempfindlichen Schichten mit einer Magerbetonschicht zu schützen.

Verwendung des Aushubmaterials

Die sandig-kiesigen Partien des Bachschutts eignen sich im unverschmutzten und trockenen Zustand als Hinterfüllungs-, Koffer- und Schüttmaterial. Die Frostsicherheit des Materials müsste mit Laborversuchen überprüft und grössere Steine müssten hinsichtlich der Verdichtung des Materials aussortiert werden.

Die künstlichen Auffüllungen und die Oberflächenschichten kommen im trockenen und unverschmutzten Zustand praktisch nur für die Umgebungsgestaltung in Frage oder müssen abgeführt werden.

5.6 Baugrubenabschluss der Start- und Zielgrube

Gemäss [2] dürfte die Sohle der Startgrube rund 2.4 m und die Zielgrube rund 2.2 m tief werden.

Freie Abböschungen

Bei ausreichenden Platzverhältnissen, wie es wahrscheinlich nur bei der Startgrube der Fall ist, können grundsätzlich *freie Abböschungen* gewählt werden. Es empfiehlt sich in allen Schichten eine maximale Böschungsneigung von 2:3 (34°) nicht zu überschreiten.

Auflasten und Materialdeponien müssen aus Stabilitätsgründen genügend weit von der Böschungskrone entfernt angeordnet werden. Der Abstand muss mindestens so gross sein wie die vertikale Böschungshöhe.

Dort, wo sich aus Platzgründen steilere Böschungen aufdrängen als oben angegeben, müssen diese mit zusätzlichen baulichen Massnahmen gesichert werden. Dabei stehen bei

Böschungsneigungen bis maximal ca. 55° unter die Aushubsohle eingebundene *perforierte Betonauflagen* (mit eingelegter Bewehrungsmatte) im Vordergrund. Filterbetonauflagen dürfen aus Gründen des qualitativen Grundwasserschutzes im Gewässerschutzbereich A_u nicht verwendet resp. müssten nachträglich wieder entfernt werden. Steilere Böschungen mit Neigungen bis maximal ca. 65° können z.B. mit einer so genannten «*liegenden Baumeister-Rühlwand*» gesichert werden. Dabei handelt es sich um auf der Böschung «*liegende*», deutlich unter die Aushubsohle einbetonierte Rundhölzer oder Walzprofile, welche mit perforiertem Beton (mit Bewehrungsmatte) ausgefacht werden. Der Einbau von perforierten Betonauflagen oder einer Baumeister-Rühlwand muss etappenweise erfolgen und setzt kurzfristig standfeste Böschungen voraus.

Vertikaler Baugrubenabschluss

Die Platzverhältnisse im Bereich der Zielgrube sind knapp, sodass dort zum vornherein ein *vertikaler Grabenabschluss* gewählt werden muss. Im Vordergrund steht ein Grabenverbau mit Kalandielen. Als Dimensionierungsgrundlage für die Bemessung der Grabenabschlüsse können die Baugrundwerte der *Tabelle 2* in Rechnung gesetzt werden.

Zur Abstützung der Grabenwände sind Spriesse vorzusehen. Beim Rückbau der Spriessung im Zuge der Wiederauffüllung des Grabens (bei maschineller Verdichtung) ist darauf zu achten, dass der Grabenabschluss stets ausreichend abgestützt resp. ausgespriesst bleibt. Da die Zielgrube im Bahndamm liegt, ist diesem Aspekt besonders Rechnung zu tragen.

Es ist davon auszugehen, dass innerhalb der Lockergesteinsschichten abschnittsweise kohäsionslose, wassergesättigte Schichten vorkommen, welche zu Materialausschwemmungen neigen und zu Erschwernissen führen.

5.7 Bauwasserhaltung

Die Aushubsohlen der Start- und Zielgrube kommen über den Grundwasserspiegel zu liegen. Es ist aber zu erwarten, dass insbesondere nach intensiven Niederschlägen und/oder einer Schneeschmelze der Grundwasserspiegel zeitweise bis über die Aushubsohle ansteigt.

Zur Trockenhaltung der Sohlen empfiehlt es sich, eine *offene Wasserhaltung* mit einzelnen Pumpensümpfen, ergänzt mit Stichdrainagen resp. Drainagegräben vorzusehen. Die Wasserhaltung muss im Normalfall vor allem auf den Meteorwasseranfall ausgelegt werden. Im Hochwasserfall muss zusätzlich der Grundwasseranfall bewältigt werden können.

auf einen Hochwasserfall des Grundwasser ausgelegt werden.

Die Ableitung des in der Baugrube anfallenden Wassers hat nach SIA-Empfehlung 431 zu erfolgen. Danach sollte das Baugrubenabwasser unter Vorschaltung eines Absetzbeckens (mit Neutralisationsanlage) in die Schmutzwasserkanalisation abgeleitet werden. Eine Einleitung in einen Meteor- oder Reinabwasserkanal ist nur mit Bewilligung der zuständigen Behörde und unter Einhaltung der Einleitbedingungen gestattet.

Da der Projektperimeter im Gewässerschutzbereich A_u liegt, ist für die Grundwasserhaltung vorrausichtlich eine Bewilligung des AfU erforderlich.

5.8 **Auftriebssicherheit**

Der Grundwasserspiegel kann bei extremen Ereignissen bis zur Terrainoberfläche ansteigen. Die Schächte und das einzuziehende Stahlrohr sind auf den entsprechenden Wasserdruck und Auftrieb zu dimensionieren.

5.9 **Bauüberwachung**

Im Rahmen der Bauüberwachung sind vor, während und nach Abschluss der Bauarbeiten die notwendigen Messungen und Beobachtungen durchzuführen. Mit der Ausarbeitung des entsprechenden Überwachungskonzeptes ist der projektierende Ingenieur zu beauftragen. Für die Festlegung der zulässigen Deformationen (Melde- und Alarmwerte) ist das Schadenpotential im möglichen Einflussbereich der Baugrube (z.B. Strassen, Werkleitungen) zu ermitteln und zu berücksichtigen.

Da die Leitung noch in den Oberflächenschichten resp. den künstlichen Auffüllungen zu liegen kommt, ist mit Setzungen oberhalb des Vortriebs zu rechnen. Bei einer Instabilität der Ortsbrust muss zusätzlich mit nennenswerten Gelände- resp. Gleissetzungen, im Extremfall sogar mit einem Tagbruch gerechnet werden. Dies gilt es unter allen Umständen zu verhindern.

In jedem Fall muss vor dem Bohrbeginn eine geodätische (Präzisionsnivellement) und visuelle Überwachung (Gleiswaage) der Gleisanlagen aufgezo-gen werden. Beim Durchbohren von befahrenen Streckengeleisen müssen die entsprechenden Messwerte praktisch «online» abgerufen werden können.

Zugdurchfahrten führen zu Erschütterungen im Untergrund und können damit im schlechtesten Fall zu einer Instabilität der Ortsbrust führen. Eine weitere Sicherheitsmassnahme besteht deshalb darin, dass direkt unter den Streckengeleisen jeweils ohne Stillstand durchgepresst wird. Zudem sollten entweder die jeweiligen Streckengeleise beim direkten Unterpressen aus Sicherheitsgründen kurzfristig gesperrt, oder die Pressarbeiten sollten in der Nacht während Zugsunterbrechungsphasen durchgeführt werden.

Zu einer einwandfreien Überwachung der Schachtgruben gehören während der Bauphase periodische Kontrollen der Verformungen des Baugrubenabschlusses (geodätische Messungen).

Selbst bei einer Grubentiefe von lediglich ca. 2.5 m ist in der näheren Umgebung der Baugrube mit gewissen Setzungen und Verschiebungen zu rechnen. Es empfiehlt sich deshalb, von den benachbarten Infrastrukturen und Gebäuden im Sinne einer vorsorglichen Beweisaufnahme vor Beginn der Bauarbeiten eine Zustandsaufnahme durchführen zu lassen. Ferner sollten an exponierten Bauwerken Messbolzen versetzt werden, welche vor, während und nach den Bauarbeiten geodätisch überwacht werden.

Mit der Überwachung können kritische Bauphasen frühzeitig erkannt und allfällige nötige Gegenmassnahmen rechtzeitig eingeleitet werden. Zudem lassen sich ungerechtfertigte nachträgliche Forderungen zurückweisen und berechtigte Forderungen können quantifiziert werden.

5.10 Weitere Empfehlungen und Hinweise

Bei Unklarheiten in der Interpretation des vorliegenden geologisch-geotechnischen Berichtes und/oder bei einer Abweichung von der Prognose ist der Geologe durch den projektierenden Ingenieur oder die Bauleitung für eine Beurteilung beizuziehen (vgl. SIA 267, Ziff. 2.2.1).

Geotechnische Risiken sind einschliesslich der Massnahmen zu ihrer Bewältigung in der *Projektbasis* unter Nennung der entsprechenden Gefährdungsbilder zu beschreiben (SIA 267, Ziff. 2.2.4). Dazu kann der vorliegende geologisch-geotechnische Bericht herangezogen werden. Akzeptierte Risiken sind unter Nennung von Ausmass und Kostenfolge mit den Auftraggebenden bzw. mit der Bauträgerschaft zu vereinbaren und in der *Nutzungsvereinbarung* zu dokumentieren (SIA 267, Ziff. 2.2.5).

Die Erstellung der Nutzungsvereinbarung, der Projektbasis sowie des Kontroll- und Überwachungsplanes gemäss SIA 260 liegt im Verantwortungsbereich des projektierenden Ingenieurs.

6 NATURGEFAHREN

Gemäss der Naturgefahrenkarte des Kantons St. Gallen tangiert die Vortriebsachse im Nordosten einen Bereich welcher durch Hochwasser (geringe und mittlere Gefahrenstufe) für Hochwasser gefährdet wird.

Im Baubewilligungsverfahren sind deshalb allenfalls geeignete Objektschutzmassnahmen aufzuzeigen. Bezüglich der Gefährdung durch Hochwasser empfiehlt sich der Beizug eines Wasserbauingenieurs.

Unabhängig davon können starke Niederschläge oder eine Schneeschmelze zu erheblichen Oberflächenabflüssen führen. Es ist daher darauf zu achten, dass allfälliger Oberflächenabfluss während der Bauphase nicht in die Start- und Zielgrube gelangt.

Winterthur, 31. März 2024
250203 Bericht Baugrund.docx BB / Km

Jäckli Geologie AG



Projektbearbeitung:

Björn Bauhofer, MSc ETH, Ingenieurgeologe

Linie 890, km 9.583, Gleisquerung
Flums / SG

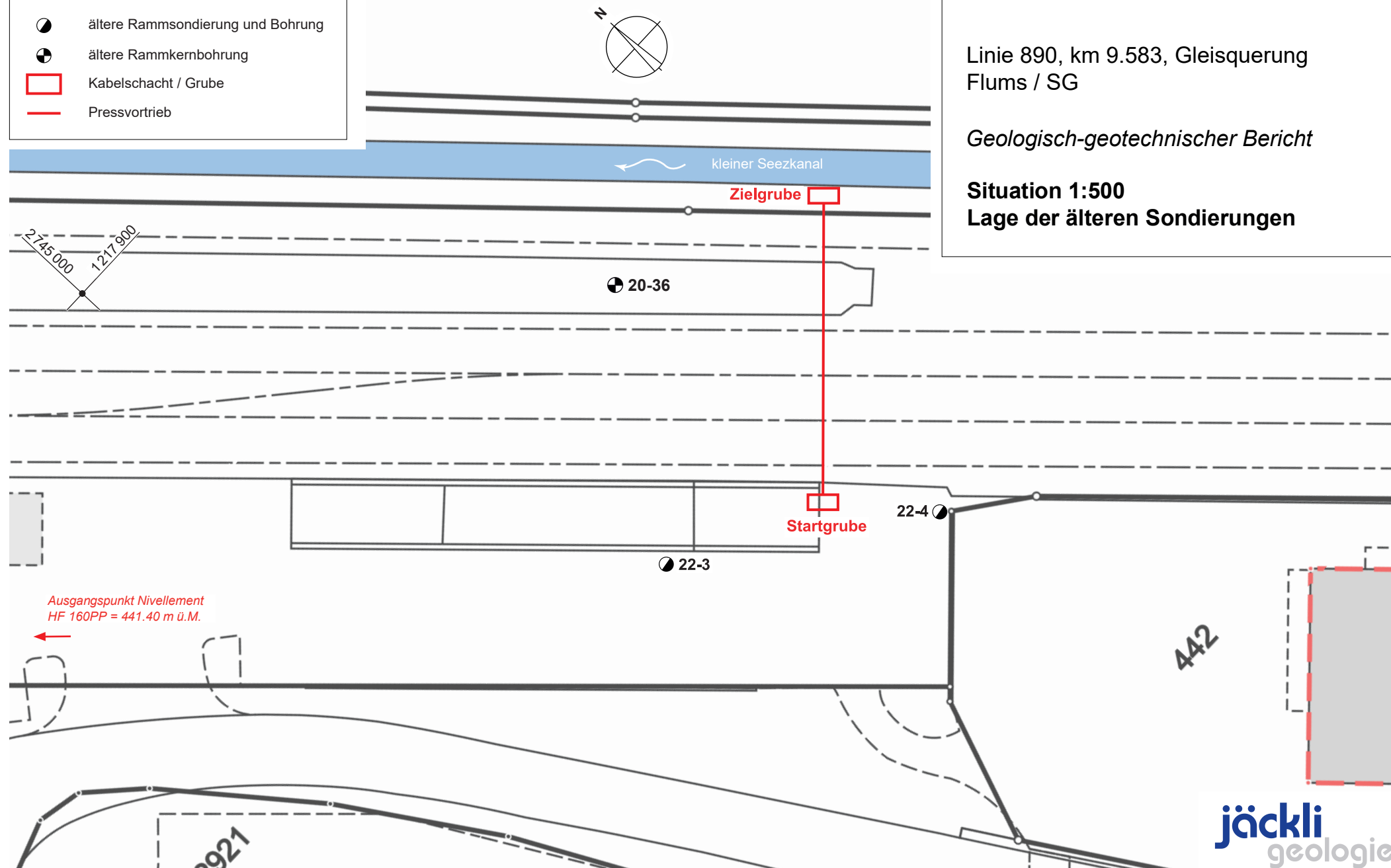
Geologisch-geotechnischer Bericht

Beilagen

- Beilage 1: Situation 1:500, Lage der älteren Sondierungen
- Beilage 2: Einzelprotokolle der älteren Sondierungen 22-3 und 22-4, 1:100
- Beilage 3: Einzelprotokolle der älteren Rammkernbohrung Nr. 20-36

Legende

- ältere Rammsondierung und Bohrung
- ⊕ ältere Rammkernbohrung
- ▭ Kabelschacht / Grube
- Pressvortrieb



Linie 890, km 9.583, Gleisquerung
Flums / SG

Geologisch-geotechnischer Bericht

Einzelprotokolle der älteren Sondierungen 22-3 und 22-4, 1:100

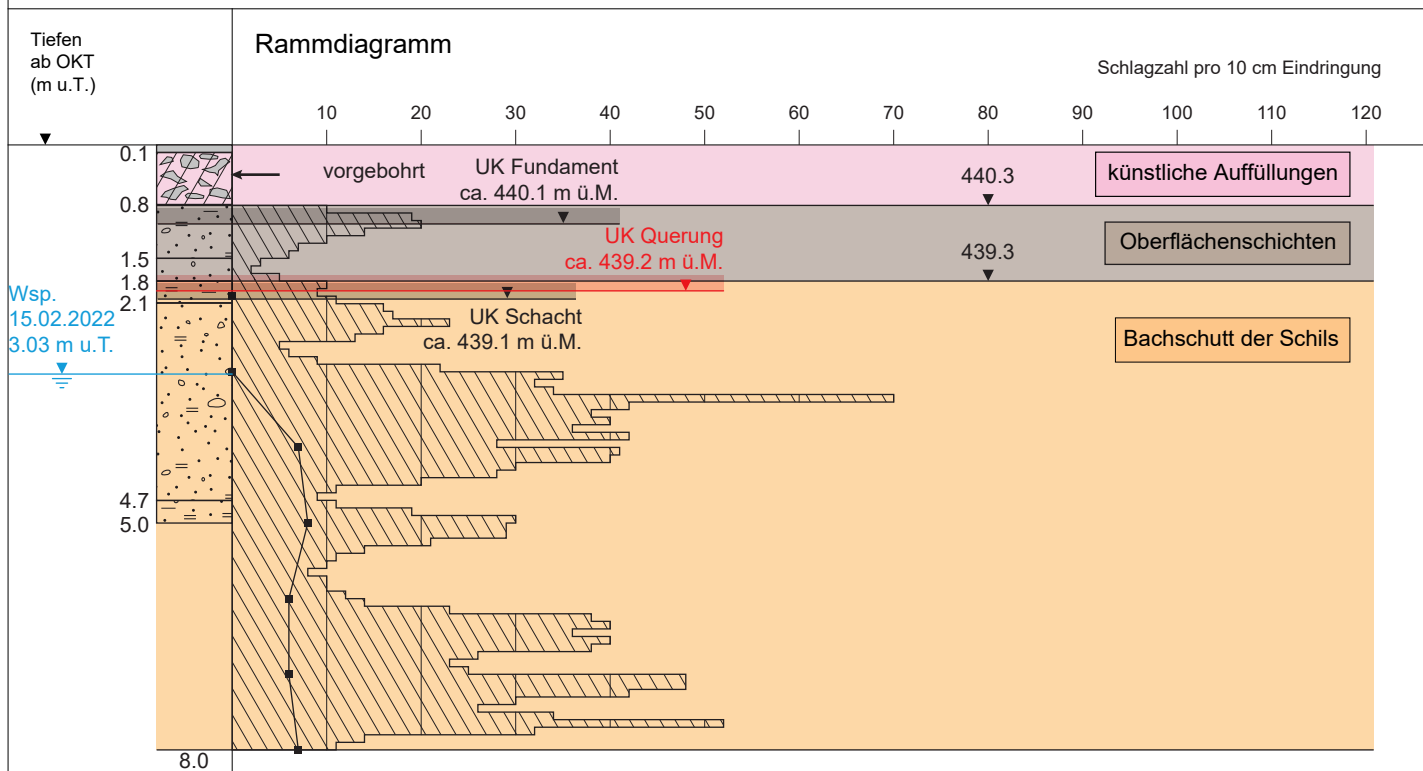
STW-Ersatz Bahnhofsareal Flums / SG

Rammsondierung Nr. 22-3

Ausführungsdatum: 14.03.2022
Koordinaten: 2 745 021 / 1 217 839

Kote OK Terrain: 441.13 m ü.M.
Kote OK Rohr: -

Massstab: 1:100
Datei: 211204 RS 3.ai / FS



- 0.0 - 0.1 grauer Betonkern (rund)
- 0.1 - 0.8 graue Betonbruchstücke
- 0.8 - 1.5 graudunkelbrauner, mässig siltiger Sand, vereinzelt Kies
- 1.5 - 1.8 graubeiger, leicht siltiger Sand, vereinzelt Kies
- 1.8 - 2.1 braunrötlicher, mässig tonig-siltiger Sand, wenig Kies
- 2.1 - 4.7 braunrötlicher, leicht siltiger Sand, wenig Kies
- 4.7 - 5.0 rötlichgrauer, leicht toniger, stark siltiger Sand, wenig Kies

Angaben zur Rammsondierung:

Rammgerät Jäckli
Fallhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg, Spitzenquerschnitt 10 cm²

Gestängereibung:

Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm, und Nachschlagen von 20 cm

STW-Ersatz Bahnhofsareal Flums / SG

Rammsondierung Nr. 22-4

Ausführungsdatum: 15.03.2022
Koordinaten: 2 745 044 / 1 217 823

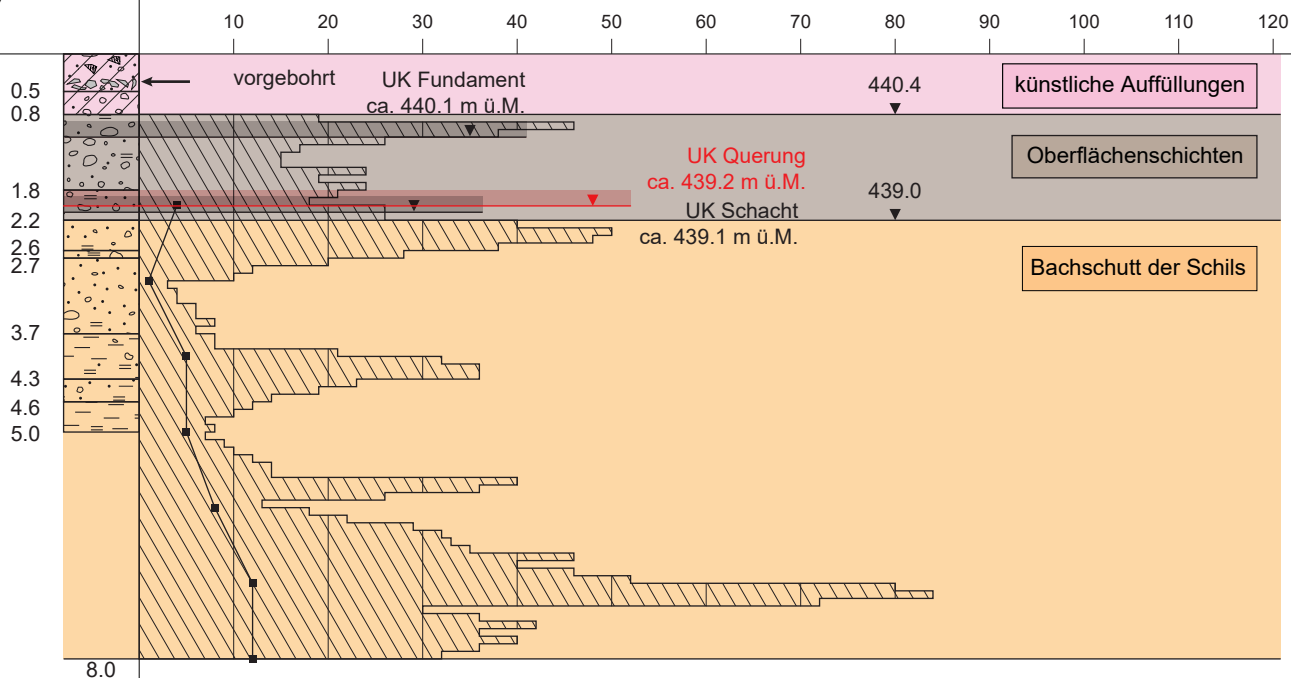
Kote OK Terrain: 441.21 m ü.M.
Kote OK Rohr: -

Massstab: 1:100
Datei: 211204 RS 4.ai / FS

Tiefen
ab OKT
(m u.T.)

Rammdiagramm

Schlagzahl pro 10 cm Eindringung



Wasserstand: trocken bis 1.80 m u.T. am 15.03.2022

- 0.0 - 0.8 graubeiger, sauberer Sand, reichlich Kies, Fremdstoffe (50 Gew.-%, Ziegelbruchstücke)
ab 0.3 m graue Betonbruchstücke
- 0.8 - 1.8 graubrauner, leicht siltiger Kies, wenig Sand
- 1.8 - 2.2 hellbrauner bis brauner, leicht siltiger Sand, viel Kies
- 2.2 - 2.6 braunroter, leicht siltiger Sand, wenig Kies
- 2.6 - 2.7 hellbrauner bis grauer, mässig siltiger Kies, wenig Sand
- 2.7 - 3.7 rotgrauer, mässig siltiger Sand, vereinzelt bis viel Kies
- 3.7 - 4.3 graubrauner, toniger Silt, wenig plastisch, weich, wenig Sand, wenig Kies
- 4.3 - 4.6 graubrauner, leicht toniger, stark siltiger Sand, wenig Kies
- 4.6 - 5.0 dunkelgrauer, toniger Silt, wenig plastisch, steif

Angaben zur Rammsondierung:

Rammgerät Jäckli
Fallhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg, Spitzenquerschnitt 10 cm²

Gestängereibung:

Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm, und Nachschlagen von 20 cm

Linie 890, km 9.583, Gleisquerung
Flums / SG

Geologisch-geotechnischer Bericht

Einzelprotokolle der älteren Rammkernbohrung Nr. 20-36

Rammkernbohrung 20-36

Bauherrschaft:	SBB AG
Sondierfirma:	Geocontrol AG, Rumlikon, Marcel Casutt
Geologische Aufnahme:	Dr. Bernasconi AG, Camilo Romero, MSc ETH Erdwissenschaften
Ausführungsdatum:	21.9.2020
Koordinaten:	2'745'036 / 1'217'863
Kote OK Terrain:	441.42 m ü.M.

Geologische Identifikation	Tiefen ab OKT in m	Materialbeschreibung
Künstliche Auffüllung ▼ 439.7	0.0 – 0.2	Schwarzbelag, geruchlich auffällig (Teergeruch)
	0.2 – 1.0	grauer, leicht siltiger Kies, wenig Sand
	1.0 – 1.5	Bohrkernverlust
	1.5 – 1.7	grauer, leicht siltiger Kies, wenig Sand
Bachscht der Schils	1.7 – 2.0	rot-brauner, mässig siltiger Sand, reichlich Kies, erdfeucht

Wasserzutritte	keine
Standfestigkeit	gemäss Bohrmeister stürzt das Bohrloch in den künstlichen Auffüllungen rasch ein
Bemerkungen	Schwarzbelag beprobt (Mischprobe «FMS Belag Perron»)



Kernfach jeweils 1 m lang