CSD INGENIEURE
VON GRUND AUF DURCHDACHT

SZU AG
TUNNEL GATTIKON

GEOTECHNISCHE GLEISUNTERSUCHUNGEN VON SCHOTTERBETT UND UNTERBAU

Aarau, den 27. Mai 2019
AG2518.700/AGMNA

CSD INGENIEURE AG
Schachenallee 29A
CH-5000 Aarau
t +41 62 834 44 00
f +41 62 834 44 01
e aarau@csd.ch
www.csd.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1. AUFTRAG 2

1.1 Projekt und Auftrag 2

1.2 Verwendete Grundlagen 3

1.3 Durchgeführte Untersuchungen 3

2. GRUNDLAGEN 4

2.1 Oberbaudaten Gleis 4

2.2 Starre Unterbauten 4

2.3 Witterung 4

2.4 Geologie und Grundwasserverhältnisse 5

2.5 Untersuchungsergebnisse und Folgerungen Gleisbau 6

2.5.1 Gleis 46

2.5.2 Frost 11

2.5.3 Entwässerung 11

3. MASSNAHMEN GLEIS 4 12

4. BEHANDLUNG GLEISAUSHUB 15

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang A Situationsplan

Anhang B Fahrbahnerneuerungskonzept

Anhang C Handschlitz-Zeichnungen

Anhang D Fotodokumentation Handschlitz-Zeichnungen

Anhang E Probenbegleitscheine

Anhang F Chemische Analytik Schotter

PRÄAMBEL

CSD bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

CSD geht davon aus, dass

- ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden
- von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird
- die Arbeitsergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

Andernfalls lehnt CSD gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch CSD jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.

1. Auftrag

1.1 Projekt und Auftrag

Ort/Strecke:	Tunnel Gattikon / Linie S4
Kilometrierung:	Gleis S4, km 11.000-11.550
Projekt:	Sanierung Tunnel Gattikon
Auftraggeber:	Sihltal-Zürich-Uetliberg Bahn SZU AG
Ansprechperson:	Frau Martina Winkler
CSD-Offerte:	Sihltal Zürich Uetliberg Bahn SZU AG, Sanierung Tunnel Gattikon, Offerte Gleissondierungen und Georadar vom 21.03.2019
Vertragsnummer / Bestellnummer:	304425

Für die Sanierung des Tunnels in Gattikon sind die vorliegenden Verhältnisse des Tunnels und des Gleisunterbaus abzuklären, um die notwendigen Massnahmen treffen zu können. Dabei ist insbesondere der Zustand der Querriegel und des alten Fabrikkanals, die Qualität und Mächtigkeit des Schotterbetts sowie die Fundation zu prüfen. Für die geologischen Abklärungen wurde die CSD INGENIEURE AG (CSD) beauftragt geotechnische Untersuchungen im Schotterbett und Unterbau gemäss R RTE 21110 [4] in Bezug auf die Beschaffenheit und Stärke des Schotterbetts, den Aufbau der Fundation und des Untergrundes sowie den Verschmutzungsgrad des Schotters durchzuführen. Die Sondierstandorte wurden in Absprache mit der SZU sowie dem begleitenden Ingenieurbüro Heierli AG abgesprochen [1]. Parallel dazu wurden auch noch Georadarmessungen durchgeführt, welche in einem separaten Bericht festgehalten sind [6]. Die geotechnischen Untersuchungen sollen grundsätzlich Antwort geben über:

- Schotterbett (Dicke, Zustand)
- Unterbau/Untergrund (Kornverteilung, Filterstabilität, Verformbarkeit)
- Entwässerung

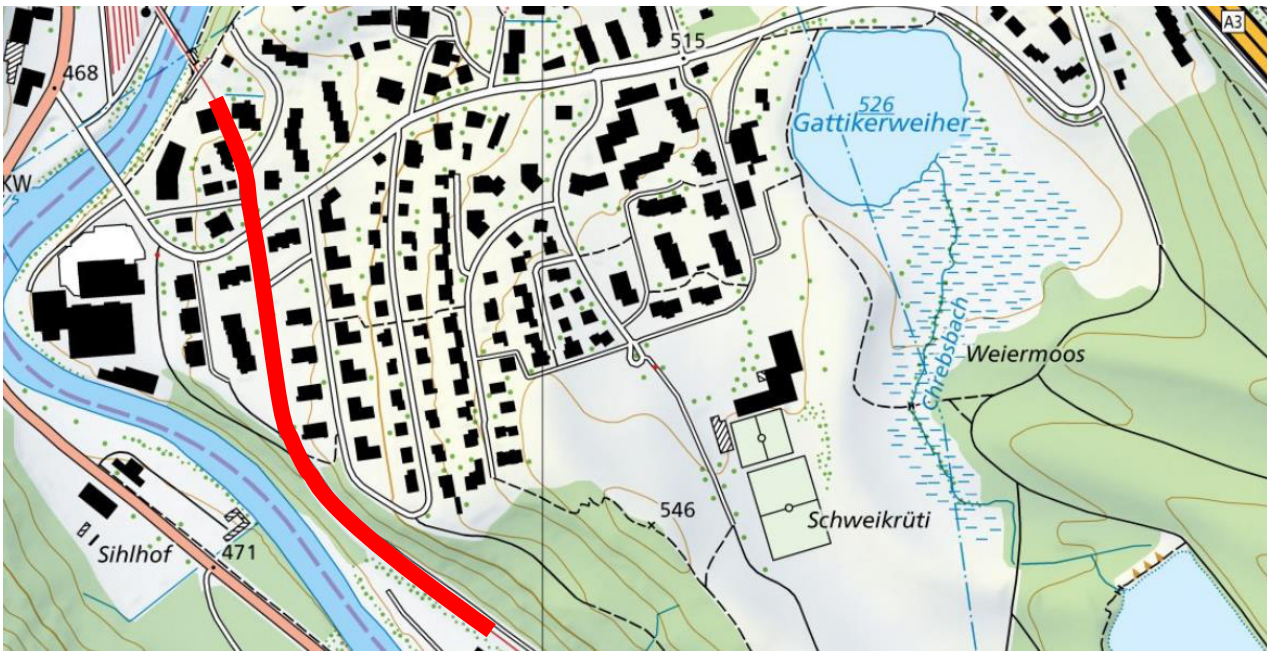


Abbildung 1.1 Situation des Untersuchungsbereichs mit rotem Projektperimeter

1.2 Verwendete Grundlagen

[1] Diverse Projektpläne der SZU (Bahnplan 1:500; Pläne zur Verlegung der Sihltalbahn: Übersichtsplan des Tunnels & Fabrikkanal unter dem Tunnel, Schalungsplan etc.), zur Verfügung gestellt per Mail von Frau Martina Winkler

[2] Geologische Karte 1:25‘000, Geologischer Atlas der Schweiz, Zürich, LK1091, Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Stand 20.05.2019

[3] Gefahren-,Grundwasser- und Gewässerschutzkarte, KbS, Parzellenpläne etc., GIS Kanton Zürich, Onlinekarten: https://maps.zh.ch/, Stand 20.05.2019

[4] Verband öffentlicher Verkehr (VÖV UTP), R RTE 21110 Unterbau und Schotter, Normalspur und Meterspur, RTE – Regelwerk Technik Eisenbahn vom Juli 2016

[5] Sihltal Zürich Uetliberg Bahn SZU AG, Langnau – Gattikon, Geotechnische Untersuchungen von Schotterbett und Unterbau vom 8. Dezember 2017 der CSD Ingenieure AG, CSD Archivunterlagen.

[6] Sihltal Zürich Uetliberg Bahn SZU AG, Tunnel Gattikon, Bericht Georadar-Messungen vom 9. April 2019 der CSD Ingenieure AG, CSD Archivunterlagen.

1.3 Durchgeführte Untersuchungen

Im Projektperimeter wurde mittels 10 Handschlitzen Oberbau und Unterbau erschlossen und beschrieben (Anhang C – D). Die im Jahr 2017 aufgenommenen Sondierungen [5] wurden vom 8.-10. April um 6 weitere Sondierungen ergänzt. An total 3 Sondierstandorten wurden Schotterproben für die Bestimmung des Verschmutzungsgrades (Summe der polyaromatischen Kohlenwasserstoffe PAK, Benzo(a)pyren BaP und Kohlenwasserstoffe KW_{10-40}) entnommen und an das Analytiklabor (Ibu AG) geschickt (vgl. Anhang F). Die Kilometrierung der Handschlitze wurde anhand er VK-Nägel in der Tunnelwand vorgenommen. Es bestehen Kilometrierungsabweichungen zur Gleiskilometrierung gemäss Bahnplan.

Zeitgleich wurden vom Ingenieurbüro Heierli AG die Querriegel des Tunnels sowie der alte Fabrikkanal sondiert.

Gleis	**HS-Nr.**	**Km (gemäss VK-Kilometrierung)**	**Topographie / Bereich**	**Untersuchungen**
	HS S4-7	*11.030*	*Anschnitt*	---
	HS 4-1	11.055	Tunnel Gattikon	Chemische Schotteranalyse
	HS S4-8.1	*11.100*	*Tunnel Gattikon*	---
	HS S4-8.2	*11.104*	*Tunnel Gattikon*	---
	HS 4-2	11.167	Tunnel Gattikon	---
Gleis 4	*HS S4-9*	*11.209*	*Tunnel Gattikon*	Chemische Schotteranalyse
	HS 4-3	11.288	Tunnel Gattikon	---
	HS 4-4	11.351	Tunnel Gattikon	---
	HS S4-10	*11.370*	*Tunnel Gattikon*	---
	HS 4-5	11.401	Anschnitt	Chemische Schotteranalyse
	HS 4-6	11.531	Damm	---

Tabelle 1.1 Standorte der Regelhandschlitze und Untersuchungsprogramm (HS: Sondierschlitz); *kursiv = Sondierung aus dem Jahr 2017*

2. Grundlagen

2.1 Oberbaudaten Gleis

Gleis	Abschnitt (km)	Bel. (GBRT/d) Bel.-Gruppe*	V_{max} (km/h)	Stopfungen	Schwellen / Profil	
					Bestand (Jahr)	Projekt
Gleis 4	11.000 - 11.365	6‘000 E3	50	0	Holz 46 E1 (1984)	
	11.365 - 11.550				Bi-Block 46 E1 (1984)	

Tabelle 2.1 Übersicht der Grunddaten zum Trasse (*zukünftige Belastung gemäss Angaben SZU AG)

2.2 Starre Unterbauten

Fabrikkanal: ungefähr bei km 11.318- 11.340

2.3 Witterung

Während den Gleissondierungen in den Nächten vom 9. – 11. April 2019 herrschten leicht regnerische Verhältnisse. Vor den Sondierarbeiten gab es während einer Woche ein starkes Niederschlagsereignis (Monatsmaximum mit 26.2 mm).

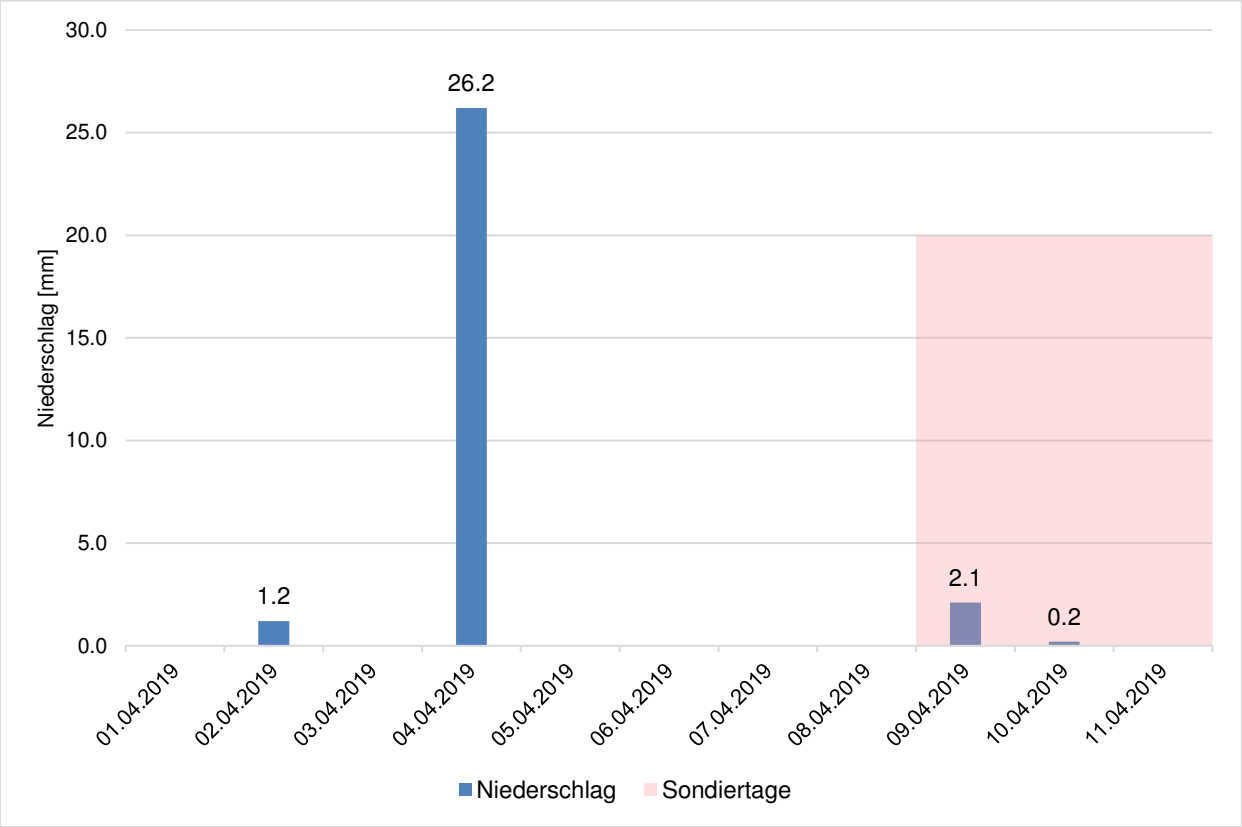


Abbildung 2.1 Niederschlagsdaten Zürich, Tagessumme von Vortag 07:00 bis Messtag 07:00 Uhr (Quelle: Niederschlagsdaten AWEL Zürich, Mettmenstetten)

2.4 Geologie und Grundwasserverhältnisse

Gemäss des geologischen Atlasses der Schweiz (1:25‘000, Blatt Nr. 1111, Albis) ist im Tunnelbereich mit Moränenmaterial zu rechnen, welches die Obere Süsswassermolasse überdeckt. Ab km 11.376 ist gemäss Geologischem Atlas mit Kalk- und Sandsteinen sowie Mergeln der Oberen Süsswassermolasse zu rechnen, wobei die Gleisanlagen auf einem Damm (künstliche Aufschüttung) zu liegen kommen.

Der Untersuchungsabschnitt streift gemäss der aktuellen Online-Gewässerschutzkarte des Kantons Zürichs ungefähr ab Kilometer 11.150 im Gewässerschutzbereich A_U (Randbereich). Gemäss der Grundwasserkarte des Kantons Zürich streift der Untersuchungsbereich auf einer kleinen Teilstrecke direkt nach dem Tunnelportal Seite Sihlwald den Randbereich des Grundwasserstroms Rütboden / Sihlwald. In diesem Bereich liegt ein Grundwasservorkommen von geringer Mächtigkeit und / oder mit schlecht durchlässiger Deckschicht vor. Der mittlere Grundwasserspiegel wird erst ab einer Tiefe von ca. 10 m erwartet.

2.5 Untersuchungsergebnisse und Folgerungen Gleisbau

2.5.1 Gleis 4

HS-Nr. km	Schotterbett	Planie	Unterbau	Untergrund
HS S4-7 km 11.030 (2017)	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **28 cm** Verschmutzungsgrad: **S1** Stopfbereiche: S2 Unterer mittlerer Schotterbereich: S3 bedingt stopfbar Regeldicke um 2 cm (7%) unterschritten.	**Evd = 55 MN/m^2 / M_{E1} = 75 MN/m^2** (niedrige Verformbarkeit) *Planie leicht geneigt (<5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird langsam seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet bzw. versickert verzögert und schadlos in Fundation und Untergrund.*	**Fundationsschicht (A5):** Grobkies, mit Steinen und viel Sand, rund, grau, erdfeucht, sauber, zuoberst leicht verlehmt, sehr dicht gelagert. **Schichtstärke: > 93 cm** Durchlässig bis stark durchlässig (10^{-6} – k-Wert – 10^{-2} m/s) Filterstabilität i. O.	**Untergrund (A1):** Untergrund bis 1.3 m ab OK Schwelle nicht erreicht
HS 4-1 km 11.055	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **20 cm** Verschmutzungsgrad: **S2** stopfbar Regeldicke um 10 cm (43%) unterschritten.	**Evd = - MN/m^2 / M_{E1} = - MN/m^2** (Wasser) (angenommen niedrige Verformbarkeit) *Planie stark geneigt (Quergefälle >5%). Anfallendes Wasser wird seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet. Allerdings wurde bei der Sondierung ein Wasserstrom angetroffen, welcher im rechten Gleisbereich im Schotter floss und die Sondierung störte.*	**Fundationsschicht (A5):** Kies, stark sandig, evtl. steinig, nass, dicht gelagert, beige. **Schichtstärke: > 5 cm** Schwach durchlässig (10^{-8} – k-Wert – 10^{-6} m/s) Filterstabilität i. O. Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Untergrund (A1):** Untergrund wurde nicht erreicht.

HS-Nr. km	Schotterbett	Planie	Unterbau	Untergrund
HS S4-8.1 km 11.100	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **18 cm** Verschmutzungsgrad: **S1** linker Stopfbereich: S3 rechter Stopfbereich: S4 nicht stopfbar Regeldicke um 12 cm (40%) unterschritten	**Evd = 40 MN/m^2 / M_{E1} = 50 MN/m^2** (niedrige Verformbarkeit) *Planie geneigt (ca. 5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird langsam seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet bzw. versickert verzögert und schadlos in Fundation und Untergrund.*	**Fundationsschicht (A5):** Feinkies mit Sand und Silt, schwarz, mitteldicht, an Basis Steinbett. **Schichtstärke: 37 cm** Durchlässig (10^{-6} – k-Wert – 10^{-4} m/s) Filterstabilität ungenügend Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Verbesserter Untergrund (A3):** Ab 0.70 m ab OK Schwelle Steinbett
HS S4-8.2 km 11.104	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **17 cm** Verschmutzungsgrad: **S4** Schotter verlehmt, nicht reinigbar Regeldicke um 13 cm (43%) unterschritten	**Evd = - MN/m^2 / M_{E1} = - MN/m^2** *Planie geneigt (ca. 5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird langsam seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet bzw. versickert verzögert in Fundation und Untergrund. Abfluss durch Verlehmung nicht gewährleistet.*	**Fundationsschicht (A5):** Kies mit viel Sand, nass. **Schichtstärke: 37 cm** Stark durchlässig (10^{-4} – k-Wert – 10^{-2} m/s) Filterstabilität ungenügend. Stehendes Wasser ca. ab 0.51 m ab OK Schwelle. Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Verbesserter Untergrund (A3):** Ab 0.70 m ab OK Schwelle Steinbett

HS-Nr. km	Schotterbett	Planie	Unterbau	Untergrund
HS 4-2 km 11.167	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **20 cm** Verschmutzungsgrad: **S4** Seitliche Gleisbereiche: S1-2 nicht stopfbar Regeldicke um 10 cm (33%) unterschritten.	**Evd = - MN/m^2 / M_{E1} = - MN/m^2** (Wasser) (angenommen niedrige Verformbarkeit) *Planie leicht geneigt (<5% Quergefälle) mit Stauwasser. Anfallendes Wasser wird langsam seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet.*	**Fundationsschicht (A5):** Kies, stark sandig, nass, Komponenten kantig mit teils gerundeten Kieskörnern, mitteldicht gelagert, grau. **Schichtstärke: 33 cm** Durchlässig (10^{-6} – k-Wert – 10^{-4} m/s) Filterstabilität ungenügend Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Untergrund (A1):** Kies, stark siltig, sandig, schwach tonig, nass, dicht gelagert, beige. **Schichtstärke: >16 cm** Geringe bis mittlere Wasserempfindlichkeit Leichte bis mittlere Frostempfindlichkeit (G2-G3) $k_f = 10^{-7}$ m/s M_{E1} = 30 MN/m^2
HS S4-9 km 11.209	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **18 cm** Verschmutzungsgrad: **S2-3** nicht stopfbar Regeldicke um 12 cm (40%) unterschritten.	**Evd = 25 MN/m^2 / M_{E1} = 28 MN/m^2** (mittlere Verformbarkeit) *Planie leicht geneigt (<5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird langsam seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet.*	**Fundationsschicht (A5):** Grobsand und Feinkies (gebrochen), schwarz, erdfeucht, +/- kompakt. **Schichtstärke: 47 cm** Durchlässig (10^{-6} – k-Wert – 10^{-4} m/s) Filterstabilität ungenügend Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Verbesserter Untergrund (A3):** Ab 0.85 m ab OK Schwelle Steinbett

HS-Nr. km	Schotterbett	Planie	Unterbau	Untergrund
HS 4-3 km 11.288	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **26 cm** Verschmutzungsgrad: **S4** Linker Stopfbereich: S1-2 Rechter Stopfbereich: S2 nicht stopfbar Regeldicke um 4 cm (13%) unterschritten.	**Evd = 20 MN/m^2 / M_{E1} = 22 MN/m^2** (hohe Verformbarkeit) *Planie unregelmässig. Anfallendes Wasser im linken Gleisbereich wird langsam seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet.*	**Fundationsschicht (A5):** Kies, stark sandig, feucht, locker gelagert, grau. **Schichtstärke: 19 cm** Stark durchlässig (10^{-4} – k-Wert – 10^{-2} m/s) Filterstabilität ungenügend Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Untergrund (A1):** Kies, stark siltig, sandig, schwach tonig, feucht, dicht gelagert, beige. **Schichtstärke: >28 cm** Geringe bis mittlere Wasserempfindlichkeit Leichte bis mittlere Frostempfindlichkeit (G2-G3) $k_f = 10^{-7}$ m/s M_{E1} = 30 MN/m^2
HS 4-4 km 11.351	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **22 cm** Verschmutzungsgrad: **S4** Seitliche Bereiche: S1-2 Nicht stopfbar Regeldicke um 8 cm (26%) unterschritten.	**Evd = 20 MN/m^2 / M_{E1} = 22 MN/m^2** (hohe Verformbarkeit) *Planie stark geneigt (>5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet.*	**Fundationsschicht (A5):** Kies, stark sandig, feucht bis nass, Komponenten kantig, locker gelagert, grau. **Schichtstärke: 23 cm** Stark durchlässig (10^{-4} – k-Wert – 10^{-2} m/s) Filterstabilität ungenügend Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Verbesserter Untergrund (A3):** Ab 0.62 m ab OK Schwelle Steinbett **Evtl. Untergrund (A1):** Kies, stark tonig, siltig, schwach sandig, erdfeucht, beige. Mittlere bis starke Wasserempfindlichkeit Leichte bis mittlere Frostempfindlichkeit (G2-G3) $k_f = 10^{-8}$ m/s M_{E1} = 25 MN/m^2

HS-Nr. km	Schotterbett	Planie	Unterbau	Untergrund
HS S4-10 km 11.370	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **13 cm** Verschmutzungsgrad: **S1-2** Unterer Schotterbereich: S2 stopfbar Regeldicke um 17 cm (57%) unterschritten.	**Evd = 45 MN/m² / M_{E1} = 58 MN/m²** (niedrige Verformbarkeit) *Planie stark geneigt (>5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird seitlich in die Entwässerungsleitung abgeleitet bzw. versickert verzögert und schadlos in Fundation und Untergrund.*	**Fundationsschicht (A5):** Grobsand mit Feinkies, grauschwarz, erdfeucht, mitteldicht. **Schichtstärke: 26 cm** Stark bis sehr stark durchlässig (10^{-4} – k-Wert – 10^{-2} m/s) Filterstabilität i. O. Geovlies am Übergang zum Untergrund	**Untergrund (A1):** Siltiger Feinsand mit Kies und Steinen, hellbraun-beige, sehr dicht. **Schichtstärke: > 16 cm** Mittlere bis starke Wasserempfindlichkeit Leichte Frostempfindlichkeit (G2) $k_f = 10^{-7}$ m/s M_{E1} = 20 MN/m²
HS 4-5 km 11.401	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **18 cm** Verschmutzungsgrad: **S1-2** stopfbar Regeldicke um 12 cm (40%) unterschritten.	**Evd = 70 MN/m² / M_{E1} = 100 MN/m²** (sehr niedrige Verformbarkeit) *Planie leicht geneigt (<5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird langsam seitlich in den offenen Entwässerungsgraben abgeleitet bzw. versickert verzögert und schadlos in Fundation und Untergrund.*	**Fundationsschicht (A5):** Kies, stark sandig, erdfeucht, Komponenten kantig, mitteldicht gelagert, grau. **Schichtstärke: 42 cm** Stark bis sehr stark durchlässig (10^{-4} – k-Wert – 10^{-2} m/s) Filterstabilität i. O.	**Untergrund (A1):** Kies, sandig, tonig, siltig, erdfeucht, dicht gelagert, beige. **Schichtstärke: > 5 cm** Mittlere bis starke Wasserempfindlichkeit Leichte bis mittlere Frostempfindlichkeit (G2-G3) $k_f = 10^{-7}$ m/s M_{E1} = 25 MN/m²
HS 4-6 km 11.531	Min. Schotterdicke UK Schwelle: **19 cm** Verschmutzungsgrad: **S1-2** Unterster Schotterbereich: S3 stopfbar Regeldicke um 11 cm (33%) unterschritten.	**Evd = 110 MN/m² / M_{E1} = >100 MN/m²** (sehr niedrige Verformbarkeit) *Planie leicht geneigt (<5% Quergefälle). Anfallendes Wasser wird langsam seitlich über die Dammschulter Abgeleitet.*	**Fundationsschicht (A5):** Kies, stark sandig, erdfeucht, dicht gelagert, grau. **Schichtstärke: 41 cm** Stark bis sehr stark durchlässig (10^{-4} – k-Wert – 10^{-2} m/s) Filterstabilität i. O.	**Dammmaterial (A2):** Kies, stark sandig, erdfeucht, dicht gelagert, beige. **Schichtstärke: > 5 cm** Geringe Wasserempfindlichkeit Vernachlässigbare Frostempfindlichkeit (G1) $k_f = 10^{-5}$ m/s M_{E1} = 40 MN/m²

Tabelle 2.2 Gleis 4: Schotterbettdicke, Verschmutzungsgrad Schotter, Unterbau, Untergrund

2.5.2 Frost

Gleis	Bereich	Frostempfindlichkeit	Ungünstige hydrologische Bedingungen	Frostereignisse bekannt	Bauliche Massnahmen zur Verbesserung des Frostschutzes
Gleis 4	11.000-11.135	G1-G2	Ja	k.A.	Es sind keine Frostereignisse bekannt, aber aufgrund der ungünstigen hydrogeologischen Situation (viel Wasser im Gleisbereich) wird empfohlen die Entwässerungssituation zu verbessern resp. die Fundation auf die erforderliche Frosttiefe zu dimensionieren.
	11.135-11.376	Wechselnd zwischen G1-G2 und G2-G3	Ja	k.A.	
	11.376-11.450	G2-G3	Nein	k.A	
	11.450-11.550	G1	Nein	k.A.	

Tabelle 2.3 Empfehlungen zur Frostdimensionierung [1)] Gemäss R RTE 21110 Kap 4.3

2.5.3 Entwässerung

Gleis	Bereich km	Bestehende Entwässerungsleitung	Quergefälle der Planie	Vernässungen, Stauwasser, Verlehmungen	Bauliche Massnahmen zur Verbesserung der Entwässerungssituation
Gleis 4	11.000-11.040	Es ist eine rechtsseitige offene Entwässerungsleitung vorhanden, mit fliessendem Wasser.	Leicht geneigt (Quergefälle <5%)	Stauwasser auf der Planie, beginnende Verlehmung unten.	Die Entwässerung im Tunnelbereich ist unzureichend. Es wird empfohlen, die Entwässerungssituation während der Sanierung anzupassen und ein Entwässerungskonzept zu erarbeiten, welches die Tunnelwandentwässerung sowie anfallendes Wasser im Gleisbereich (Sickerwasser Tunnelwand, defekte Tunnelwandentwässerung o.Ä.) effizient ableitet.
	11.040-11.376	Linksseitige Entwässerungsleitung zwischen 0.85 und 1.00 m ab Oberkante Schiene, mit fliessend Wasser.	Stark bis leicht geneigt (Quergefälle von >5 % bis <5%), teils unregelmässig	Viele Vernässungen. Teils fliessendes Wasser im Schotterbett (Portal Langnau, HS 4-1), teils Wasser in der Fundation, auftretende Verlehmungen unterschiedlichen Fortschritts und Stauwasser auf der Planie	
	11.376-11.550	Linksseitige Entwässerungsleitung, im Anschnitt-Bereich offener Entwässerungsgraben (trocken am 10.4.2019), im Dammbereich ca. ab km 11.468 wurde während der Nachtsondierungen keine Entwässerungsleitung resp. Schacht angetroffen	Leicht geneigt (Quergefälle <5%)	nein	Es werden keine Massnahmen als nötig empfunden.

Tabelle 2.4 Empfehlungen zur Entwässerung des Gleisbereichs

3. Massnahmen Gleis 4

Bei der Variantenwahl müssen Überlegungen u. a. zur Wirtschaftlichkeit, LCC, Unterhaltsphilosophie, zukünftigen Belastung und zum Betrieb berücksichtigt werden. Benachbarte Abschnitte sind mit einzubeziehen. Falls die Gleise während des Umbaus ausser Betrieb genommen werden können, wird im Normalfall unter dem Einsatz geringerer finanzieller Mittel eine höhere Qualität erzielt (vgl. R RTE 21110, Ziffer 4ff).

Gemäss unseren Angaben sollen im gesamten Untersuchungsbereich die vorliegenden Schwellen belassen werden. Im Fahrbahnerneuerungskonzept (Anhang B) sind die jeweiligen Massnahmen in einem Profil dargestellt.

Das Schotterbett ist nach einer Nutzung von ca. 35 Jahren im Tunnelbereich in einem schlechten Zustand, Teilabschnitte sind verlehmt und auch nass, was auf eine unzureichende oder defekte Entwässerung zurückgeführt werden kann. Es treten diverse Wassereintritte aus der Tunnelwand auf. Die Filterstabilität der Fundation ist häufig nicht gewährleistet.

Aufgrund der guten Datengrundlage (inkl. Georadar) konnten die Massnahmen für den Tunnel in sehr kleine Abschnitte eingeteilt werden. Es ist zu prüfen, ob solch eine kleinräumige Änderung der Sanierungsart sinnvoll ist. Allenfalls sind Abschnitte zusammenzufassen.

Gleiskilometer	Holz 46 E1 (21 cm Schotter)	Holz 46 E1 (30 cm Schotter)
11.000 - 11.040	**Schotterersatz (40 m):** Inkl. Abziehen der Planie mit 5% Quergefälle und Verdichtung der Planie.	
	Regeldicke eingehalten.	**Erstellung der Regeldicke** **Gleishebung** um 2 cm falls möglich oder Absenkung um dieselben Beträge, inkl. Schotterersatz, Verdichtung der Planie und Einbringen eines Quergefälles von mind. 5%.
11.040 - 11.090	**Schotterreinigung (55 m)** Ausfall ca. 30% **Tiefenbegrenzung bei Schotterarbeiten:** 30 cm ab OK Schwelle	
	Erstellung der Regeldicke **Gleishebung** um 1 cm falls möglich	**Erstellung der Regeldicke** **Gleishebung** um 10 cm
	Es wird empfohlen die Entwässerungssituation detailliert anzuschauen, um Stauwasser auf der Planie zu beheben.	
11.090 – 11.125	**Minimalvariante:** **Schotterersatz (35 m):** Inkl. Abziehen der Planie mit 5% Quergefälle und Verdichtung der Planie. Lösen der Entwässerungssituation um zukünftige Verlehmungen zu verhindern. **Optimalvariante:** **Unterbausanierung (35 m):** Diese erfolgt je nach zur Verfügung stehender Umbauzeit ein- oder zweischichtig. Der zweischichtige Umbau ist in jedem Fall vorzuziehen:	

Gleiskilometer	Holz 46 E1 (21 cm Schotter)	Holz 46 E1 (30 cm Schotter)
	■ Normalprofil: s. Anhang 7 R RTE 21110 ■ Fundationsschicht: AC RAIL 22 (7 cm) über mind. 25 cm Kiesgemisch 0/45 (Dimensionierungsgrösse 15 MN/m^2 M_{E1}-Wert) inkl. Anschluss an eine neue Entwässerung (Typ 4) ■ Geotextil auf Planum mit Funktion „trennen“ Bei einschichtigem Umbau: Fundationsschicht: mind. 30 cm Kiessand PSS inkl. Entwässerung gemäss Ziff. 7.3.2 RTE 21110. Geotextil auf Planum mit Funktion „trennen“	
	Erstellung der Regeldicke **Gleishebung** um 3 cm	**Erstellung der Regeldicke** **Gleishebung** um 12 cm
	Eine Absenkung ist aufgrund der geringen Mächtigkeit der Fundationsschicht nicht zu empfehlen. Falls eine Hebung nicht möglich ist, ist eine Unterbausanierung zu wählen (Optimalvariante).	
11.125 – 11.155 (nur aufgrund von Georadar)	**Schotterreinigung (30 m)** Ausfall vermutlich ca. 30% **Tiefenbegrenzung bei Schotterarbeiten:** Ca. 30 cm ab OK Schwelle.	
	Regeldicke eingehalten	**Erstellung der Regeldicke** **Gleishebung** um 5 bis 10 cm
11.155 – 11.190	**Minimalvariante:** **Schotterersatz (35 m):** Inkl. Abziehen der Planie mit 5% Quergefälle und Verdichtung der Planie. Lösen der Entwässerungssituation um zukünftige Verlehmungen zu verhindern. **Optimalvariante:** **Unterbausanierung (35 m):** Diese erfolgt je nach zur Verfügung stehender Umbauzeit ein- oder zweischichtig. Der zweischichtige Umbau ist in jedem Fall vorzuziehen: ■ Normalprofil: s. Anhang 7 R RTE 21110 ■ Fundationsschicht: AC RAIL 22 (7 cm) über mind. 25 cm Kiesgemisch 0/45 (Dimensionierungsgrösse 15 MN/m^2 M_{E1}-Wert) inkl. Anschluss an eine neue Entwässerung (Typ 4) ■ Geotextil auf Planum mit Funktion „trennen“ Bei einschichtigem Umbau: Fundationsschicht: mind. 30 cm Kiessand PSS inkl. Entwässerung gemäss Ziff. 7.3.2 RTE 21110. Geotextil auf Planum mit Funktion „trennen“	
	Erstellung der Regeldicke **Gleishebung** um 1 cm falls möglich	**Erstellung der Regeldicke** **Gleishebung** um 10 cm

<table>
<tr><th>Gleiskilometer</th><th>Holz 46 E1 (21 cm Schotter)</th><th>Holz 46 E1 (30 cm Schotter)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">11.190 – 11.270</td><td colspan="2">Schotterreinigung (80 m)
Ausfall ca. 30 - 35%

Tiefenbegrenzung bei Schotterarbeiten:
30 cm ab OK Schwelle.</td></tr>
<tr><td>Erstellung der Regeldicke
Gleishebung
um 3 cm</td><td>Erstellung der Regeldicke
Gleishebung
um 12 cm</td></tr>
<tr><td colspan="2">oder Absenkung der Planie um denselben Betrag → inkl. Verdichtung der Planie und Einbringen eines Quergefälles von mind. 5% (normalerweise bedingt dies einen Schotterersatz).</td></tr>
<tr><td rowspan="3">11.270 – 11.365</td><td colspan="2">Minimalvariante:
Schotterersatz (95 m):
Inkl. Abziehen der Planie mit 5% Quergefälle und Verdichtung der Planie. Lösen der Entwässerungssituation um zukünftige Verlehmungen zu verhindern.

Optimalvariante:
Unterbausanierung (95 m):
Diese erfolgt je nach zur Verfügung stehender Umbauzeit ein- oder zweischichtig. Der zweischichtige Umbau ist in jedem Fall vorzuziehen:
■ Normalprofil: s. Anhang 7 R RTE 21110
■ Fundationsschicht: AC RAIL 22 (7 cm) über mind. 25 cm Kiesgemisch 0/45 (Dimensionierungsgrösse 15 MN/m^2 M_{E1}-Wert) inkl. Anschluss an eine neue Entwässerung (Typ 4)
■ Geotextil auf Planum mit Funktion „trennen“
Bei einschichtigem Umbau:
Fundationsschicht: mind. 30 cm Kiessand PSS inkl. Entwässerung gemäss Ziff. 7.3.2 RTE 21110.
Geotextil auf Planum mit Funktion „trennen“</td></tr>
<tr><td>Regeldicke durchgehend eingehalten</td><td>Erstellung der Regeldicke
Gleishebung
km 11.270 – 11.320: um 4 cm
km 11.320 – 11.365: um 8 cm</td></tr>
<tr><td colspan="2">Eine Absenkung ist aufgrund der geringen Mächtigkeit der Fundationsschicht nicht zu empfehlen. Falls eine Hebung nicht möglich ist, ist eine Unterbausanierung zu wählen (Optimalvariante).</td></tr>
</table>

Gleiskilometer	Bi-Block 46 E1 (21 cm Schotter)	Bi-Block 46 E1 (30 cm Schotter)
11.365 – 11.550	**Schotterreinigung (185 m)** Ausfall ca. 25% **Tiefenbegrenzung bei Schotterarbeiten:** km 11.365 – 11.385: 30 cm, km 11.385 – 11.550: 35 cm ab OK Schwelle.	
	Erstellung der Regeldicke Gleishebung km 11.365 – 11.385: um 8 cm km 11.385 – 11.480: um 3 cm* km 11.480 – 11.550: um 2 cm*	**Erstellung der Regeldicke Gleishebung** km 11.365 – 11.385: um 17 cm km 11.385 – 11.480: um 12 cm* km 11.480 – 11.550: um 11 cm*
	*oder Absenkung der Planie um denselben Betrag → inkl. Verdichtung der Planie und Einbringen eines Quergefälles von mind. 5% (normalerweise bedingt dies einen Schotterersatz). Ist weder eine Hebung noch eine Absenkung möglich empfehlen wir eine Unterbausanierung mit verlegen eine Geovlieses mit der Funktion trennen auf dem Planum.	

Tabelle 3.1 Übersicht der Empfehlungen Gleis 4

4. Behandlung Gleisaushub

Es wurden 2 Schotterproben entnommen (Anhang E) und chemisch analysiert. Ebenfalls mit berücksichtigt wurde die Probe von HS S4-9 aus dem Jahr 2017. Die Gehalte an polyaromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Benzo(a)pyren (BaP) und Kohlenwasserstoffen (KW_{10-40}) sind im Anhang F ersichtlich. Resultate der Probe HS S4-9 wurden aus dem entsprechenden Bericht kopiert. Die Beurteilung des Verschmutzungsgrades basiert auf der VVEA-Norm. Der Schotter der untersuchten Gleisabschnitte ist gemäss folgender Tabelle zu verwerten:

Gleis	Bereich	Verschmutzungsgrad	Verwertung gemäss BAV-Gleisaushubrichtlinie
Gleis 4	km 11.000 – 11.130	**A2** (verwerten, VVEA A.3, Z.2)	wie tolerierbar verschmutztes Aushubmaterial
	km 11.130 – 11.550	**A** (verwerten, VVEA A.3, Z.2)	uneingeschränkte Verwertung

Tabelle 4.1 Beurteilung des Verschmutzungsgrades und der Verwertbarkeit des Schotters

CSD INGENIEURE AG

Bernhard Müller	Marcel Nägeli
Dipl. Ing. ETH/SIA	MSc ETH Erdw. / Geologe

Aarau, den 27. Mai 2019

KOREFERENT

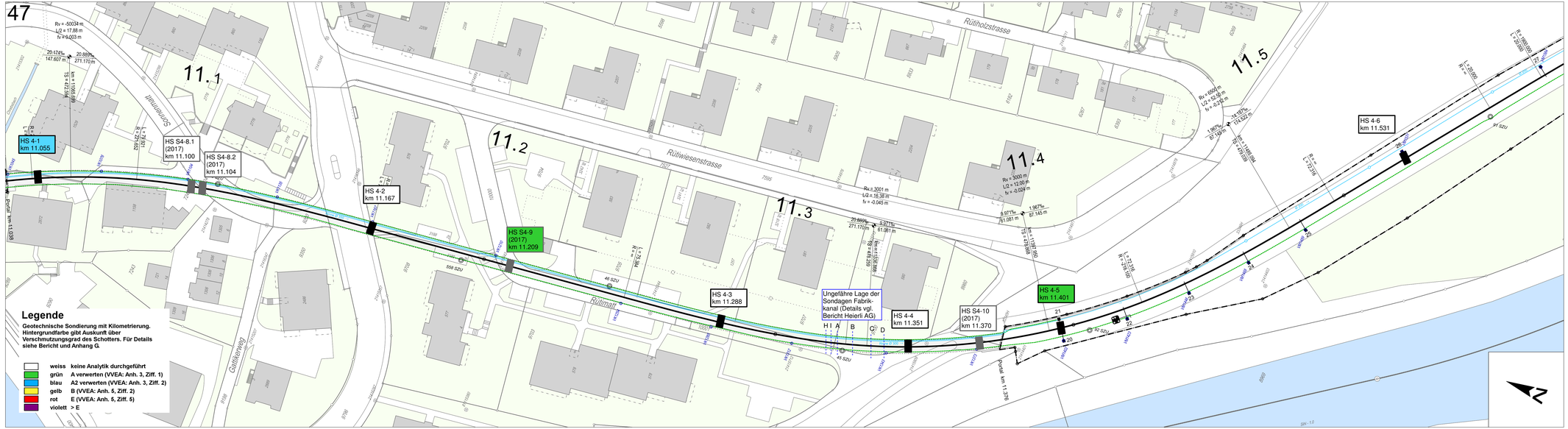
Marcel Nägeli, MSc ETH Erdw. / Geologe

ANDERE BETEILIGTE MITARBEITENDE

Tanja Schenker, MSc ETH Erdw. / Geologin

Aus Umweltschutzgründen druckt CSD seine Dokumente auf 100 % Recyclingpapier (ISO 14001).

Anhang A SITUATIONSPLAN



Legende:

	SZU Kabelanlage	KV	Kabelverteiler / Schacht
	SZU Meteorwasser		Kontrollschacht / Schlammsammler
	Wasser		Schieber / Hydrant
	Abwasser		Kontrollschacht / Schlammsammler
	Elektro		Beleuchtung / Schacht
	Swisscom		Schacht Swisscom
	Cablecom		Schacht Cablecom
	Gas		Schieber Gas
	Projekt		

HS 6
km ??.???
HS mit Farbcodierung
(ausgefüllt = Resultat Analytik Schotterprobe) Kilometrierung anhand VM-Bolzen

HS 7
km ??.???
HS ohne Schotterprobe
(hellgrau aus dem Jahr 2017)

Die Vollständigkeit und die genaue Lage der eingetragenen Leitungen sind vor Baubeginn durch den Unternehmer bei den Werken zu kontrollieren.

SZU
Sihltal Zürich Uetliberg
Bahn AG
Wolframplatz 21
8045 Zürich

SZU Langnau - Sihlwald
km 11.1 - 11.5
Bahnplan Nr. 47
Situation 1:500

Auftr. Nr.:	1250.100	Gezeichnet:	OWE	Geändert:	A: 10.08.2016
Format:	30/126	Geprüft:	___		B: -
Datum:	25.08.2015	Ing. Plan Nr.:	1250-1047		C: -
					D: -

SZU
Abteilung Bau
Wolframplatz 21
8045 Zürich

Basler & Hofmann
Ingenieure, Planer und Berater
Forchstrasse 395, Postfach, CH-8032 Zürich
T +41 44 387 11 22, F +41 44 387 11 00
www.baslerhofmann.ch

Anhang B FAHRBAHNERNEUERUNGSKONZEPT

SZU Sihltal Zürich Uetliberg Bahn

Erneuerungskonzept der Fahrbahn

Zustand, geotechnische Empfehlungen und Konzept der PM Filiale

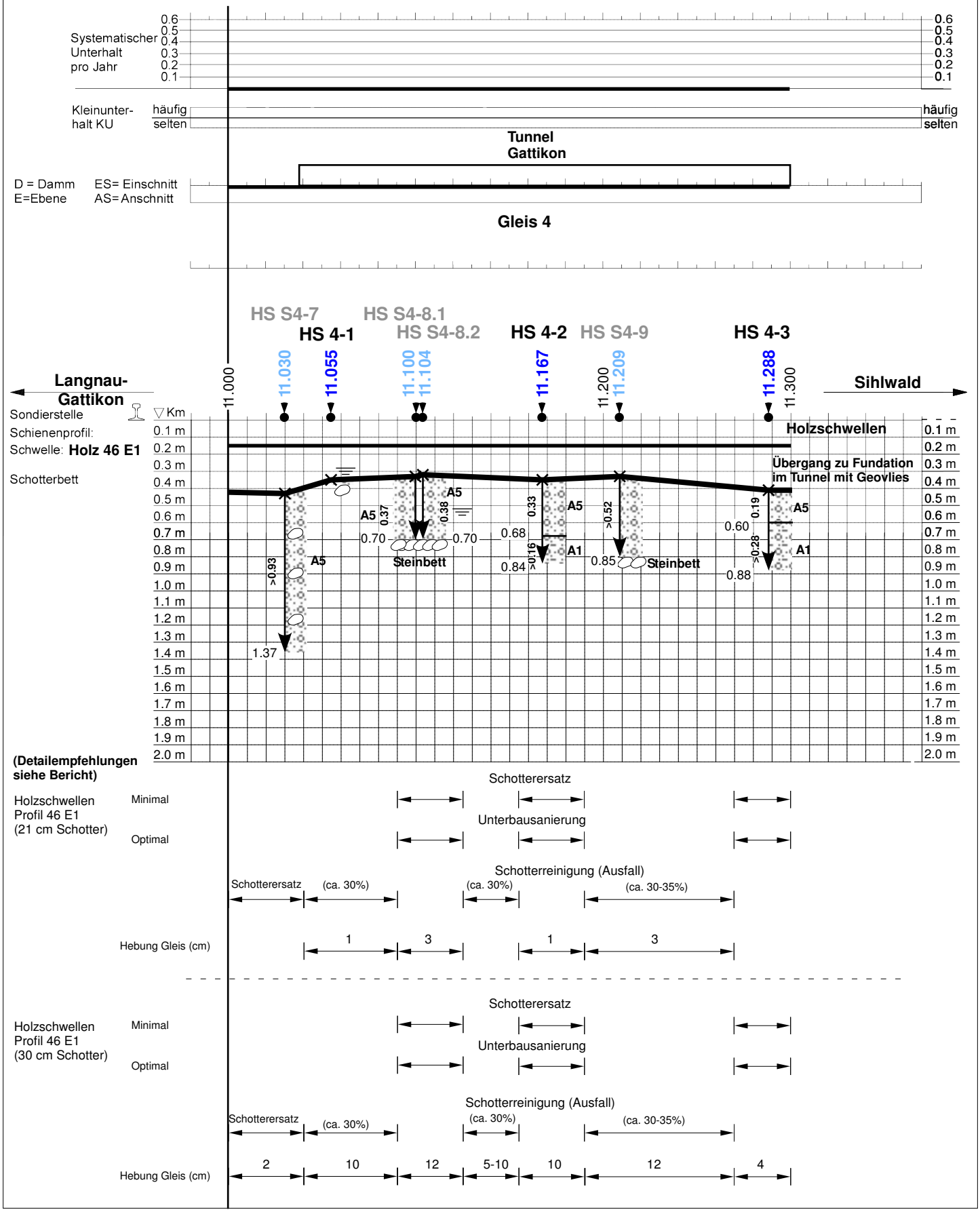
Auftrag Nr.: **AG2518.700**

ANHANG B.1

Strecke: **Tunnel Gattikon**
Linie S4 , km 11.000 - 11.300

Gleiskategorie: **E3**

Gez.:	TSC
Datum:	28.05.2019



SZU Sihltal Zürich Uetliberg Bahn

Erneuerungskonzept der Fahrbahn

Zustand, geotechnische Empfehlungen und Konzept der PM Filiale

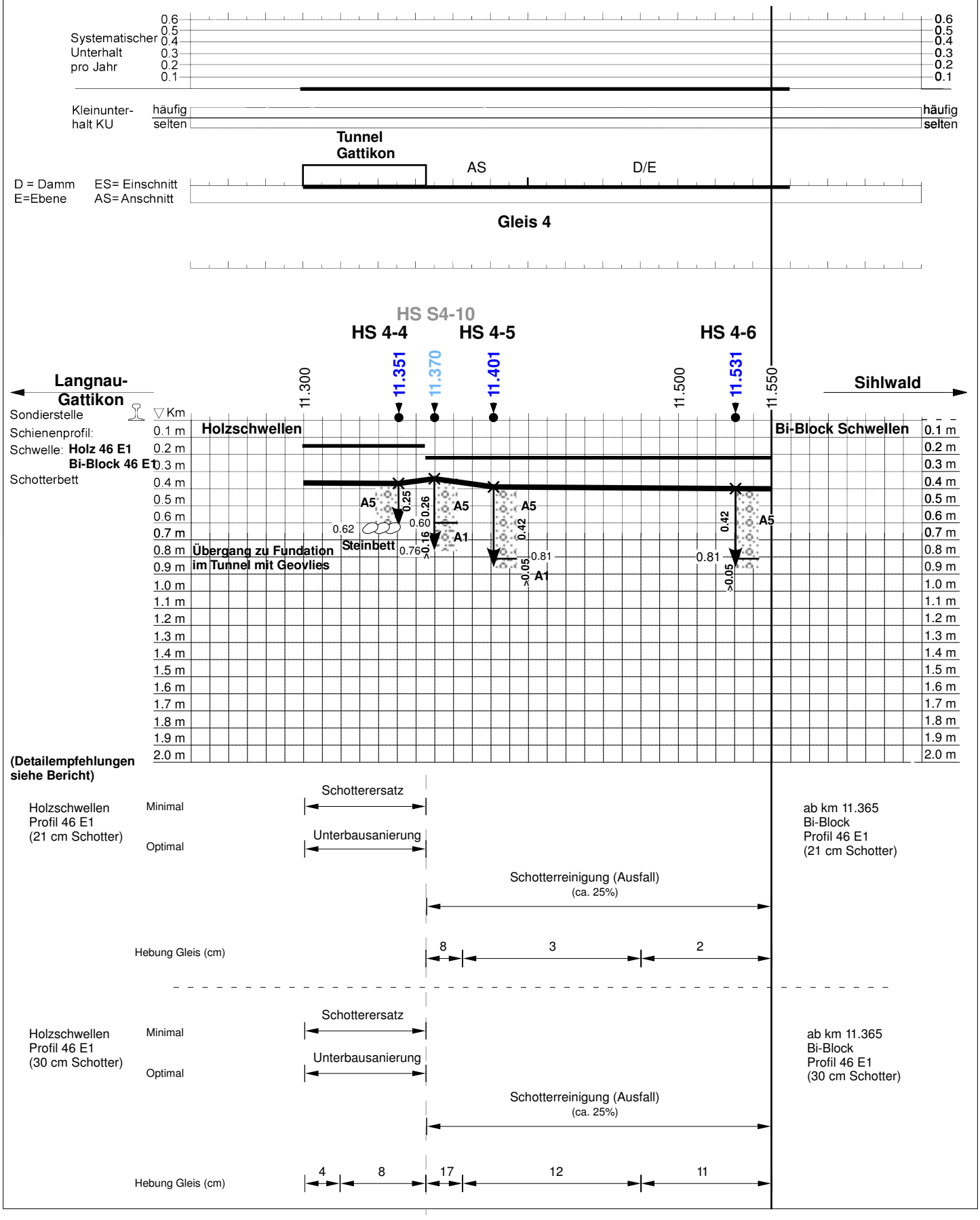
Auftrag Nr.: **AG2518.700**

ANHANG B.2

Strecke: **Tunnel Gattikon**
Linie S4 , km 11.000 - 11.550

Gleiskategorie: **E3**

Gez.:	TSC
Datum:	29.05.2019



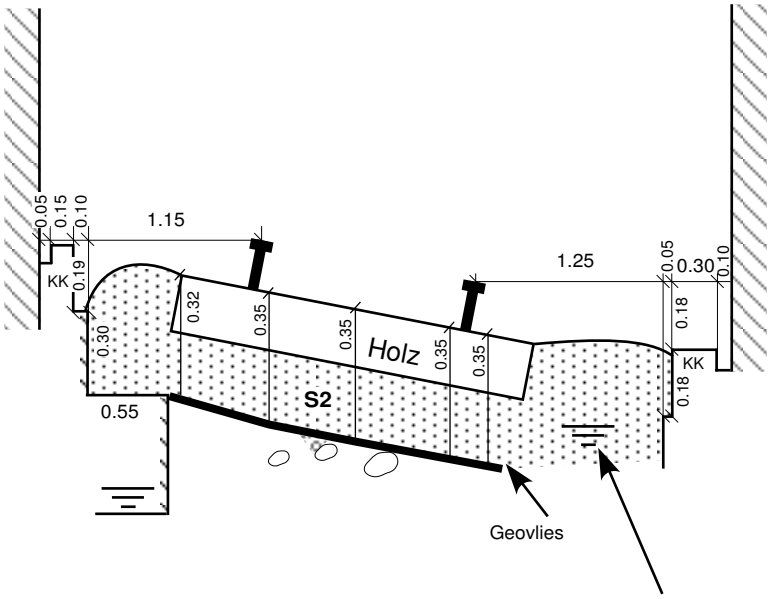
Anhang C HANDSCHLITZ-ZEICHNUNGEN

CSDINGENIEURE+	**Handschlitz Nr.: HS 4-1** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C1 Bericht Nr: AG2518.700
Linie / Strecke: S10 / Langnau - Gattikon		km: 11.055
Topographie: Tunnel		Gez.: TSC / Datum: 11.04.2019

Gleis 4

Überhöhung:

11 cm



bachartig fliessendes Wasser,
von tiefergehender Sondierung in der Gleismitte
wurde wegen einlaufendem Wasser abgesehen.

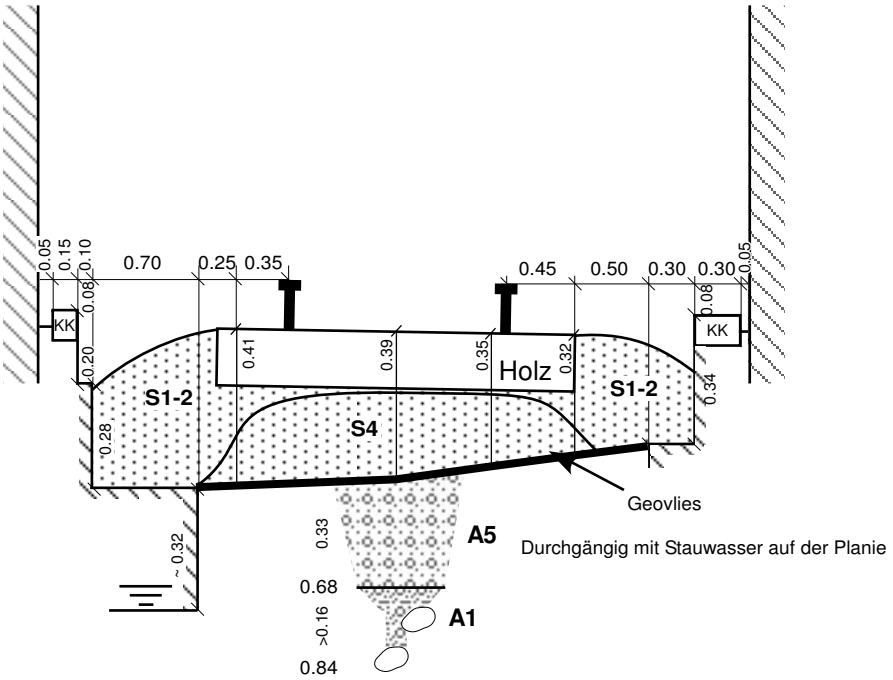
S2:	Mässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt. Mässig gut reinigbar (Ausfall ca. 30%). Körner aus Kieselkalk, kantig bis kantengerundet.
Planie:	Stark geneigt (Quergefälle >5%), nass.
A5 vermutet:	Kies, stark sandig, evtl. steinig, nass, dicht gelagert, beige.

CSDINGENIEURE+	**Handschlitz Nr.: HS 4-2** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C2 Bericht Nr: AG2518.700
Linie / Strecke: S10 / Langnau - Gattikon		km: 11.167
Topographie: Tunnel		Gez.: TSC / Datum: 10.04.2019

Gleis 4

Überhöhung:

1 cm



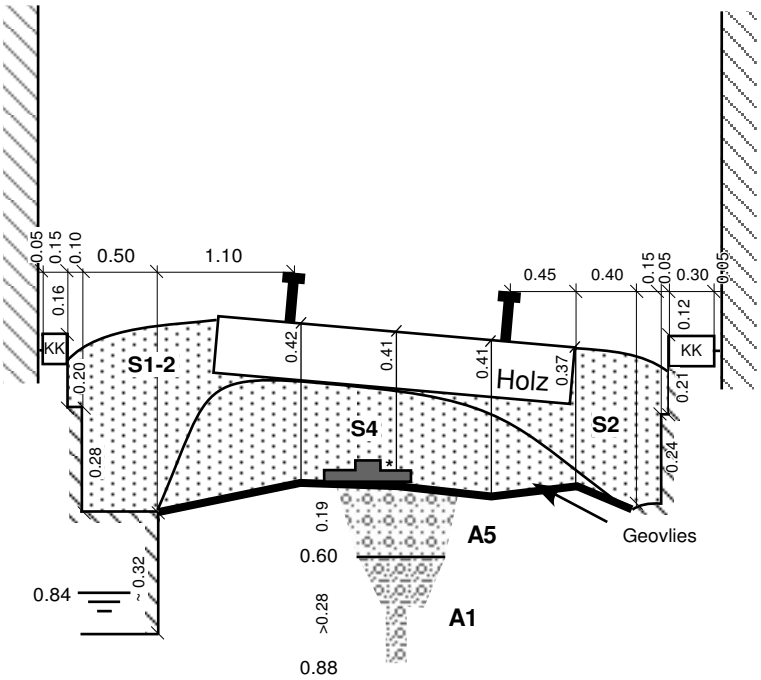
S4:	Mit Feinanteilen (von unten) verlehmter Schotter, nicht mehr reinigbar. Nicht stopfbar. Körner aus Kieselkalk, kantig bis kantengerundet.
S1-2:	Äussere Stopfbereiche leicht bis mässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt. Leicht bis mässig gut reinigbar. Aufgrund mittiger Verlehmung nicht mehr stopfbar.
Planie:	Leicht geneigt (Quergefälle <5%), nass (mit Stauwasser).
A5:	Kies, stark sandig, nass, Komponenten kantig mit teils gerundeten Kieskörnern, mitteldicht gelagert, grau.
A1:	Kies, stark siltig, sandig, schwach tonig, nass, dicht gelagert, beige.

CSDINGENIEURE+	**Handschlitz Nr.: HS 4-3** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C3 Bericht Nr: AG2518.700
Linie / Strecke: S10 / Langnau - Gattikon		km: 11.288
Topographie: Tunnel		Gez.: TSC / Datum: 10.04.2019

Gleis 4

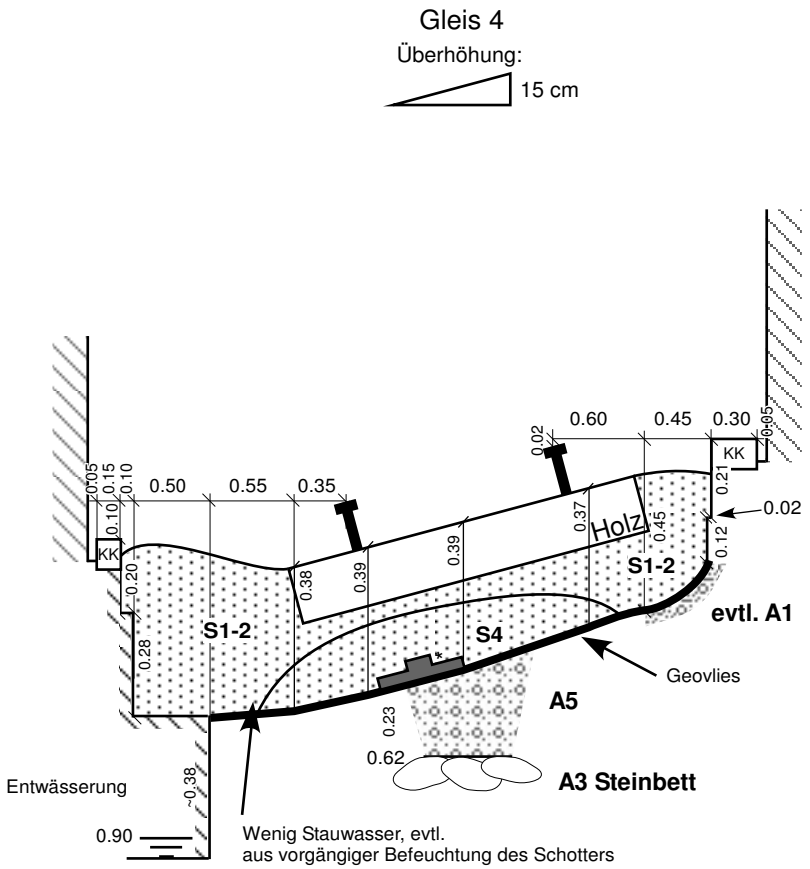
Überhöhung:

5 cm



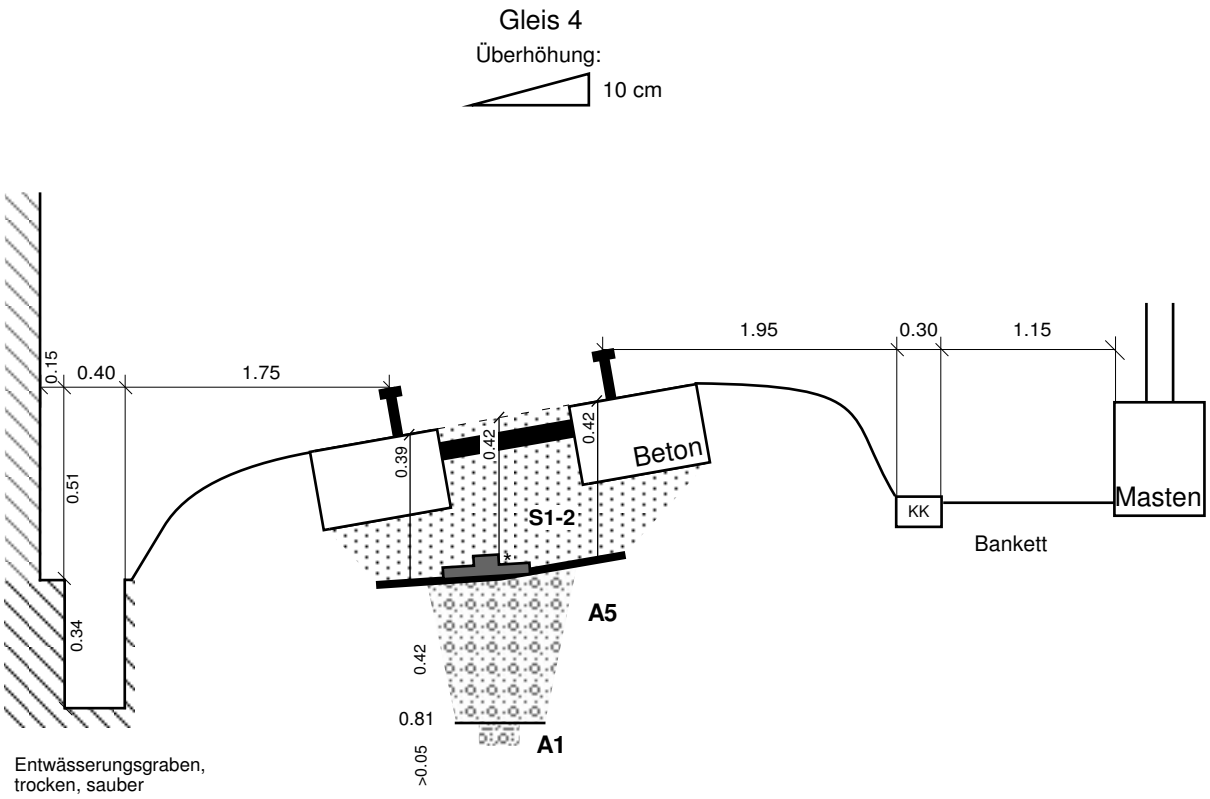
S4:	Mit Feinanteilen (von unten) verlehmter Schotter, nicht mehr reinigbar. Nicht stopfbar. Körner aus Kieselkalk, kantig bis kantengerundet.
S1-2:	Linker Stopfbereich leicht bis mässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt. Leicht bis mässig gut reinigbar. Aufgrund mittiger Verlehmung nicht mehr stopfbar.
S2:	Rechter Stopfbereich mässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt. Mässig gut reinigbar. Aufgrund mittiger Verlehmung nicht mehr stopfbar.
Planie:	Unregelmässig, hohe Verformbarkeit (*Evd= 20 MN/m^2), nass (Bewässerung wegen Staubbildung Saugbagger).
A5:	Kies, stark sandig, feucht, locker gelagert, grau.
A1:	Kies, stark siltig, sandig, schwach tonig, feucht, dicht gelagert, beige.

CSDINGENIEURE+	**Handschlitz Nr.: HS 4-4** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C4 Bericht Nr: AG2518.700
Linie / Strecke: S10 / Langnau - Gattikon		km: 11.351
Topographie: Tunnel		Gez.: TSC / Datum: 10.04.2019



S4:	Mit Feinanteilen (von unten) verlehmter Schotter, nicht mehr reinigbar. Nicht stopfbar. Körner aus Kieselkalk, kantig bis kantengerundet.
S1-2:	Stopfbereiche leicht bis mässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt. Leicht bis mässig gut reinigbar. Aufgrund mittiger Verlehmung schlecht stopfbar.
Planie:	Stark geneigt (Quergefälle >5%), hohe Verformbarkeit (*Evd= 20 MN/m^2), nass (evtl. aufgrund Bewässerung wegen Staubbildung Saugbagger).
A5:	Kies, stark sandig, feucht bis nass, Komponenten kantig, locker gelagert, grau.
A3:	Steinbett, beige.
A1:	Kies, stark tonig, siltig, schwach sandig, erdfeucht, beige.

CSDINGENIEURE+	**Handschlitz Nr.: HS 4-5** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C5 Bericht Nr: AG2518.700
Linie / Strecke: S10 / Langnau - Gattikon		km: 11.401
Topographie: Anschnitt / Damm		Gez.: TSC / Datum: 10.04.2019



S1-2: Schwach bis mässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt.
Gut bis mässig gut reinigbar (Ausfall ca. 25%). Stopfbar.
Körner aus Kieselkalk, kantig bis kantengerundet.

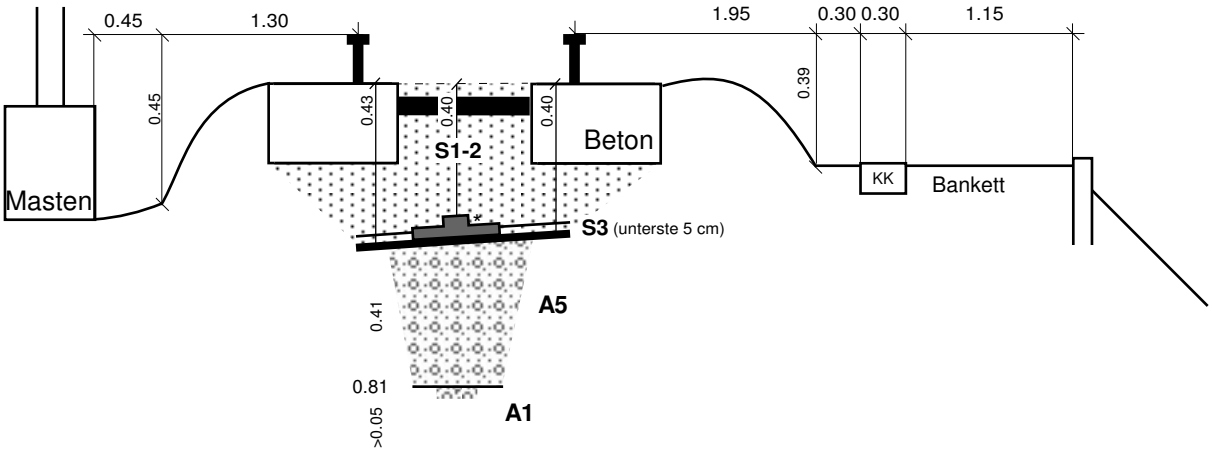
Planie: Leicht geneigt (Quergefälle <5%), sehr niedrige Verformbarkeit (*Evd= 70 MN/m^2), erdfeucht.

A5: Kies, stark sandig, erdfeucht, Komponenten kantig, mitteldicht gelagert, grau.

A1: Kies, sandig, tonig, siltig, erdfeucht, dicht gelagert, beige.

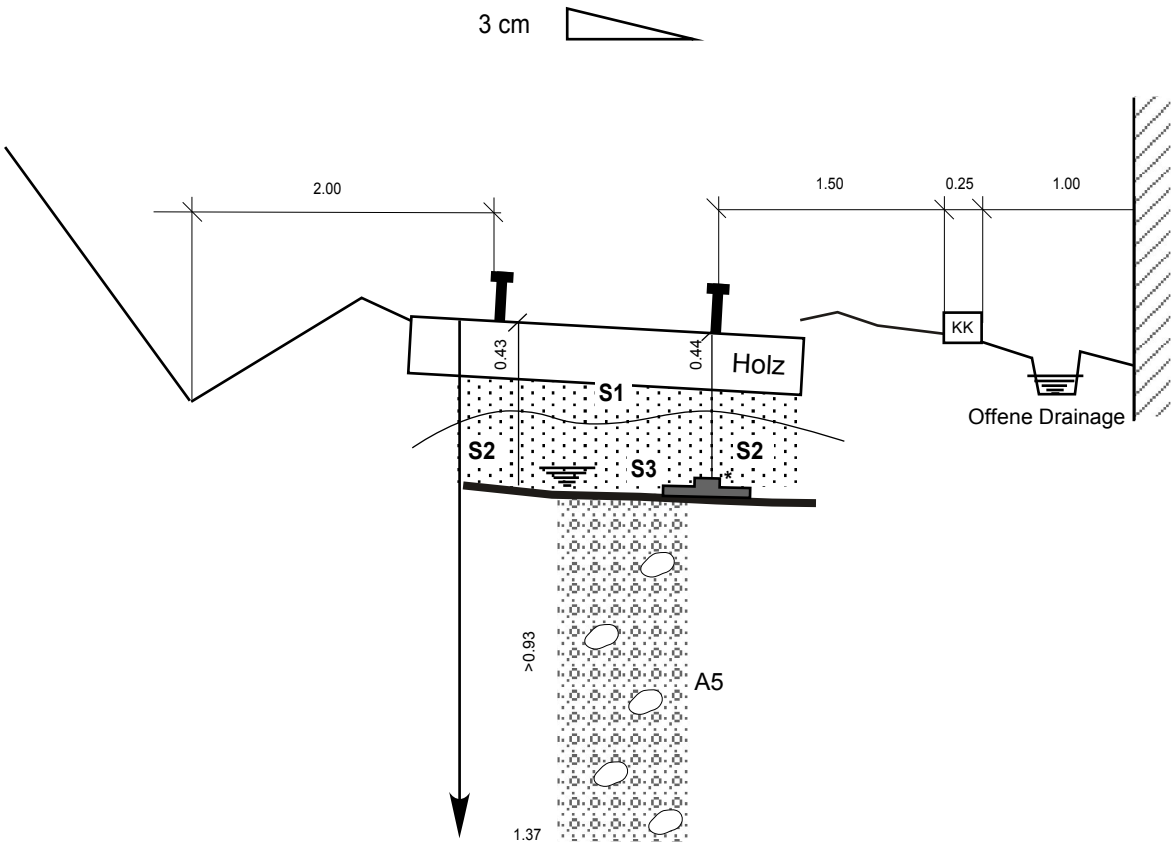
CSDINGENIEURE+	**Handschlitz Nr.: HS 4-6** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C6 Bericht Nr: AG2518.700
Linie / Strecke: S10 / Langnau - Gattikon		km: 11.531
Topographie: Anschnitt / Damm		Gez.: TSC / Datum: 11.04.2019

Gleis 4



S1-2:	Schwach bis mässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt. Gut bis mässig gut reinigbar (Ausfall ca. 25%). Stopfbar. Körner aus Kieselkalk, kantig bis kantengerundet.
S3:	Unterste 5 cm stark mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt. Schlecht reinigbar. Nicht stopfbar.
Planie:	Leicht geneigt (Quergefälle <5%), sehr niedrige Verformbarkeit (*Evd= 110 MN/m^2), erdfeucht.
A5:	Kies, stark sandig, erdfeucht, dicht gelagert, grau.
A1:	Kies, stark sandig, erdfeucht, dicht gelagert, beige.

CSDINGENIEURE+		**Handschlitz Nr.: HS S4-7** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C21 Bericht Nr.: AG2518.100
Gez.:	SFI	Linie / Strecke: Langnau - Gattikon	Datum Bericht: 08.12.2017
Datum:	22.08.2017	Topographie: Ebene	km: 11.030



S1: Körner aus Kieselkalk, kantig.
Gut reinigbar (Ausfall ca. 20%).

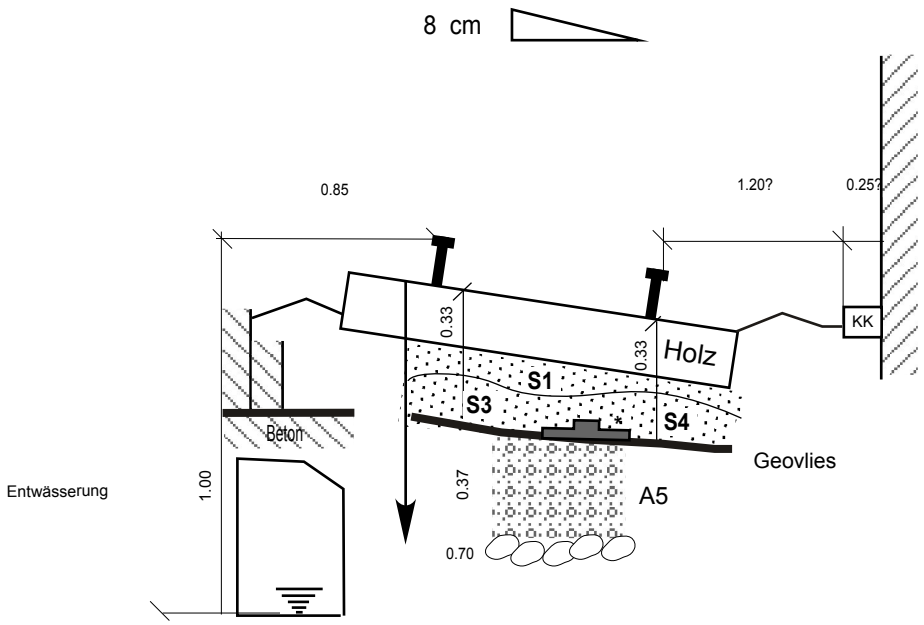
S2: Stopfbereiche mittelmässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt.
Mässig gut reinigbar.

S3: Unterer Schotterbereich stark mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigter Schotter. Nicht mehr reinigbar.

Planie: Leicht geneigt (Quergefälle < 5%), niedrige Verformbarkeit (56.68 MN/m^2), nass.

A5: Grobkies, mit Steinen und viel Sand, rund, grau, erdfeucht, sauber, zuoberst leicht verlehmt, sehr dicht gelagert.

CSDINGENIEURE+		**Handschlitz Nr.: HS S4-8.1** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C22 Bericht Nr.: AG2518.100
Gez.:	SFI	Linie / Strecke: Langnau - Gattikon	Datum Bericht: 08.12.2017
Datum:	22.08.2017	Topographie: Tunnel	km: 11.100



S1: Körner aus Kieselkalk, kantig.
Gut reinigbar (Ausfall ca. 20%).

S3: Mittlerer Stopfbereich stark mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb bzw. seitlich eingeschwemmten Feinanteilen verunreinigter Schotter. Nicht mehr reinigbar.

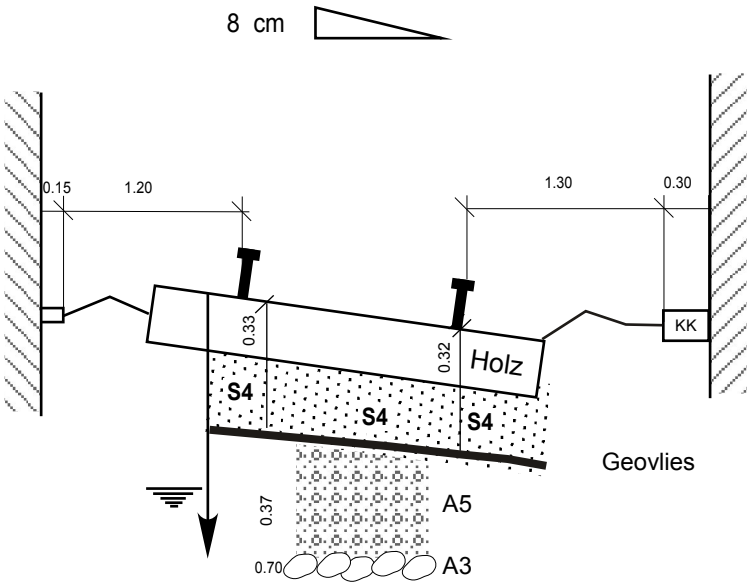
S4: Mit Feinanteilen von unten verlehmter Schotter, nicht mehr reinigbar.

Planie: Geneigt (Quergefälle ca. 5%), niedrige Verformbarkeit (42.37 MN/m^2).

A5: Feinkies mit Sand und Silt, schwarz, mitteldicht. An Basis Steinbett.

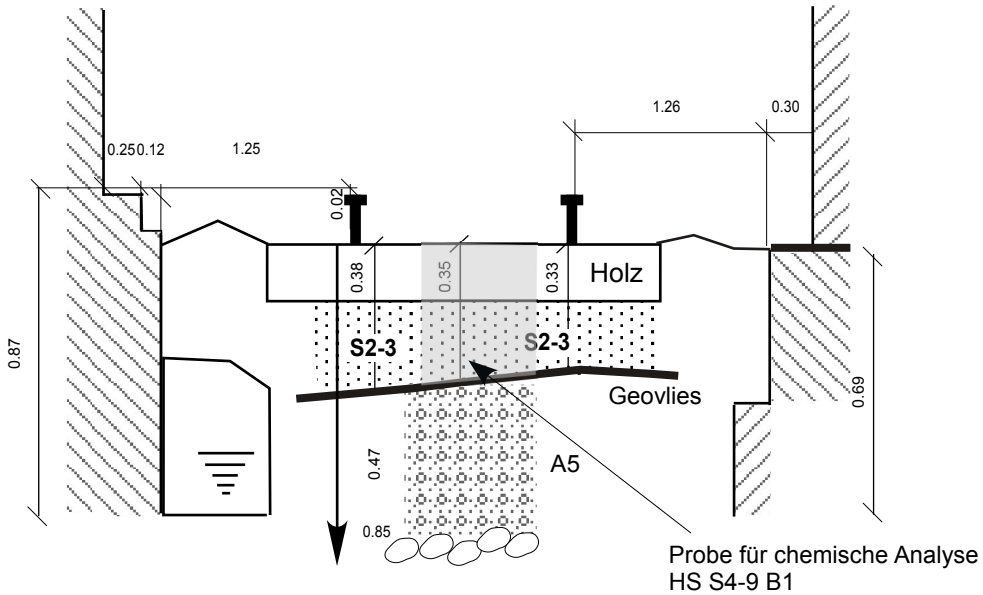
CSDINGENIEURE+		**Handschlitz Nr.: HS S4-8.2** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C23 Bericht Nr.: AG2518.100
Gez.:	SFI	Linie / Strecke: Langnau - Gattikon	Datum Bericht: 08.12.2017
Datum:	23.08.2017	Topographie: Tunnel	km: 11.104

Zweite Sondierung leicht verschoben



S4:	Seitlich eingeschwemmten Feinanteilen verlehmter Schotter, nicht mehr reinigbar.
Planie:	Geneigt (Quergefälle ca. 5%).
A5:	Kies mit viel Sand, nass.
A3:	Steinbett

CSDINGENIEURE+		**Handschlitz Nr.: HS S4-9** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C24 Bericht Nr.: AG2518.100
Gez.:	SFI	Linie / Strecke: Langnau - Gattikon	Datum Bericht: 08.12.2017
Datum:	23.08.2017	Topographie: Tunnel	km: 11.209

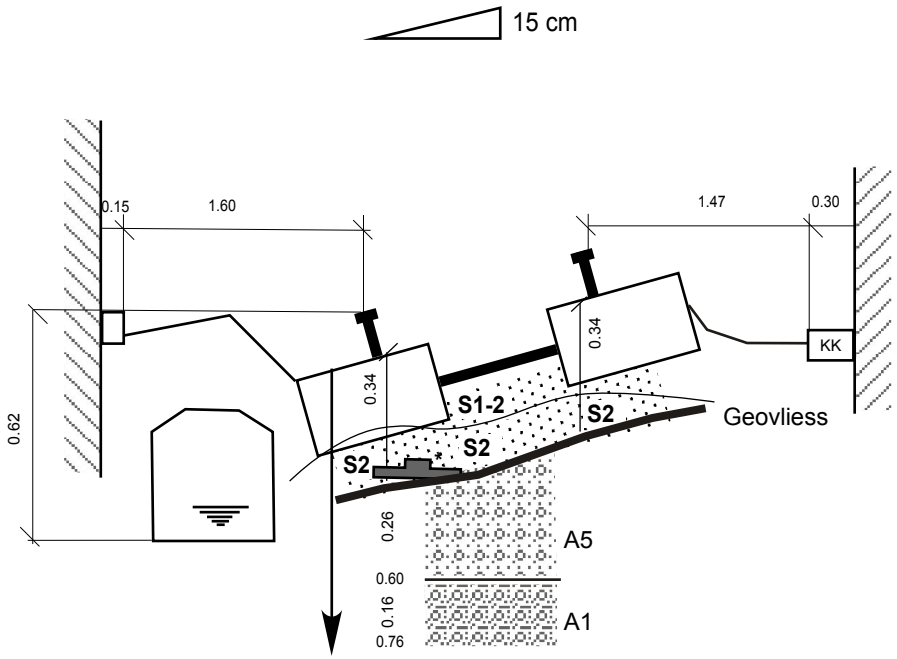


S2: Mässig mit Betriebsschmutz und viel sandiger Abrieb verunreinigt.
Mässig gut reinigbar.

Planie: Eben, mittlere Verformbarkeit (25.34 MN/m^2).

A5: Grobsand und Feinkies (gebrochen), schwarz, erdfeucht, +/- kompakt. Darunter Steinbett.

CSDINGENIEURE+		**Handschlitz Nr.: HS S4-10** Massstab 1:50 / 1:20	ANHANG: C25 Bericht Nr.: AG2518.100
Gez.:	SFI	Linie / Strecke: Langnau - Gattikon	Datum Bericht: 08.12.2017
Datum:	23.08.2017	Topographie: Tunnel	km: 11.370



S1-2: Leicht bis mittelmässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt.
Körner aus Kieselkalk, kantig bis kantengerundet.
Gut bis mässig gut reinigbar (Ausfall ca. 25%).

S2: Stopfbereiche mittelmässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt.
Mässig gut reinigbar.

Planie: Geneigt (Quergefälle ca. 5%), niedrige Verformbarkeit (46.68 MN/m^2).

A5: Grobsandmit Feinkies, grau -schwarz, erdfeucht, mitteldicht.

A1: Siltiger Feinsand mit Kies und Steinen, hellbraun - beige, sehr dicht.

Anhang D FOTODOKUMENTATION HANDSCHLITZ-ZEICHNUNGEN

Abb. 1 – HS 4-1: Profil durch den Schotter im mittleren Gleisbereich.

Abb. 2 – HS 4-1: Ansicht fliessendes Wasser im rechten Gleisbereich, läuft in Sondierschlitz.

Abb. 3 – HS 4-1: Ansicht des linken Gleisbereiches mit Kante Entwässerungskanal.

Abb. 4 – HS 4-1: Wasser in der Sondierung.

Abb. 5 – HS 4-2: Lage der Sondierung.

Abb. 6 – HS 4-2: Profil durch den Schotter im mittleren Gleisbereich, inkl. Geovlies.

Abb. 7 – HS 4-2: Profil durch den Schotter im linken Gleisbereich.

Abb. 8 – HS 4-2: Ansicht des Schotterbetts im rechten Gleisbereich inkl. Stauwasser.

Abb. 9 – HS 4-3: Lage der Sondierung.

Abb. 10 – HS 4-3: Profil durch den Schotter im mittleren Gleisbereich.

Abb. 11 – HS 4-3: Ansicht des Fundationsmaterials.

Abb. 12 – HS 4-3: Ansicht des Entwässerungskanals (Beton) im linken Gleisbereich.

Abb. 13 – HS 4-4: Lage der Sondierung.

Abb. 14 – HS 4-4: Profil durch den Schotter im mittleren Gleisbereich inkl. Geovlies.

Abb. 15 – HS 4-4: Profil durch den Schotter im linken Gleisbereich.

Abb. 16 – HS 4-4: Ansicht der Fundation.

Abb. 17 – HS 4-4: Ansicht des Entwässerungskanals.

Abb. 18 – HS 4-5: Lage der Sondierung.

Abb. 19 – HS 4-5: Übersicht der Sondierung.

Abb. 20 – HS 4-5: Profil durch den Schotter im linken Gleisbereich

Abb. 21 – HS 4-5: Profil durch den Schotter im rechten Gleisbereich.

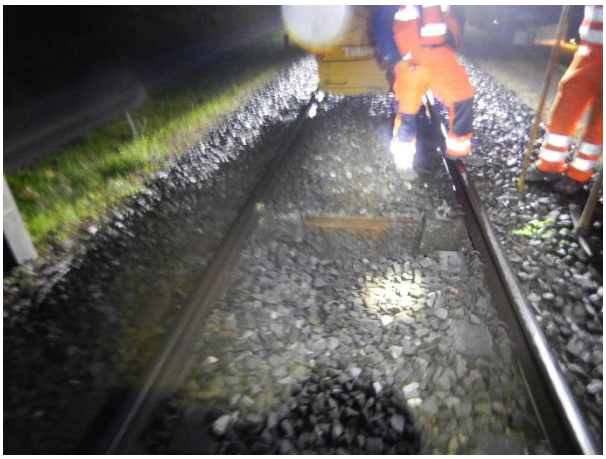


Abb. 22 – HS 4-6: Lage der Sondierung.

Abb. 23 – HS 4-6: Profil durch den Schotter im mittleren Gleisbereich.

Abb. 24 – HS 4-6: Profil durch den Schotter im rechten Gleisbereich.

Abb. 25 – HS 4-6: Ansicht der Fundation.

Anhang E PROBENBEGLEITSCHEINE

Probenbegleitschein für Gleisaushub

(Vom Probennehmer auszufüllen)

SZU Sihltal Zürich Uetliberg Bahn

Probe-entnahmestelle

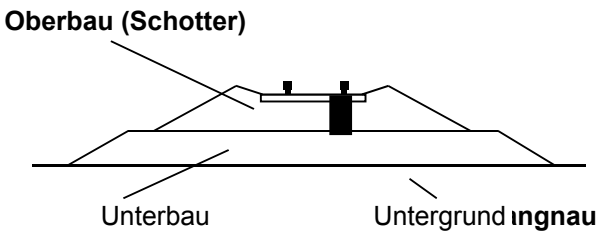
HS 4-1

Angaben zum Projekt und Strecke	Projekt Typ des Bauprojektes: Nr. / Jahr : DfA Nr. : Bahn-km (von-bis):	Tunnel Gattikon Sanierung Tunnel Gattikon Nr. - Jahr: 2019 S4 11.000-11.550
Gleisspezifikation	Schwellentyp: Herkunft: Herstellungsjahr:	☑ Holz ☐ Stahl ☐ Beton ☐ ehem. Holz ohne seinerzeitige Schotterenerneuerung ---------- 1984
Entnahmeort Gleisart und Materialart der Probe	Strecke oder Weiche?	☑ Streckengleis ☐ Weichenbereich → Nr. 4 km 11.055
	Gleisart:	☐ Offene Strecke ☐ Gleis im Bahnhofbereich (ohne Durchfahrtsgleis) ☐ Rangierbereich oder Abstellgleise ☐ Zungenbereich (Schmierbereich) ☐ Weichenende ☑ Tunnel ☐ Gleisbereich mit Verdacht ☐ Andere: ----------
	Materialart:	☑ Oberbau (Schotter) Schichtstärke: 35 cm ☐ Oberbau und Unterbau Schichtstärke: ---- cm ☐ Unterbau Schichtstärke: ---- cm ☐ Untergrund Schichtstärke: ---- cm ☐ Andere: ----------

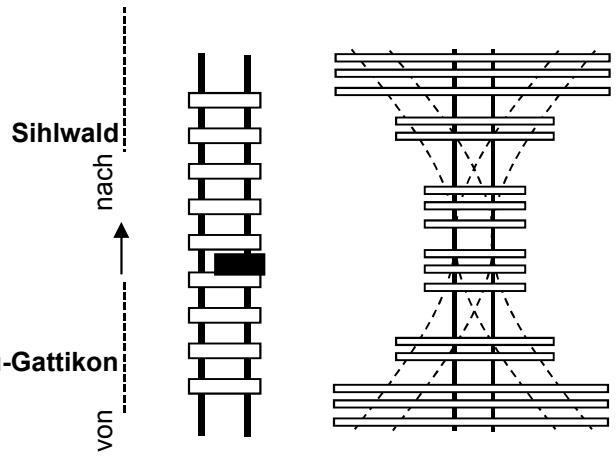
Bemerkungen: Probetiefe: 0 - 35 cm

Analysen: ☑ PAK Gesamt ☑ KW Gesamt ☑ BaP

Skizze des Entnahmeortes der Probe:
(siehe Vorgehen bei der Probenentnahme - Anhang A der Richtlinie)



Profil des Gleiskörper



Gleisbereich Weichenbereich

Probennehmer/in: T. Schenker **Datum Probenahme** 11.04.2019

Probenbegleitschein für Gleisaushub

(Vom Probennehmer auszufüllen)

SZU Sihltal Zürich Uetliberg Bahn

Probe-entnahmestelle

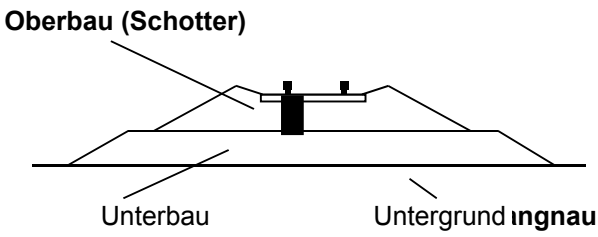
HS 4-5

Angaben zum Projekt und Strecke	Projekt Typ des Bauprojektes: Nr. / Jahr : DfA Nr. : Bahn-km (von-bis):	Tunnel Gattikon Sanierung Tunnel Gattikon Nr. - Jahr: 2019 S4 11.000-11.550
Gleisspezifikation	Schwellentyp: Herkunft: Herstellungsjahr:	☐ Holz ☐ Stahl ☑ Beton ☐ ehem. Holz ohne seinerzeitige Schotterenerneuerung ---------- 1984
Entnahmeort Gleisart und Materialart der Probe	Strecke oder Weiche?	☑ Streckengleis ☐ Weichenbereich → Nr. 4 km 11.531
	Gleisart:	☑ Offene Strecke ☐ Gleis im Bahnhofbereich (ohne Durchfahrtsgleis) ☐ Rangierbereich oder Abstellgleise ☐ Zungenbereich (Schmierbereich) ☐ Weichenende ☐ Tunnel ☐ Gleisbereich mit Verdacht ☐ Andere: ----------
	Materialart:	☑ Oberbau (Schotter) Schichtstärke: 42 cm ☐ Oberbau und Unterbau Schichtstärke: ---- cm ☐ Unterbau Schichtstärke: ---- cm ☐ Untergrund Schichtstärke: ---- cm ☐ Andere: ----------

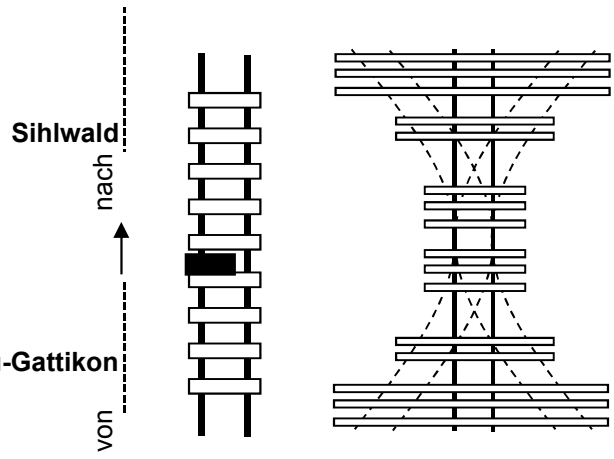
Bemerkungen: Probetiefe: 0 - 42 cm

Analysen: ☑ PAK Gesamt ☑ KW Gesamt ☑ BaP

Skizze des Entnahmeortes der Probe:
(siehe Vorgehen bei der Probenentnahme - Anhang A der Richtlinie)



Profil des Gleiskörper



Gleisbereich Weichenbereich

Probennehmer/in: T. Schenker **Datum Probenahme** 10.04.2019

Anhang F CHEMISCHE ANALYTIK SCHOTTER

lbu
Labor für Boden- und Umweltanalytik

Thun, 23.Mai 2019

CSD Ingenieure AG
Tanja Schenker
Schachenallee 29A
5000 Aarau

Prüfbericht_89931_20190523

Untersuchunsobjekte: Gleisschotter
Probenahme: durch Kunde
Prüfzeitraum: 24.04.2019 bis 23.05.2019
Analytik: gemäss Auftrag vom 24.04.2019
Methoden: "Altlasten und Abfall; Analysemethoden für Feststoff- und Wasserproben aus belasteten Standorten und Aushubmaterial; BUWAL 2000"
Methode Kohlenwasserstoffe: Schotter-PA-lbu; MKW-Ex-lbu; MKW-lbu
Methode PAK: Schotter-PA-lbu; PAK-Ex-lbu; PAK-lbu

		Tunnel Gattikon					VVEA / OLED (814.600)				
Probebezeichnung durch Kunde:		HS 4-1	HS 4-5								
Weichenbereich/Streckengleis:		B1	B1				A	A2	B	E	>E
Kilometrierung:		11.055	11.500								
Auftragsnummer lbu		8993101	8993102								
Parameter	**Dimension**										
Naptahlin	mg/kg TS 105 °C	0.09	< 0.075								
Acenaphthylen	mg/kg TS 105 °C	< 0.14	< 0.14								
Acenaphthen	mg/kg TS 105 °C	< 0.085	< 0.085								
Fluoren	mg/kg TS 105 °C	< 0.105	< 0.105								
Phenanthren	mg/kg TS 105 °C	0.73	1.09								
Anthracen	mg/kg TS 105 °C	< 0.16	< 0.16								
Fluoranthen	mg/kg TS 105 °C	1.18	0.71								
Pyren	mg/kg TS 105 °C	0.74	0.37								
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS 105 °C	0.25	< 0.145								
Chrysen	mg/kg TS 105 °C	0.30	< 0.195								
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS 105 °C	0.23	< 0.160								
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS 105 °C	< 0.150	< 0.150								
Benzo(a)pyren	**mg/kg TS 105 °C**	**< 0.120**	**< 0.120**				**0.3**	**1.5**	**3**	**10**	**>10**
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TS 105 °C	< 0.075	< 0.075								
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS 105 °C	< 0.190	< 0.190								
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS 105 °C	< 0.095	< 0.095								
Summe PAK	**mg/kg TS 105 °C**	**3.52**	**2.16**				**3**	**12.5**	**25**	**250**	**>250**
		± 0.38	± 0.23								
Kohlenwasserstoffe	**mg/kg TS 105 °C**	**59.41**	**< 20**				**50**	**250**	**500**	**5000**	**>5000**
		± 5.58									
Trockensubstanz(105°C)	% FS	99.57	99.76								

Das Zeichen (<) bedeutet, dass der Messwert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze liegt.

Die Analysenergebnisse beziehen sich auf die angelieferte oder entnommene Probe.
Ohne schriftliche Genehmigung der Eric Schweizer AG darf der vorliegende Prüfbericht nicht auszugsweise, sondern nur mit vollem Text vervielfältigt oder veröffentlicht werden.

Mit freundlichen Grüssen
Labor für Boden- & Umweltanalytik

Bericht erstellt
Ursula Trachsel
Sachbearbeiterin Labor

Freigabe
Benjamin Reinhard
Stv. Laborleiter

Labor für Boden- und Umweltanalytik
Eric Schweizer AG, Postfach 150, CH-3602 Thun, Tel. +41 33 227 57 31, Fax +41 33 227 57 39, E-mail info@lbu.ch, www.lbu.ch
Standort: Maienstrasse 8, CH-3613 Steffisburg

lbu
Labor für Boden- und Umweltanalytik

Thun, 6.Dezember 2017

CSD Ingenieure & Geologen
Marianne Erdmenger
Hessstrasse 27d
3097 Liebefeld

Prüfbericht_83173_20171206

Untersuchunsobjekte: Gleisschotter
Probenahme: durch Kunde
Prüfzeitraum: 16.11.2017 bis 06.12.2017
Analytik: gemäss Auftrag vom 16.11.2017
Methoden: "Altlasten und Abfall; Analysemethoden für Feststoff- und Wasserproben aus belasteten Standorten und Aushubmaterial; BUWAL 2000"
Methode Kohlenwasserstoffe: Schotter-PA-lbu; MKW-Ex-lbu; MKW-lbu
Methode PAK: Schotter-PA-lbu; PAK-Ex-lbu; PAK-lbu

		AG02518 SZU Langnau a. A.					VVEA / OLED (814.600)				
Probebezeichnung durch Kunde:		HS	HS				A	A2	B	E	>E
Weichenbereich/Streckengleis:		S4-6	S4-9								
Kilometrierung:		11.019	11.225								
Auftragsnummer lbu		8317301	8317302								
Parameter	**Dimension**										
Naptahlin	mg/kg TS 105 °C	< 0.075	0.12								
Acenaphthylen	mg/kg TS 105 °C	< 0.14	< 0.14								
Acenaphthen	mg/kg TS 105 °C	< 0.085	< 0.085								
Fluoren	mg/kg TS 105 °C	< 0.105	< 0.105								
Phenanthren	mg/kg TS 105 °C	1.03	0.32								
Anthracen	mg/kg TS 105 °C	0.18	< 0.16								
Fluoranthen	mg/kg TS 105 °C	4.23	0.49								
Pyren	mg/kg TS 105 °C	3.45	0.33								
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS 105 °C	0.63	< 0.145								
Chrysen	mg/kg TS 105 °C	1.20	0.21								
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS 105 °C	0.54	< 0.160								
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS 105 °C	0.30	< 0.150								
Benzo(a)pyren	**mg/kg TS 105 °C**	**0.35**	**< 0.120**				**0.3**	**1.5**	**3**	**10**	**>10**
		± 0.04									
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TS 105 °C	< 0.075	< 0.075								
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS 105 °C	< 0.190	< 0.190								
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS 105 °C	0.18	< 0.095								
Summe PAK	**mg/kg TS 105 °C**	**12.34**	**1.46**				**3**	**12.5**	**25**	**250**	**>250**
		± 1.33	± 0.16								
Kohlenwasserstoffe	**mg/kg TS 105 °C**	**32.38**	**21.58**				**50**	**250**	**500**	**5000**	**>5000**
		± 3.04	± 2.03								
Trockensubstanz(105°C)	% FS	99.82	99.69								

Das Zeichen (<) bedeutet, dass der Messwert unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze liegt.

Die Analysenergebnisse beziehen sich auf die angelieferte oder entnommene Probe.
Ohne schriftliche Genehmigung der Eric Schweizer AG darf der vorliegende Prüfbericht nicht auszugsweise, sondern nur mit vollem Text vervielfältigt oder veröffentlicht werden.

Mit freundlichen Grüssen
Labor für Boden- & Umweltanalytik

Bericht erstellt
Ursula Trachsel
Sachbearbeiterin Labor

Freigabe
Benjamin Reinhard
Stv. Laborleiter

Labor für Boden- und Umweltanalytik
Eric Schweizer AG, Postfach 150, CH-3602 Thun, Tel. +41 33 227 57 31, Fax +41 33 227 57 39, E-mail info@lbu.ch, www.lbu.ch
Standort: Maienstrasse 8, CH-3613 Steffisburg