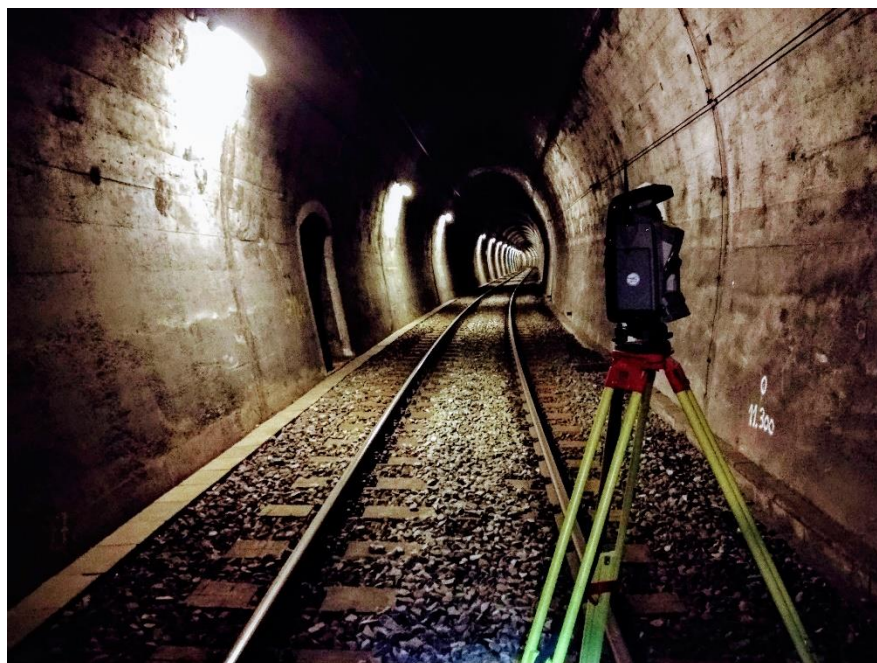


# Tunnel Gattikon - Sanierung

## Bericht Sondagen Fahrbahn / Entwässerung



Zürich, 5. Juni 2019



## Inhalt

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Aufgabenstellung.....	1
1.3	Grundlagen.....	1
1.4	Organisation .....	2
<b>2.</b>	<b>Plangrundlagen .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse der Sondagen.....</b>	<b>4</b>
3.1	Übersicht der durchgeführten Sondagen .....	4
3.2	Querriegel.....	4
3.3	Zustand Fabrikkanal.....	8
3.4	Entwässerung.....	12
3.5	Gleislage und Bettungshöhen .....	23
3.6	Weitere Erkenntnisse .....	30
<b>4.</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>31</b>
4.1	Zustand Fabrikkanal.....	31
4.2	Entwässerung.....	31
4.3	Gleislage und Bettungshöhe .....	32
4.4	Empfehlungen für Vorprojekt .....	32
	<b>Beilagen .....</b>	<b>33</b>

### Verteiler:

1x SZU, Frau Martina Winkler (pdf)

Auftrag Nr.: 3008, Dokument Nr.: BE001, Bearbeitung: MV

Datei: P:\Projekte\3008 - SZU, Erneuerung Fahrbahn Gattikontunnel\Berichte und Pläne IBH\Vorstudie\BE002A\_Tunnel-Gattikon\_Bericht-Sondage-Fahrbahn.docx

<b>Dokument-Revisionen:</b>		<i>Erstellt</i>	<i>Geprüft/Freigabe</i>
<i>Index</i>	<i>Vorgenommene Änderungen</i>	<i>Visum/Datum</i>	<i>Visum/Datum</i>
0	Erstausgabe	MV / 29.05.2019	JL / 29.05.2019
A	Angabe erforderliche Gleishebungen	MV / 05.06.2019	JL / 05.06.2019
B			



# 1. Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die Ingenieurbureau Heierli AG (IBH) hat für die Sihltal Zürich Uetliberg Bahn (SZU) am 04.03.2019 im Rahmen des Sanierungsprojektes Tunnel Gattikon eine Vorstudie für die Erneuerung der Fahrbahn ausgearbeitet. Aufgrund einiger in der Bearbeitung der Studie aufgeworfenen Fragen und Unsicherheiten (insbesondere zu den Schotterstärken und dem Zustand des Fabrikkanals unterhalb des Tunnels) konnte der Variantenentscheid für einen Oberbautyp durch die SZU ohne zusätzliche Abklärungen nicht gefällt werden. In der Folge wurde IBH beauftragt Sondagen im Tunnel durchzuführen um die offenen Fragen zu klären.

## 1.2 Aufgabenstellung

Die Ingenieurbureau Heierli AG (IBH) wurde von der Sihltal Zürich Uetliberg Bahn (SZU) beauftragt im Rahmen des Sanierungsprojektes Tunnel Gattikon ergänzende Sondagearbeiten auszuführen, um den Variantenentscheid Oberbautyp zu unterstützen. Zudem sollte die Situation der bestehenden Entwässerung des Tunnels und der Fahrbahn geklärt werden.

Folgende Punkte sollen dabei geklärt werden:

- Suche der Querriegel (Sprengwerk im Tunnel), verifizieren der Höhenlage und Aufnahme der Abmessungen sowie der Lage (Bahn-km)
- Suche des Fabrikkanals und Ermittlung des Zustands des Fabrikkanals (Betonqualität, Festigkeit, Wasser im Kanal, etc.)
- Schotterstärken im Bereich des Fabrikkanals
- Ermittlung der Vorderkante des Tunnelwiderlager im Vergleich mit der Lage des Gleisrostes
- Gleislage im Bestand und Bettungshöhen

Zudem sollte der Zustand der bestehenden Entwässerung des Tunnels und der Fahrbahn geklärt werden.

## 1.3 Grundlagen

### 1.3.1 Plangrundlagen

- [1] Technischer Bericht Gewölbeinstandsetzung, Auflageprojekt, Amberg Engineering, 20.03.17
- [2] Situationsplan Gewölbeinstandsetzung, Auflageprojekt, Amberg Engineering, 11.01.17
- [3] Längenprofil Gewölbeinstandsetzung, Auflageprojekt, Amberg Engineering, 11.01.17
- [4] Archivplan (SZU), Übersicht des Tunnels, 1959 (Revision 1960)
- [5] Archivplan (SZU), Überbrückung des Fabrikkanals, 1958
- [6] Archivplan (SZU), Überbrückung des Fabrikkanals, 1959 (Ausführungsplan)
- [7] Ausschnitte aus dem Bewehrungsplan zur Überdeckung des Fabrikkanals, ca. 1959
- [8] SZU Bahnplan Nr. 47 (km 11.1 – 11.5), Basler&Hofmann AG, Revision C vom 22.01.2018
- [9] Werkplan Abwasser Bereich Portal Langnau, Gemeinde Thalwil, 17.04.2019
- [10] Werkplan Wasser Bereich Portal Langnau, Gemeinde Thalwil, 17.04.2019



### 1.3.2 Weitere Grundlagen

- [11] Geotechnische Untersuchung SchO-Bett und Unterbau, CSD, 23.10.2017
- [12] Kurzbericht Georadarmessungen, CSD, 09.04.2019
- [13] Vorabzug Profile aus den geotechnischen Untersuchungen SchO-Bett und Unterbau, CSD, 13.05.2019
- [14] Sanierung Tunnel Gattikon, Vorstudie Erneuerung Fahrbahn, Ingenieurbureau Heierli AG, Revision A vom 04.03.2019
- [15] Sondagekonzept und Terminprogramm für durchgeführte Sondagen, Ingenieurbureau Heierli AG, 20.03.2019
- [16] Vermessungspunkte Tunnel Gattikon (Nr., Koordinaten X|Y|Z), Basler&Hofmann, 25.03.2019
- [17] Liste Kilometrierungsfehler Masten, Basler&Hofmann, erhalten am 30.04.2019
- [18] Trassierung aktuelle Soll-Lagge (Abbruch), Jörg Gämperle, 14.11.2018
- [19] Trassierung Projekt (V2), Jörg Gämperle, 14.11.2018

## 1.4 Organisation

Nachfolgend wird kurz die Organisation der Sondagen aufgezeigt. Das ausgearbeitete Sondagekonzept sowie der Terminplan sind in der Beilage [B] enthalten.

### Planung der Sondagen:

Die Festlegung der Zielsetzung der Sondagen und der Standorte wurde durch IBH in Mitwirkung durch die SZU festgelegt. Die Terminplanung der Sondagen wurde durch IBH durchgeführt.

### Durchführung der Sondagen:

- Georadar: 01.04.2019 (durch CSD, vgl. [12])
- Vermessungsarbeiten: 09.04.-10.04.2019 (durch IBH)
- Sondagen und Zustandsuntersuchung: 09.04.-10.04.2019 und 10.04.-11.04.2019 (durch IBH)

### Mitwirkende:

Bei den Sondagearbeiten wurde IBH durch folgende Firmen unterstützt:

- Vanoli Gleisbau: Saugbagger, Maschinenführer, Bohrgeräte, Mitarbeiter, Sicherheitschef
- CSD: Aufnahmen Georadar und Bettungsaufbau
- IBH: Vermessung, Aufnahmen, Konzept, Koordination
- SZU: Organisation Sicherheitswesen



## 2. Plangrundlagen

Basis für die Erstellung des Sondagekonzeptes sind die Ausführungspläne aus dem Jahr 1959 [4], [5], [6]. Anhand der eigenen Aufnahmen und der neuen Trassierungen können die Umrechnungen der Lage gemäss Tabelle 1 vorgenommen werden.

*Tabelle 1 Umrechnung Stationierung aus [4, 5, 6] zur aktuellen Stationierung*

Standort	Stationierung alt [m]	Stationierung neu [m]	Differenz [m]
Portal Langnau	216.14	11'038.20	10'822.06
Portal Sihlwald	553.45	11'376.14	10'822.69

### 2.1.1 Kilometerumrechnung im Bereich Tunnel Gattikon

Bei der Verarbeitung der Vermessungsaufnahmen auf Basis der neuen Geomatikdaten und der Überarbeitung des Bahnplanes 47 [8] sind Differenzen bei der Kilometrierung von ca. 6.16m festgestellt worden.

Die Kilometrierung der Versicherungspunkte (VK) ändert sich folgendermassen:

*Tabelle 2 Übersicht Verschiebung Versicherungspunkte im Tunnel*

Bezeichnung des VK im Tunnel	Bahn-km alt	Bahn-km neu
VK1045	11'045	11'039
VK1076	11'076	11'070
VK1104	11'104	11'098
VK1135	11'135	11'129
VK1167	11'167	11'161
VK1210	11'210	11'204
VK1254	11'254	11'248
VK1285	11'285	11'279
VK1312	11'312	11'306
VK1343	11'343	11'337
VK1373	11'373	11'367

### 2.1.2 Nischen und Abläufe im Bestandesplan

Die Lage der Nischen und der Kontrollschächte wurde im Bahnplan anhand der Aufnahmen von IBH ergänzt.

### 3. Ergebnisse der Sondagen

#### 3.1 Übersicht der durchgeführten Sondagen

In Abb. 1 stellt die Sondagen als Übersicht dar. (vergrösserte Darstellung, vgl. auch Beilage [B]). Die orange eingefärbten Abschnitte entsprechen den Bereichen in der Fahrbahn, wo CSD auf Basis der Georadarmesungen, Verlehmungen festgestellt hat [12]. Die Nischen wurden durchnummeriert (grüner Kasten). Nischen befinden sich sowohl links und rechts der Bahn.

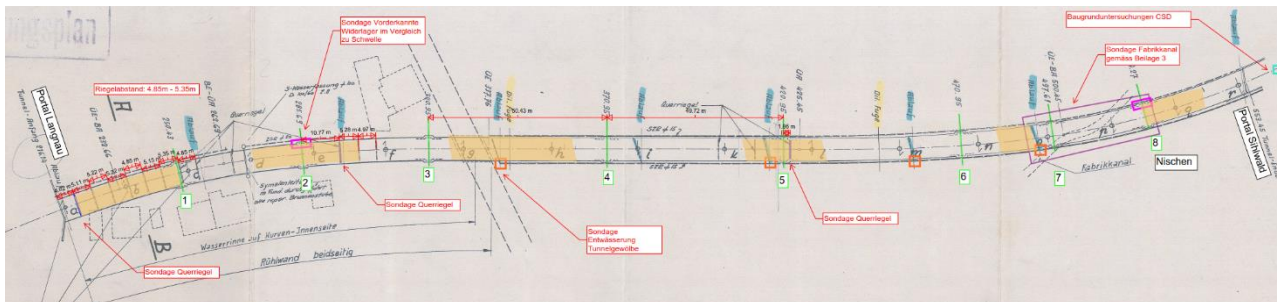


Abb. 1: Übersicht Sondagen (gemäss Konzept) in Situationsplan

#### 3.2 Querriegel

##### Ausgangslage

Gemäss den Ausführungsplänen [4] befindet sich in der Tunnelsohle in bestimmten Abständen ein Sprengwerk in Form von Querriegeln. Aus den bereits vorliegenden Georadar-Profilen [12] konnten keine Aufschlüsse über die Lage der Querriegel gewonnen werden. Aus statischen Gründen muss davon ausgegangen werden, dass die Querriegel vorhanden sind um die Druckkräfte aus Erddruck auf die Tunnelwände abzufangen.

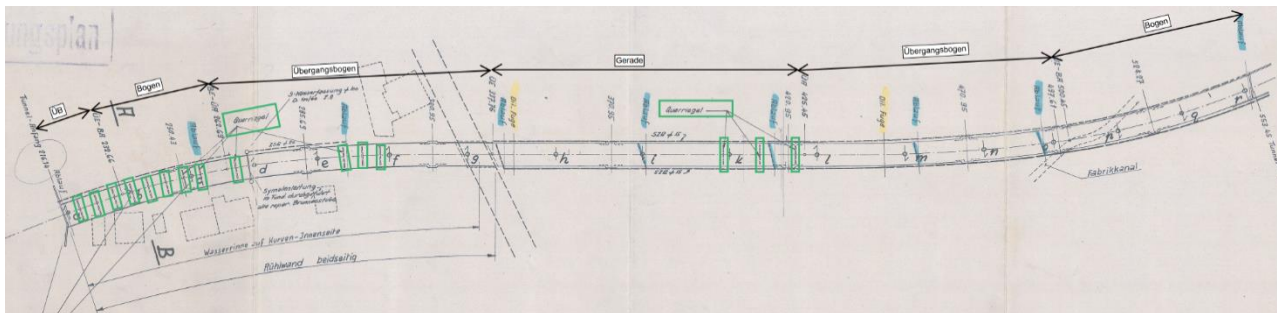


Abb. 2: Anordnung der Querriegel gemäss Ausführungsplan

Um abschliessende Kenntnis über die Lage (in Höhe und bzgl. Bahn-km) sowie die Geometrie der Querriegel zu erhalten, wurde an drei Stellen Sondagefenster aufgeschlossen. Die Lage der Sondagefenster wurde anhand des Ausführungsplanes [4] bestimmt:

- Sondierung Q1: km 11'077.52
- Sondierung Q2: km 11'118.60
- Sondierung Q3: km 11'244.64



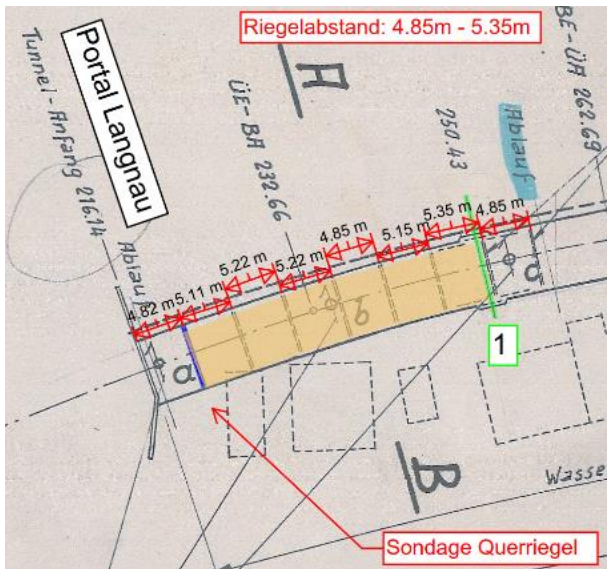


Abb. 3: Sondierung Querriegel 1 km 11'077.52

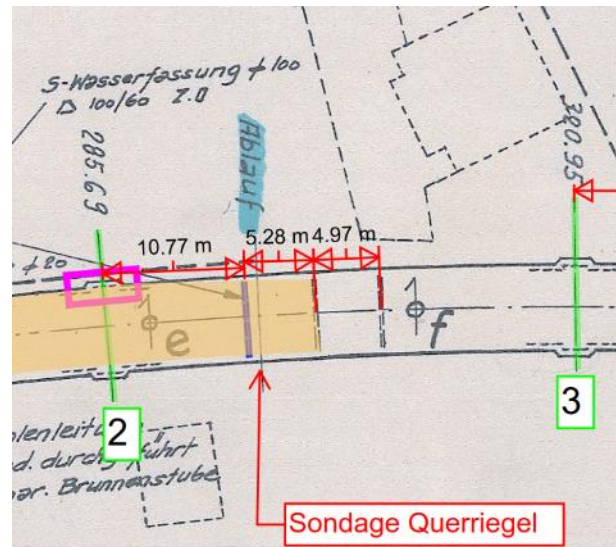


Abb. 4: Sondierung Querriegel 2 km 11'118.60

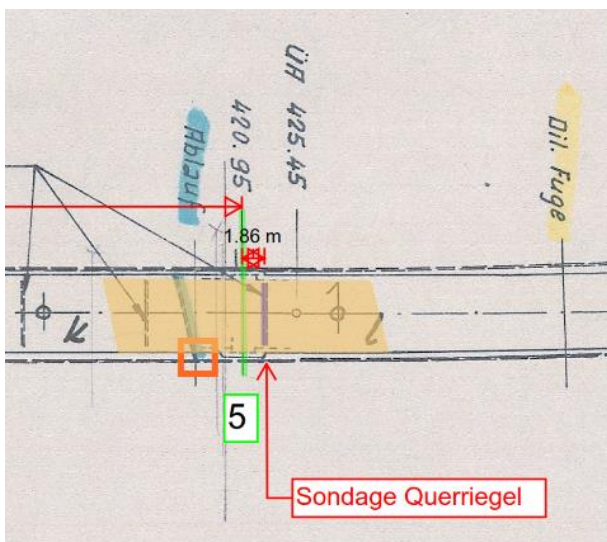


Abb. 5: Sondierung Querriegel 3 km 11'244.64

### Ergebnis der Sondage

An drei Stellen wurden die vermuteten Querriegel analog der Masse aus dem Ausführungsplan (vgl. Abb. 1) eingemessen. Mittels Saugbagger wurden in der Schwellenfächern Sichtfenster erstellt. In den Sichtfenstern wurde das Geotextil geöffnet und mit dem Pickel weiter abgegraben.

Trotz seitlich ausgeweiteter Sichtfenster konnten die Querriegel in keinem der drei Standorte nicht aufgeschlossen werden.



Abb. 6: Sichtfenster der Sondage Querriegel an der Stelle Q1



Abb. 7: Sichtfenster der Sondage Querriegel an der Stelle Q2



Abb. 8: Sichtfenster aus der Sondage Querriegel an der Stelle Q3



**Schlussfolgerung**

Wie oben erläutert, wird davon ausgegangen, dass die Querriegel vorhanden sind. Weiter liegt die Oberkante der Riegel nicht höher als die Oberkante der Widerlager der Tunnelwände. Die vorhandenen Querschnitte sind nach wie vor nicht eindeutig hinsichtlich der effektiven Höhenlage der Querriegel. Es kann also angenommen werden dass die Höhe der Riegel bei unterbrochener PSS maximal 60cm (vgl. Abb. 9) und bei durchgehender PSS minimal 40 cm (vgl. Abb. 10) beträgt. Über die Breite und die exakte Lage der Riegel (bzgl. Bahn-km) bestehen keine Aufschlüsse.

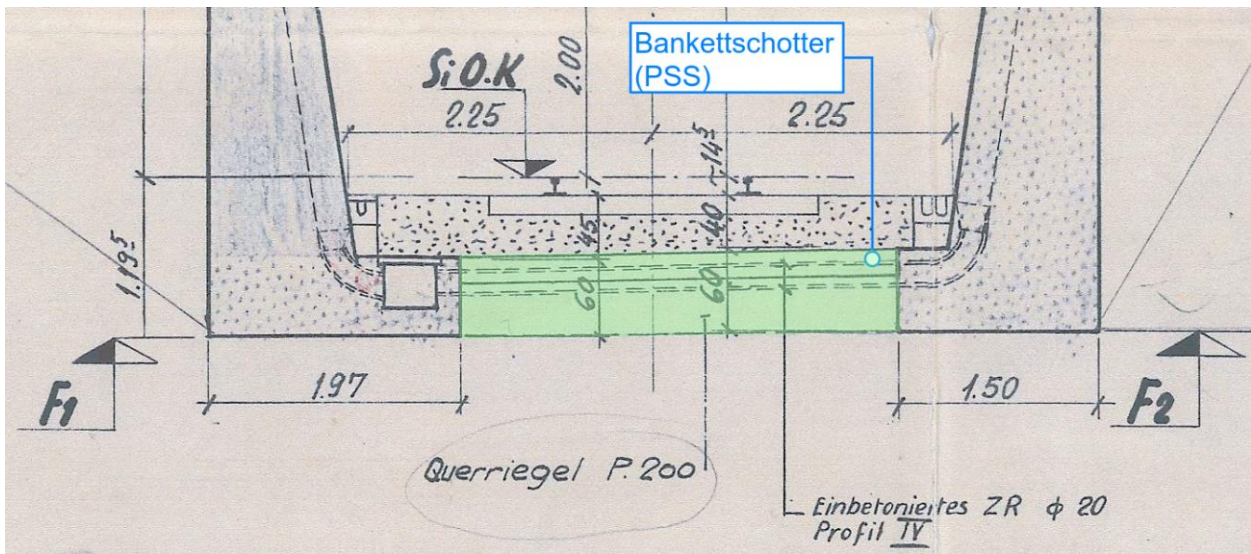


Abb. 9: oben: Querriegel mit 60 cm im Querschnitt, bei unterbrochener PSS

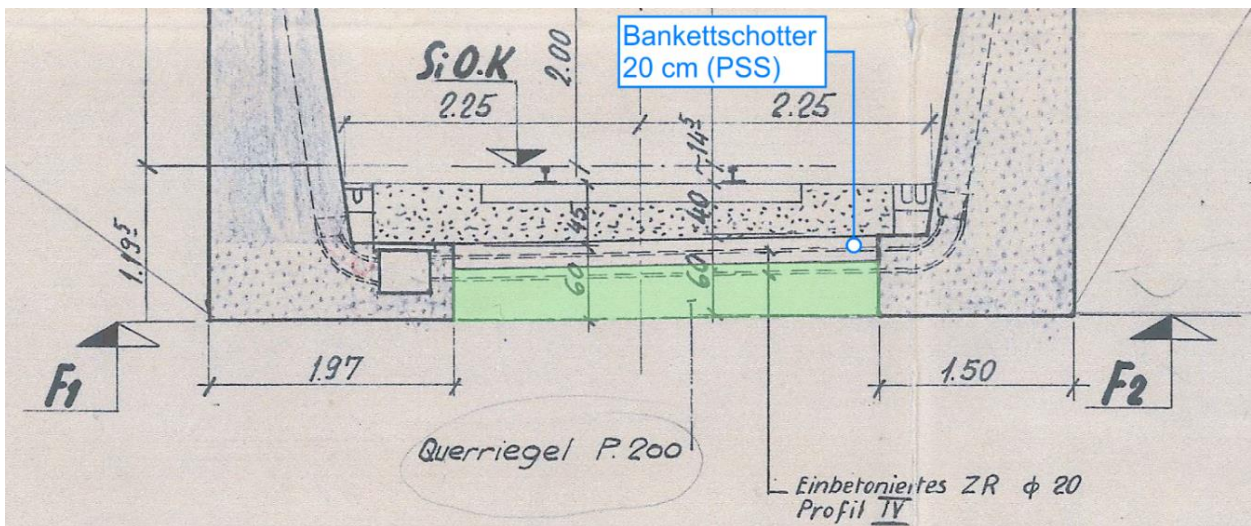


Abb. 10: oben: Querriegel mit 40 cm im Querschnitt, bei durchgehender PSS

### 3.3 Zustand Fabrikkanal

#### Ausgangslage

Gemäss den Ausführungsplänen [4], [5], [6] befindet sich ein Fabrikkanal unter dem Tunnel, welcher aber nicht mehr genutzt wird [14]. Der Fabrikkanal unterquert den Tunnel auf einer Länge von ca. 30 m im Abschnitt von ca. km 11'322.40 – km 11'346.43 von Südost nach Nordost in einem Winkel von ca. 25 – 30° (Abb. 12). Er hat eine lichte Breite von ca. 2.2 m und eine lichte Höhe von ca. 2.1 m. Die Kanalüberdeckung im Bereich der Fahrbahn besteht aus einer Stahlbetondecke, die 18 – 23 cm dick ist. Unklar ist, ob dieser Kanal noch existiert, welchen Zustand er hat und was sich in ihm befindet.

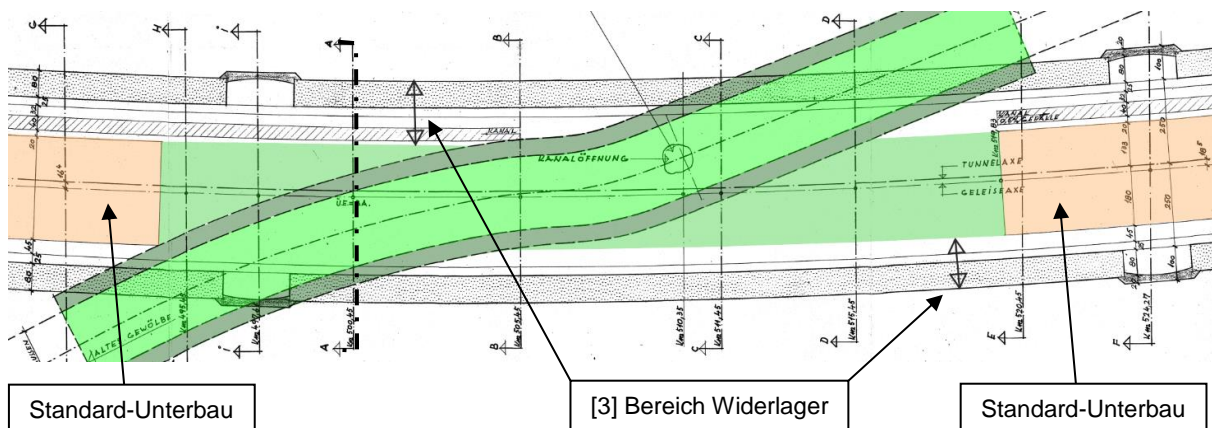


Abb. 11: Situation Konzept Überdeckung Fabrikkanal (km 11'322.40 – km 11'346.43)

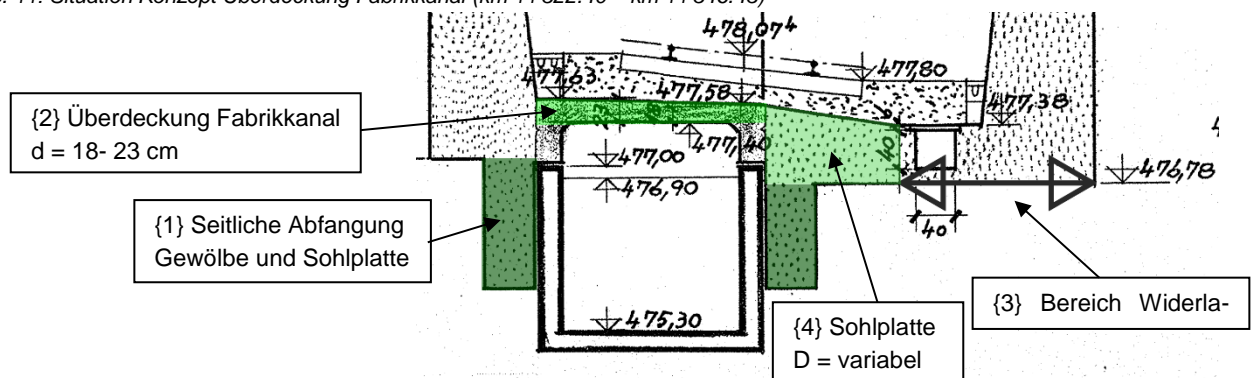


Abb. 12: Querschnitt Überdeckung Fabrikkanal (bei Schnitt A-A)

#### Fragestellung

- Ist der Fabrikkanal noch vorhanden?
- Ist ein Hohlraum vorhanden oder wurde der Kanal aufgefüllt?
- Ist fließendes oder stehendes Wasser im Kanal vorhanden?
- Welche Stärke hat die Überdeckung des Fabrikkanals?
- Wie gut sind die Betonqualität und der allgemeine Zustand der Überdeckung?

### Durchführung der Sondage

Um die Existenz des Fabrikkanals nachzuweisen, mussten mehrere Versuche unternommen werden. Tabelle 3 und Abb. 13 zeigen den Verlauf der Untersuchungen auf.

Tabelle 3: Übersicht der vorgenommenen Versuche zur Eruierung des Fabrikkanals

Nr.	Datum	Lage	Position	Durchmesser der Bohrung	Bemerkungen
1	09.03.19	11'333.57	Gleisachse	15mm	Abbruch der Bohrung nach einer Bohrtiefe von ca. 18cm. Kein Durchbruch aufgrund zu kurzer Bohrerlänge
2	09.03.19	11'333.57	Gleisachse	15mm	Abbruch der Bohrung nach einer Bohrtiefe von ca. 18cm. Kein Durchbruch aufgrund zu kurzer Bohrerlänge
3	09.03.19	11'333.57	Gleisachse	120mm (Kernbohrung)	Abbruch der Bohrung nach einer Bohrtiefe von ca. 16cm. Kein Durchbruch aufgrund schwacher Bohrleistung des Elektrobohrgerätes und schlechter Betonqualität (vgl. Abb. 16)
4	10.03.19	11'322.40	Bei Nische 7 (rechts)	15mm	Durchbruch in Fabrikkanal, Sondage Hohlraum mittels Endoskop (vgl. Abb. 18)

### Ergebnis der Sondage

Die Kernbohrung Nr. 3, führte zu keinem kompakten Bohrkern (vgl. Abb. 16), was auf eine niedrige Festigkeit des Betons schliessen lässt. Während dem Bohrvorgang wurden keine Bewehrungsstäbe angetroffen, was bei einer Teilung der Bewehrung vom 30 cm durchaus möglich ist (vgl. Abb. 17). Aufgrund der unebenen Oberfläche konnte IBH mit dem Betonprüfhammer keine Betondruckversuche vornehmen.

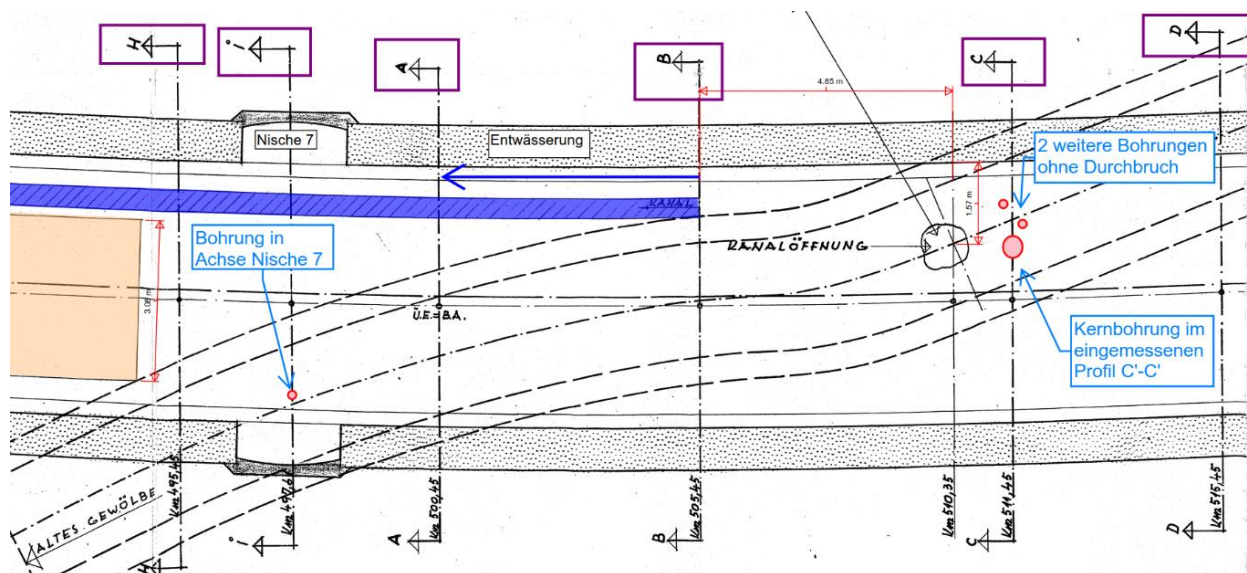


Abb. 13: Übersicht Querprofile im Bereich Fabrikkanal (km 11'322.40 – km 11'346.43)





Abb. 14: Ansicht Oberfläche Fabrikkanal im Querschnitt C'-C' vor Kernbohrung



Abb. 15: Oberfläche Fabrikkanal mit Kernbohrung (Endzustand)



Abb. 16: Material der Kernbohrung (Bohrkern)

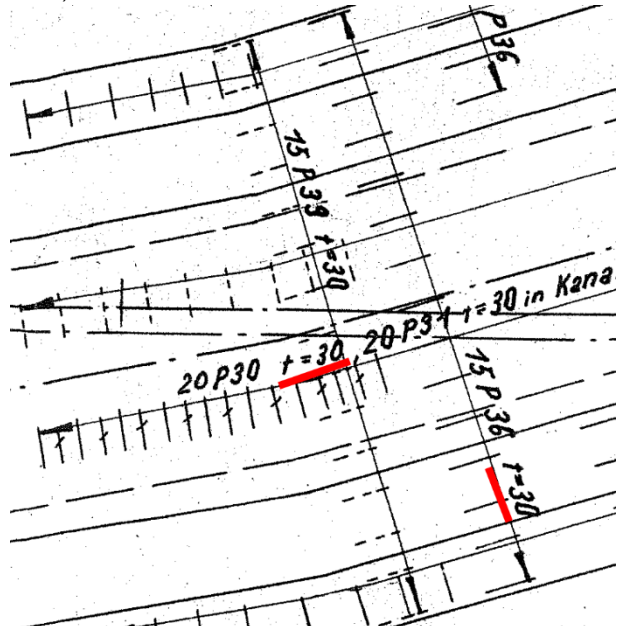
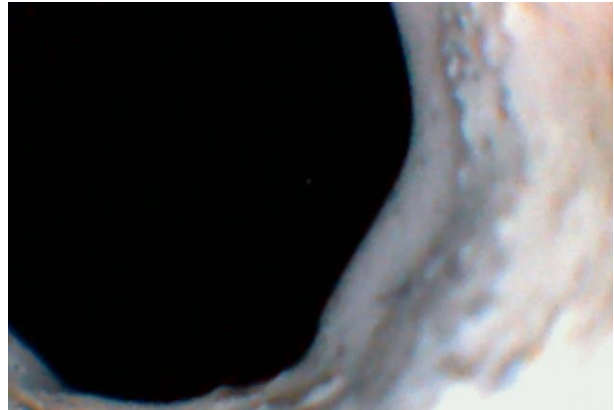


Abb. 17: Ausschnitt Situation Bewehrungsplan



Abb. 18: Durchgehende Bohrlöcher in zweiter Sondage-Nacht







### **Schlussfolgerung**

Folgende Schlussfolgerungen gehen aus den Sondagen beim Fabrikkanal hervor:

- Der Fabrikkanal ist noch vorhanden.
- Es ist ein Hohlraum vorhanden. Es wurde keine Auffüllung angetroffen.
- Mit dem Endoskop konnte bewiesen werden, dass weder Wasser noch Auffüllungen im Kanal vorhanden sind.
- Gemäss der Bohrung bei der Nische 7 (rechts) deckt sich die Stärke der Überdeckung Fabrikkanal mit den Grundlagen [5] und [6].
- Die Festigkeit des Betons (Überdeckung des Fabrikkanals) ist gering. Bei der Kernbohrung ist der Beton zerkrümelt.

### 3.4 Entwässerung

#### Ausgangslage

Die Tunnelentwässerung erfolgt hauptsächlich über einen linksseitig im Gewölbfuss eingelassenen Rechteckkanal, welcher im Bereich des Fabrikkanals unterbrochen ist. Dieser dient als Wasserscheide. Auf der rechten Tunnelseite liegt an der Bogeninnenseite ein kleinerer Wasserrechtkanal am Fundamentfuss im Unterbau. Welcher nur bis ca. Ende des Bogens verläuft. Beide Kanäle sind mit Deckel abgedeckt und von Schotter überschüttet. Die Tabelle 4 liefert einen Überblick über den Verlauf der Kanäle.

Tabelle 4 Verlauf der Entwässerungskanäle im Tunnel

Standort	Gleis- seite	Verlauf	Stationierung		Vorfluter
			von	bis	
Rechteckkanal 40 x 40 cm	Links der Bahn	Portal Langnau bis Fabrikkanal	11'038.20	ca. 11'327.57	Auf Seite Portal Langnau in die Sihl
Rechteckkanal 40 x 40 cm	Links der Bahn	Fabrikkanal bis Portal Sihlwald	ca. 11'342.52	11'376.14	Auf Seite Portal Sihlwald in die Sihl
Rechteckkanal 20 x 40 cm	Rechts der Bahn	Portal Langnau bis Ende Rechtskurve	11'038.20	ca. 11'159.82	Auf Seite Portal Langnau in die Sihl

Während der kleine Kanal rechts der Bahn keine Zugänglichkeit aufweist, hat der grosse Entwässerungskanal Schächte, welche stets an den Nischen auf der linken Seite positioniert sind. Diese Schächte wurden nachträglich installiert und ermöglichen erst dadurch einen Zugang zum Kanal.

Die Kanäle führen das Wasser von der Planie des Schotteroberbaus ab. Zusätzlich nehmen die Kanäle auch Wasser von der Aussenseite des Tunnels auf, welches oberhalb des Gewölbes im Erdreich anfällt. Diese Abläufe werden in unregelmässigen Abständen mittels eingelegten Zementrohren durch die Tunnelwände zur Innenseite des Tunnels geführt. Auf der linken Seite (vgl. Abb. 19) wird das Wasser direkt in den grossen Tunnelentwässerungskanal eingeleitet. Auf der rechten Seite (vgl. Abb. 19 und Abb. 21) wird das Wasser in einbetonierten Zementrohren im Fahrbahnunterbau unter dem Schotterbett hindurchgeführt und in die Längsentwässerung geleitet.

Dort, wo auf der rechten Seite ein Entwässerungskanal vorhanden ist, in ersten ca. 100 Tunnelmetern, wird das Wasser von der Aussenseite des Tunnels in den kleinen Kanal geführt.

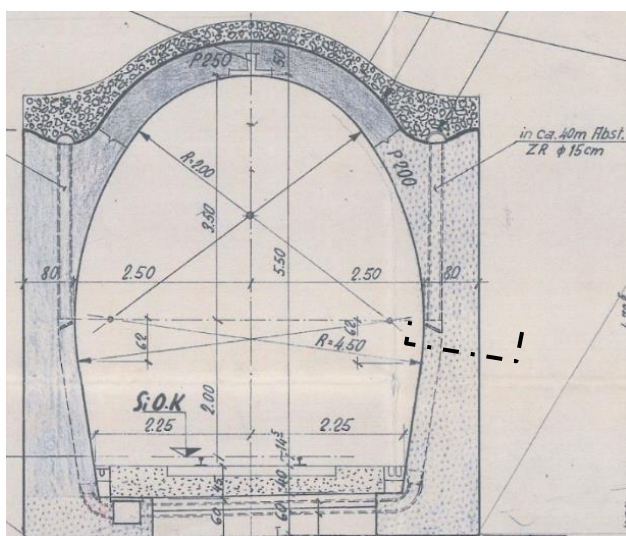


Abb. 19: Tunnelquerschnitt (in Geraden) mit Entwässerung

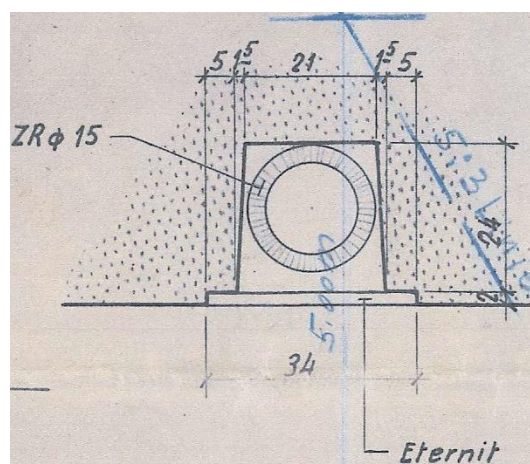


Abb. 20: Detail Nische Ablauf

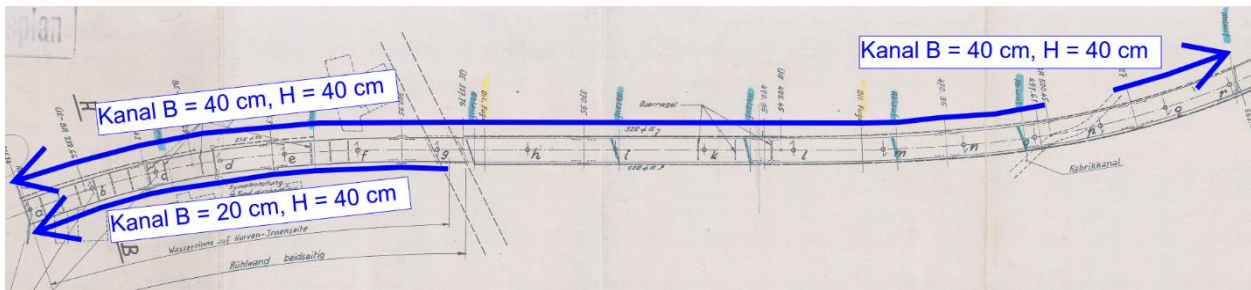


Abb. 21: Übersicht Entwässerungskanäle

### Durchführung der Sondage

Um das Entwässerungssystem im Tunnel zu verifizieren, wurden Sondagen durchgeführt. In Abb. 22 bis Abb. 24 sind die Sondierungspunkte aufgeführt (Nischen grün beschriftet).

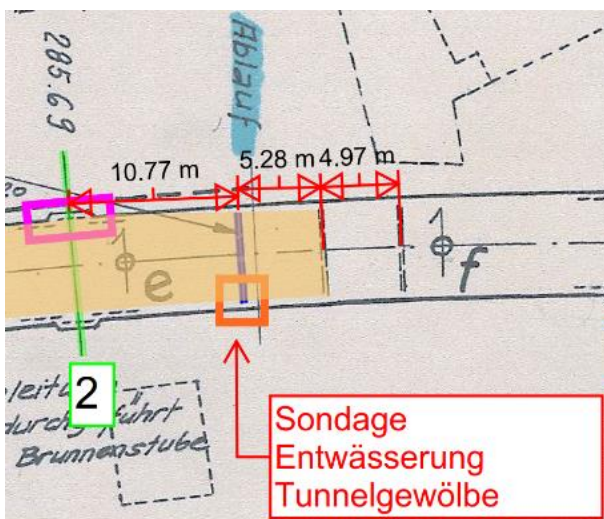


Abb. 22: Sondierung Entwässerung E1 km 11'118.60

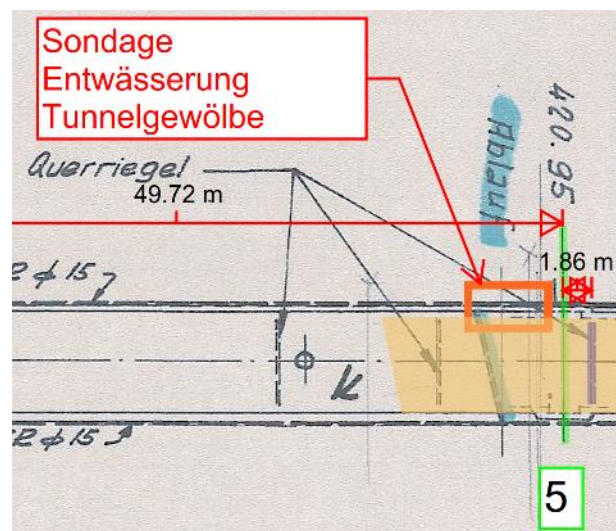


Abb. 23: Sondierung Entwässerung E2 ca. km 11'237.36

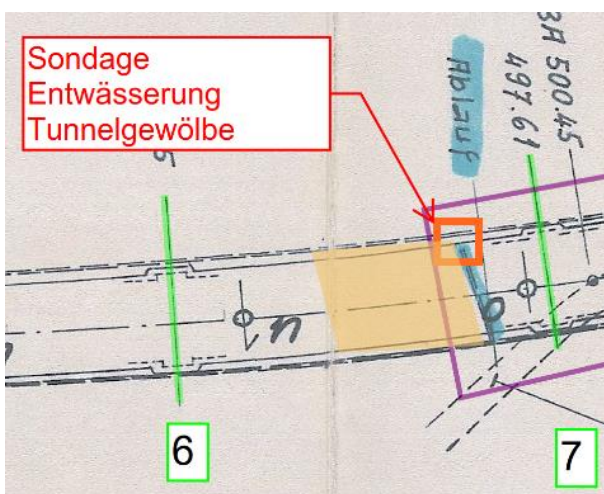


Abb. 24: Sondierung Entwässerung E3 ca. km 11'316.78



### **Ergebnis der Sondage – Stelle E3 bei Nische 7**

Die Einleitung der Tunnelentwässerung in den Längskanal wurde an der Stelle E3 (km ca. 11'316.78) bei der Nische 7 untersucht (vgl. Abb. 27). Der Ablauf in der Tunnelwand (vgl. Abb. 20) macht nach der Oberkante der Widerlager einen Bogen und führt ca. 30 – 40 cm neben dem Ablauf in den Kanal (vgl. Abb. 25) der Längsentwässerung.

Die offenbar im Nachgang mit Lichtschacht-Elementen erstellten Kontrolleschächte sind auf der linken Tunnelseite jeweils bei den Nischen angeordnet. Die Kontrolle und die Wartung der Einläufe aus der Tunnel-Entwässerung ist aufgrund von fehlenden Kontrollschächten nicht durchführbar (vgl. Abb. 30).



*Abb. 26: Geöffneter Entwässerungskanal bei Ablauf (km ca. 11'316.78)*



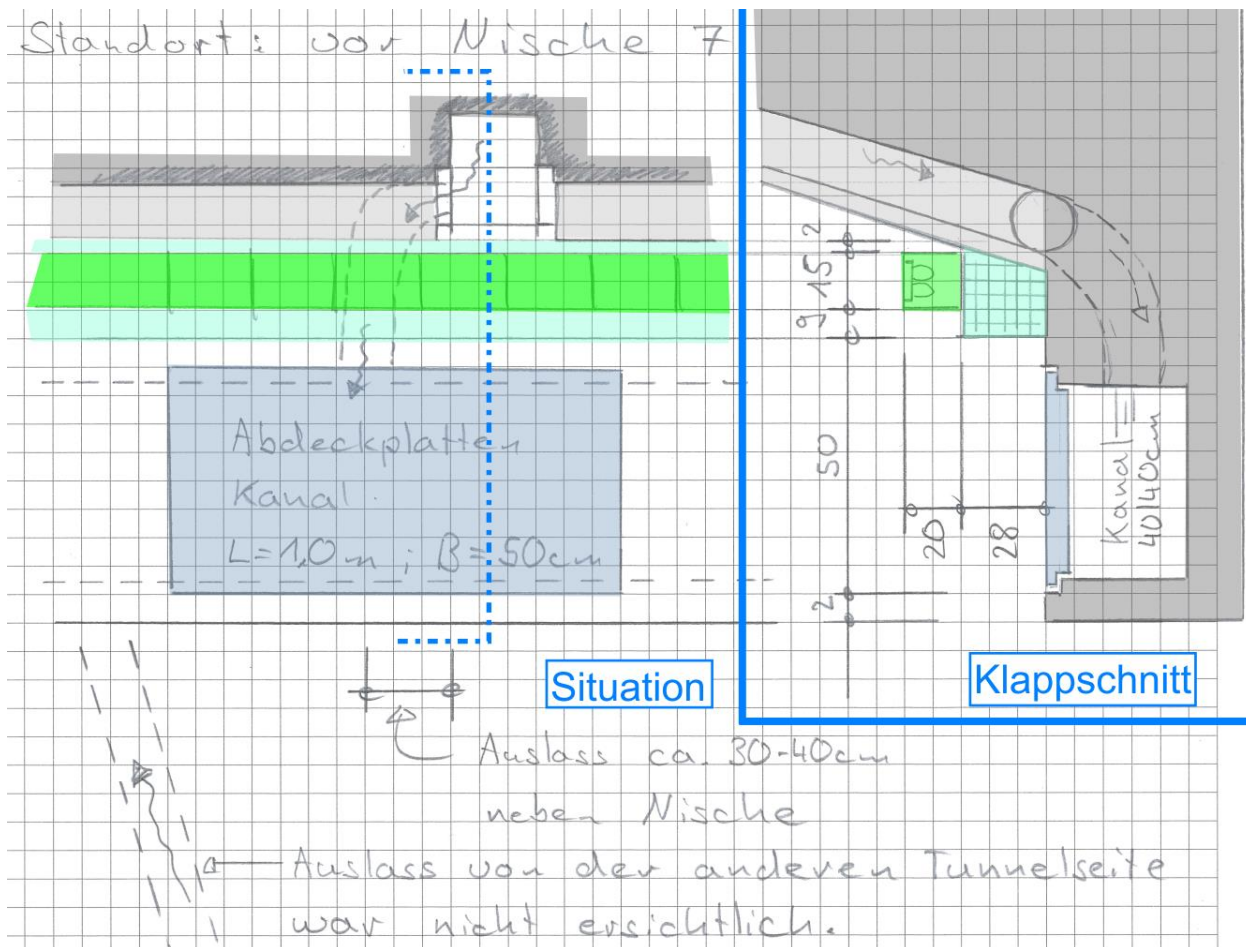


Abb. 27: Skizze Ablauf Tunnel und Längskanal bei Nische 7 (km ca. 11'313, links)

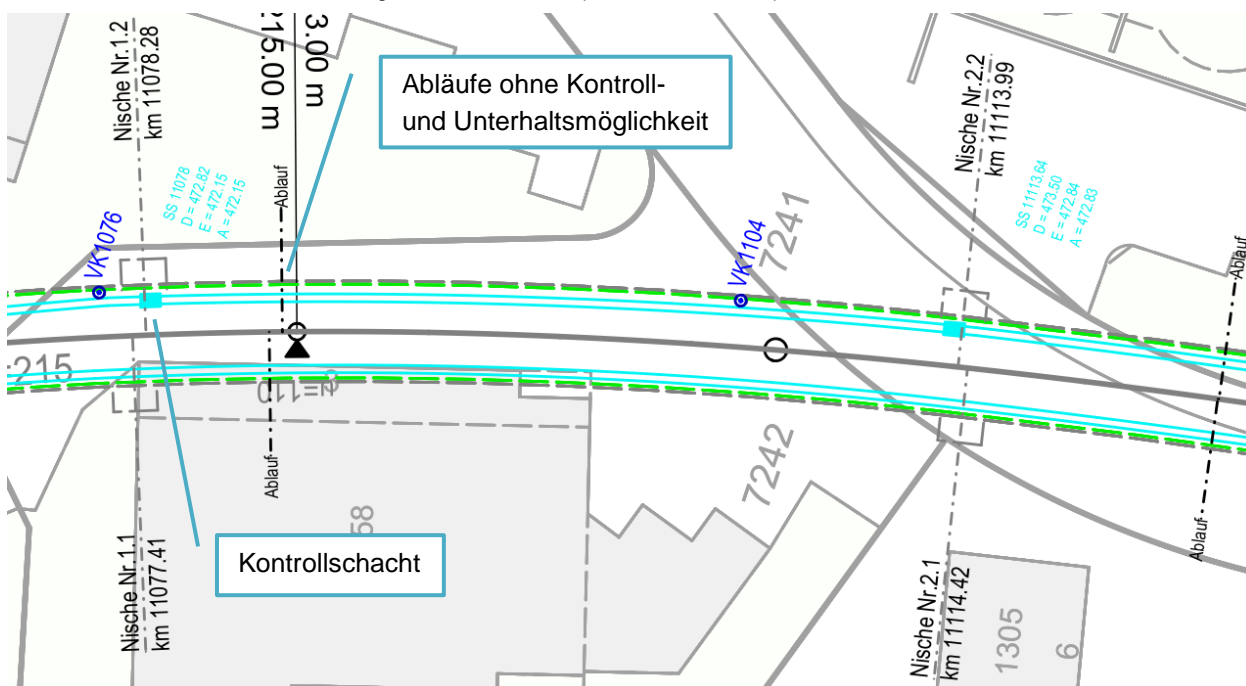


Abb. 28: Ausschnitt Bahnplan 47 (Zwischenstand) mit Abläufen Tunnelentwässerung und Kontrollschächten

Abb. 30: Schema Nischen, Schächte und Abläufe mit einseitigem Entwässerungs-Kanal



Abb. 33: Planausschnitt zum Kanal Kurveninnenseite

Im Zusammenhang mit der Sondage C1 von CSD [13] wurde im Bereich vom Portal Langnau (km 11'038) bis Nische 1 (km 11'072.12) im Schotter über dem Kanal auf der Kurveninnenseite (20cmx40cm) bachartig fließendes Wasser angetroffen. Die genaue Herkunft des Wassers konnte nicht eruiert werden. Der Wasserfluss endet zwischen der Nische 1 (km 11'072.12) und der Nische 2 (km 11'108.26).



Downloaded from <http://ajph.org/> at University of California, San Diego on June 11, 2015

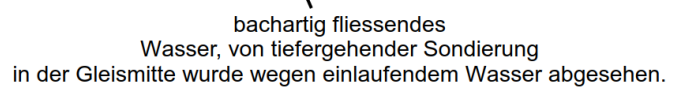


Abb. 35: Ausschnitt aus dem Profil C1 von CSD



**Ergebnis der Sondage – Tiefe der Schächte**

Als Grundlage für die Auslegung der Entwässerung wurden die Höhen der Schächte aufgenommen.

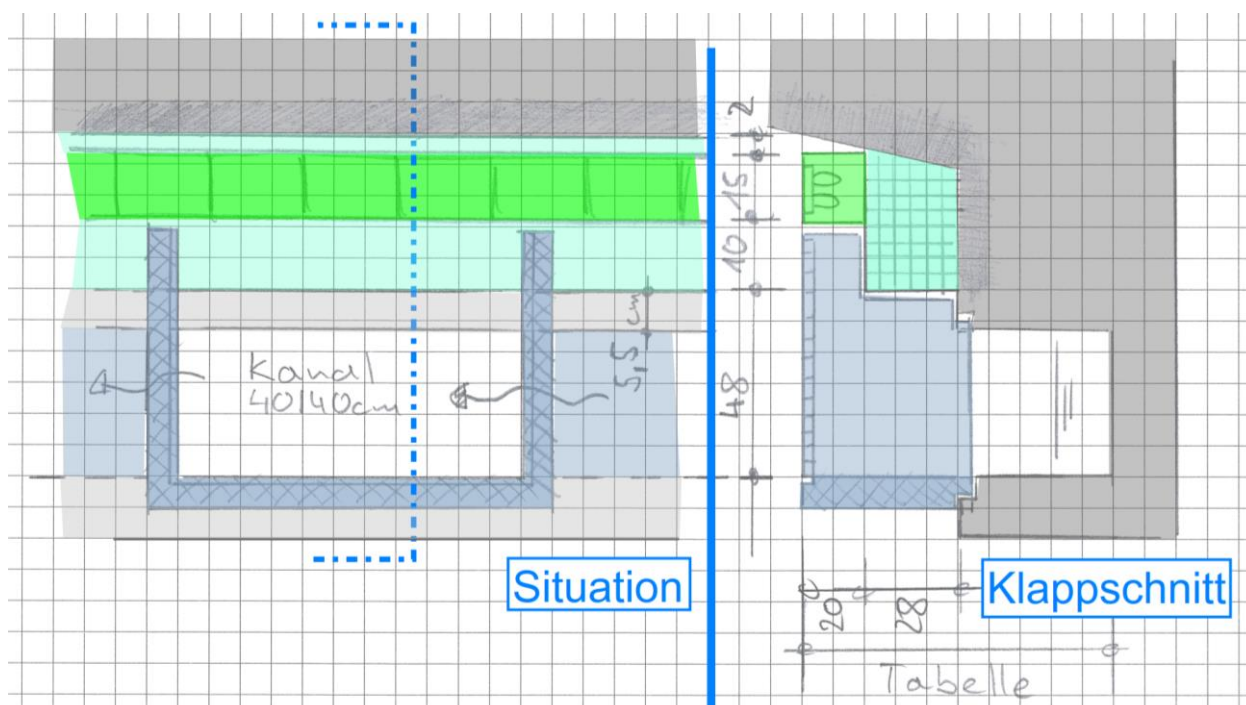


Abb. 36: Standard-Detail Kontrollschacht bei Nische

Tabelle 5 Aufgenommene Schachthöhen

Nische	km	Aus- und Einlauf Schacht		Tiefe ab OK Gitter
1 links	11'072.12	Langnau-Gattikon	Auslauf	65 cm
		Sihlwald	Einlauf	69 cm
2 links	11'107.83	Langnau-Gattikon	Auslauf	66 cm
		Sihlwald	Einlauf	66 cm
3 links	11'114.82	Langnau-Gattikon	Auslauf	62 cm
		Sihlwald	Einlauf	64 cm
4 links	11'193.14	Langnau-Gattikon	Auslauf	75 cm
		Sihlwald	Einlauf	77 cm
5 links	11'242.78	Langnau-Gattikon	Auslauf	86 cm
		Sihlwald	Einlauf	85 cm
6 links	11'295.27	Langnau-Gattikon	Auslauf	79 cm
		Sihlwald	Einlauf	77 cm
7 links	11'322.40	Langnau-Gattikon	Auslauf	77 cm
		Sihlwald	Einlauf	77 cm
8 links	11'346.43	Langnau-Gattikon	Einlauf	61 cm
		Sihlwald	Auslauf	61 cm

**Ergebnis der Sondage – Situation vor Portal Langnau**

Im Zuge der Sondagearbeiten im Tunnel wurden im Bereich vor dem Portal Langnau (km 11'006 bis km 11'038) die Kontrollschächte KS 11035 und KS 10903 (vgl. Abb. 37 und Abb. 40) geöffnet. Der Schacht KS 10905 konnte nicht geöffnet werden, da es sich um einen verschraubbaren Schachtdeckel handelt. Die in Abb. 37 ergänzten Schachtbezeichnungen stammen aus der Werkleitungserhebung [9].

Der genaue Verlauf der Kanäle aus dem Tunnel konnte vor Ort nicht aufgeschlossen werden.

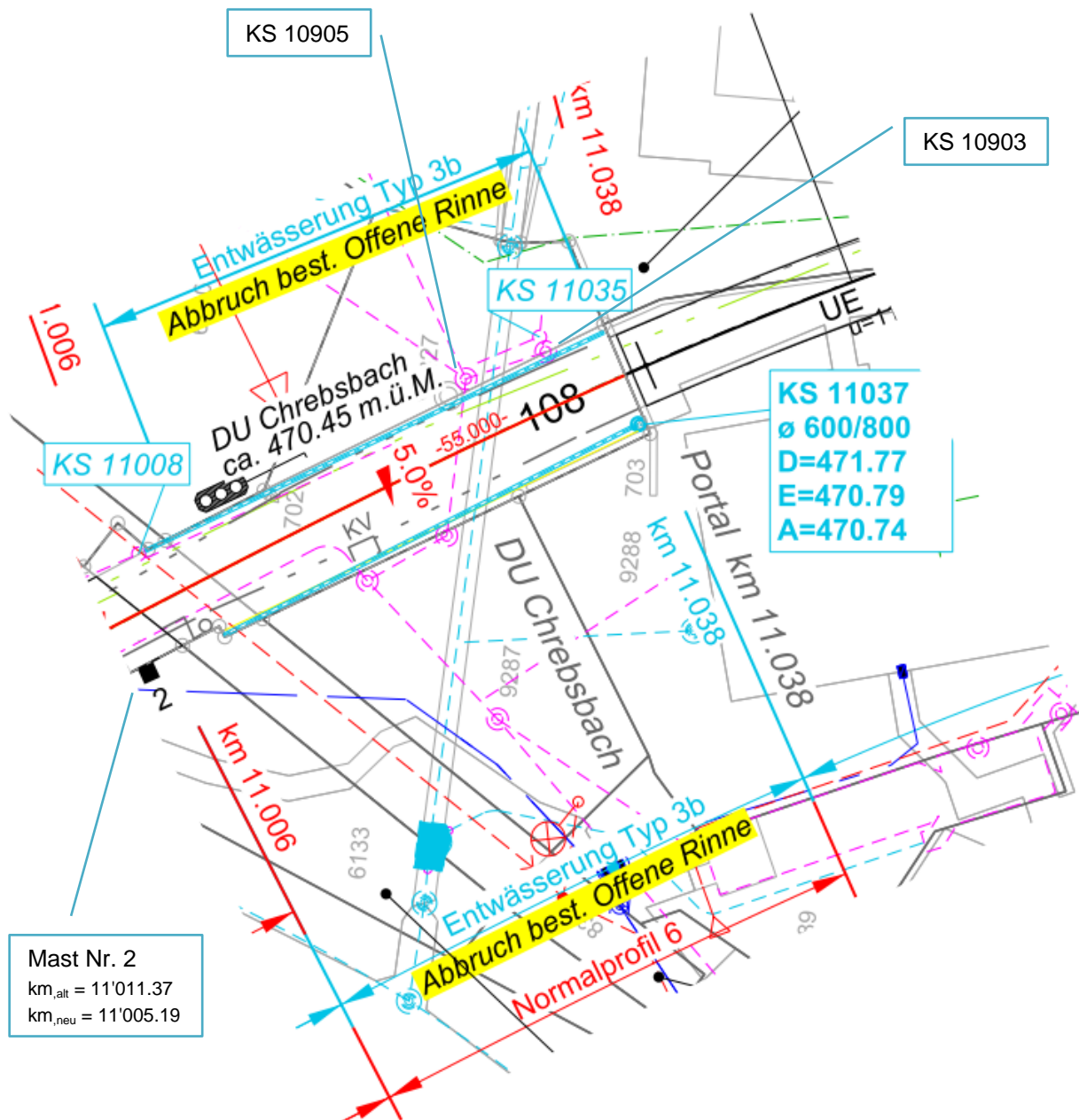


Abb. 37: Ausschnitt Projektplan Umbau September 2019, Preisig AG, 05.10.2018





Abb. 38: Kontrollschacht KS 10903



Abb. 39: Kontrollschacht KS 11035



Abb. 40: Überblick Bereich vor Portal Langnau am 20.11. 2018



### **Schlussfolgerung**

Folgende Schlussfolgerungen gehen aus den Sondagen der Entwässerung hervor:

- Die Schächte bei den Nischen sind grundsätzlich nicht praktikabel. Die Einleitung der Abläufe in die Entwässerung der Fahrbahn kann weder kontrolliert noch gewartet werden.
- Bei den Startpunkten des Entwässerungs-Kanals, vor und nach dem Fabrikkanal, sind ebenfalls keine Schächte angeordnet. Der Startpunkt des Entwässerungskanals kann derzeit nicht zweifelsfrei eruiert werden.
- Die Stelle der Einleitung der Entwässerung, aus der rechten Tunnelseite unter dem Schotter hindurch, in den Entwässerungskanal kann nicht eruiert werden.
- Der Verlauf des Kanals auf der Kurveninnenseite (sowie dessen Startpunkt und die Höhenverhältnisse) sind für die Ausführung zu verifizieren.

Im Bereich vor dem Portal Langnau (km 11'006 und km 11'038) gehen folgende Schlüsse hervor:

- Die bestehende Leitungssituation im Bereich vor dem Portal Langnau ist unklar und für die weiteren Projektphasen zu klären.
- Die projektierte Entwässerung (Umbau September 2019) muss auf den Wasseranfall aus dem Tunnel ausgelegt sein. Im Zuge der Sanierung des Tunnels Gattikon soll die im September 2019 erstellte Entwässerung vor dem Portal Langnau beibehalten werden können.





### 3.5 Gleislage und Bettungshöhen

#### Ausgangslage

In der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie wurde die Frage über die effektive Gleislage und die entsprechende Bettungshöhe aufgeworfen. Dies Aufgrund der Differenzen zwischen der von IBH berechneten Bettungshöhe [14] und den aufgenommenen Profilen von CSD [11]. Es soll hier noch erwähnt werden, dass der Kilometrierungsfehler der Masten (vgl. Kapitel 2.1.1) bei den Unterschieden eine massgebliche Rolle gespielt hat.

Infolge dessen wurden während den Sondagearbeiten zusätzliche Kontrollmessungen der Gleishöhen vorgenommen.

#### Ergebnis der Sondage im Normalprofil

IBH hat während den Sondagen die Gleishöhen bei den Portalen, allen VK (Vermessungspunkte im Tunnel, vgl. Beilage [A]), sowie den eingemessenen Profilen beim Fabrikkanal aufgenommen und mit den berechneten Höhenwerten, gemäss bestehender und projektierter Trassierung, verglichen. Die Kilometrierungsdifferenz, zwischen dem Masten 2 (beim Portal Langnau) und dem Masten 20 (beim Portal Sihlwald), welche im Bereich von 6.160 m - 6.177 m liegen, wurde dabei berücksichtigt.

Die Auswertung der Messergebnisse und der Vergleich der Lage SOK ist in Anhang [E] aufgeführt. Nachfolgend werden die Bettungshöhen, im Normalprofil mit konstanter Steigung, anhand der vier von CSD aufgenommenen Profilen verglichen.

Tabelle 6 Rechnerischer Vergleich Bettungshöhe mit aufgenommenen Querschnitten von CSD

CSD Profil [13]	Bahn-km	Bettungshöhe in Gleismitte [cm]		Bemerkung
		Aufnahme CSD	Berechnung IBH	
C1	11'049	20	19	
C2	11'161	24	25	
C3	11'282	26	24	
C4	11'345	24	21	bei Nische 8

Untenstehend ist der Vergleich der Bettungshöhen aktualisiert (vgl. auch Kapitel 3.6.1):

	Bauteil	SchO bestehend Bauteilhöhen [mm]	Bauteil	Variante SchO niedrig Bauteilhöhen [mm]
Schiene	46 E1, abgenutzt	138	54 E2	161
Zwischenlage	ZW	6	ZW	7
Schienenlager		16	Schienenlager	16
Schwelle	Holzschwelle	150	Holzschwelle	150
Bettung	Schotter (durchschnittswert)	230	Schotter	210
Kiessand PSS	über oder zwischen Querriegeln	200	Kiessand PSS	300
<b>Summe</b>		<b>740</b>		<b>844</b>
			<b>Differenz (Durchschnittswert)</b>	<b>104</b>

Abb. 41: Vergleich Bettungsaufbau, aktualisiert nach Sondagen

### Ergebnis der Sondage beim Fabrikkanal

Die Profile für die Sondagen wurden von der Nische 8 her (km 11'346.43) eingemessen, worauf das Profil A-A etwa bei der Aussenkannte der Nische 7 zu liegen gekommen wäre. Es wurde entschieden die Profile A-A, i-i und H-H bezüglich der Nische 7 (km 11'322.40) einzumessen. Bezüglich der Kilometrierung der Profile ergibt sich dadurch zwischen den Profilen A-A und B-B ein Kilometersprung (vgl. Abb. 42). In den Profilen wurde durch IBH die vorhandenen Schotterstärken ermittelt.

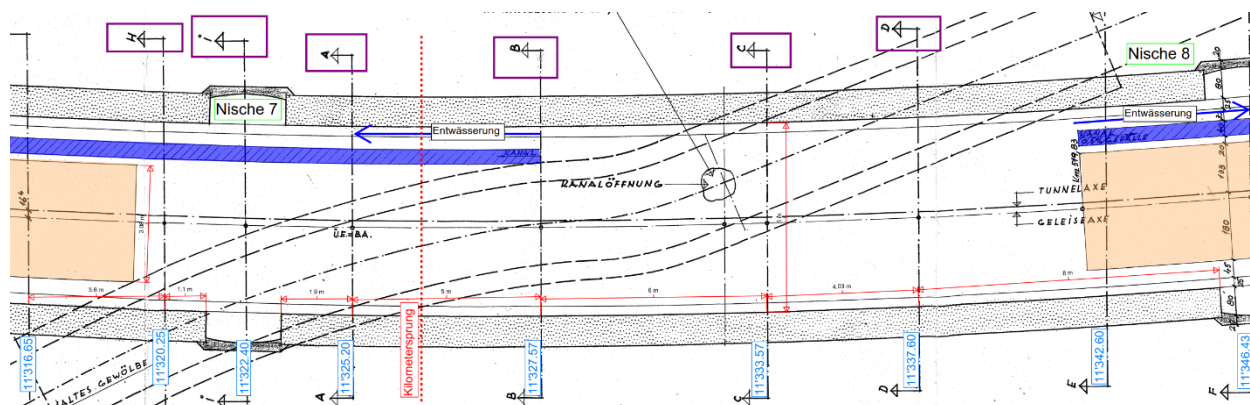


Abb. 42: Situation Fabrikkanal mit Querschnitten und Angepasster Kilometrierung (km 11'322.40 – km 11'346.43)

Tabelle 7 Aufgenommene Schotterstärken über Fabrikkanal

Profil	Schiene links	Gleisachse	Schiene rechts
D-D	14 cm	16 cm	16 cm
C-C	11 cm	13 cm	17 cm
B-B	12 cm	17 cm	20 cm
A-A	12 cm	13 cm	16 cm
i-i	11 cm	10 cm	14 cm
H-H	14 cm	9 cm	13 cm

Für das aufgenommene Profil A-A wurde ein Querprofil erstellt (vgl. Abb. 43). Daraus ergibt sich eine minimale Schotterstärke von 10 cm.

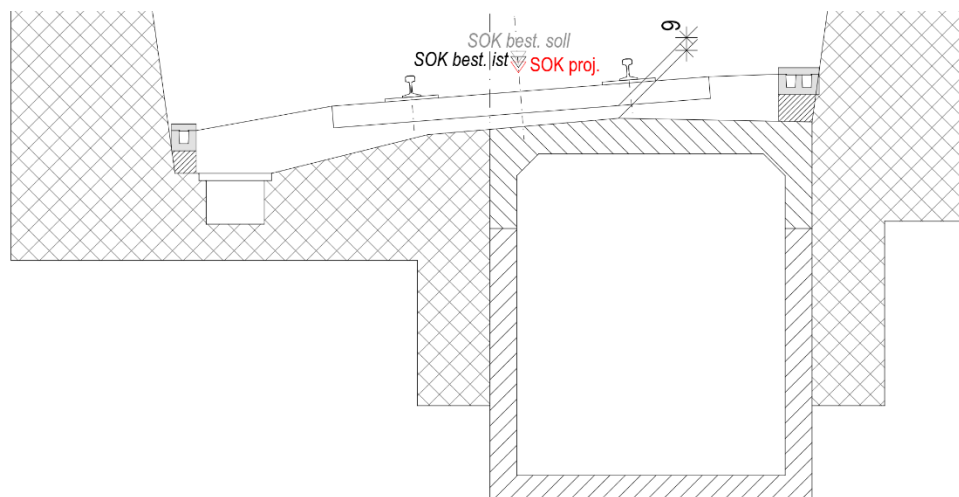


Abb. 43: Querschnitt A-A durch Fabrikkanal (Bestandesplan angepasst nach Aufnahmen vom April 2019)

Die Schotterstärke über dem Fabrikkanal beträgt nach dem Schalungsplan (vgl. Abb. 44 bzw. [4]):

## Aus der Sondage mit dem GeoRadar

Abb. 45: Auszug Georadar-Messungen von CSD im Bereich Fabrikkanal (km 11'322.40 – km 11'346.43), in Gleismitte



Nachfolgend wird die Entwicklung der Schotterstärken im Bereich des Fabrikkanals aufgezeigt:

Abänderung	Entwicklung Schotterstärken		
	Bestand - IST	Änderung Schotterstärke	Nach Projekt
Oberbautyp (Ok Schiene bis UK Schwelle)	310 mm	-24 mm	334 mm
Gleishebung	0 mm	min. -34 mm max. -62 mm	
<b>Total</b>	<b>min. -58 mm bis max. -86 mm</b>		

Infolge des neuen Oberbaus findet eine weitere Verminderung der Schotterstärke statt (vgl. Abb. 41). Die Abminderung beträgt 24 mm.

The diagram shows a road layout with a red line running horizontally. The road is labeled with '9707' and '9700' on the left side, and '21415909' on the right side. A red line runs horizontally across the middle of the diagram, with a red square labeled 'D' at the right end. Below the red line, there are several labels: 'C20013', 'C20012', 'C20011', 'C20010', 'C20009', and 'C20008'. Above the red line, there are several labels: '37', '39', '36', '29', '26', and '24'. Below the red line, there are several labels: '-45', '-57', '62', '-53', '34', and '-5'. Two green vertical lines are drawn across the diagram, labeled 'Nische 7' and 'Nische 8'.

Abb. 46: Gleisabsenkungen im Bereich Fabrikkanal (km 11'322.40 – km 11'346.43) – Projekt V2



## Schlussfolgerung

Folgende Schlussfolgerungen gehen aus den Sondagen von IBH hervor:

- Im Bereich des Fabrikkanals sind Holzschwellen verbaut.
- Die bestehende Gleislage befindet sich maximal 4 cm unterhalb der berechneten SOLL-Lage.
- Im Bereich des Normalprofiles können die minimalen Schotterstärken von 21 cm gesichert werden.
- Im Bereich des Fabrikkanals betragen die vorhandenen Schotterstärken ca. 9 cm bis 20 cm. Im Projekt (V2) sind in diesem Bereich Gleisabsenkungen von 58 mm bis 86 mm vorgesehen, womit die minimalen Schotterstärken nicht mehr gewährleistet werden können.
- Durch die geringe Schotterstärke im Bereich Fabrikkanal, sind Massnahmen notwendig (z.B. Hebung Gleise, Ersatz Gewölbe Fabrikkanal oder Anpassung Sohlplatte).

## Erforderliche Gleishebungen für die Überarbeitung des Projektes (V3)

Aufgrund der Sondage-Ergebnisse soll nun bereichsweise ausgewiesen werden welche Gleishebung (bezüglich der Soll-Lage) erforderlich ist, um im gesamten Tunnel eine angemessene Schotterstärke zu erreichen.

Tabelle 9 Gleishebungen bzgl. der SOLL-Lage

von km	bis km	Hebung für 21 cm SchO [mm]	Hebung für 25 cm SchO [mm]	Bemerkung zum Bestand		
				Gleislage vor Ort	Schwelle	Trasse
11'006	11'038	+0	+25	<i>Keine Aufnahmen</i>	Holz	In Gerade
11'038	11'084	+35-40=0	+75-40=35	<i>ca. 4 cm zu tief</i>	Holz	In Gerade
11'084	11'119	+55-40=15	+95-40=55	<i>ca. 4 cm zu tief</i>	Holz	In Gerade
11'119	11'149	+25-20=5	+65-20=45	<i>ca. 2 cm zu tief</i>	Holz	In Gerade
11'149	11'184	+35-10=25	+75-10=65	<i>ca. 1 cm zu tief</i>	Holz	In Gerade
11'184	11'264	+55-20=35	+95-20=75	<i>ca. 2 cm zu tief</i>	Holz	In Gerade
11'264	11'314	+25-30=0	+65-30=35	<i>ca. 3 cm zu tief</i>	Holz	In Gerade
11'314	11'359	+maximum <sup>1</sup>		<i>ca. 3 cm zu tief</i>	Holz	Ausrundung
11'359	11'379	+105-70=35	+145-70=75	<i>ca. 3 cm zu tief</i>	Bi-Block	Ausrundung
11'379	11'474	+55-70=0	+95-70=25	<i>Keine Aufnahmen</i>	Bi-Block	Ausrundung
11'474	11'550	+45-70=0	+85-70=15	<i>Keine Aufnahmen</i>	Bi-Block	Ausrundung

Zu den angegebenen Hebungswerten bezüglich der Soll-Lage:

- Angaben gemäss Untersuchung CSD (GeoRadar und Handschlitz) anhand der Ist-Lage
- Kontrollrechnungen durch IBH bei der Ist-Lage
- Vergleichsrechnung Gleislage durch IBH zwischen Soll-Lage und Ist-Lage
- Minimale Schotterstärke von 21 cm
- Angestrebte Schotterstärke von 25 cm
- Abänderung in Aufbauhöhe:
  - o generell: +25mm (Änderung von 46 E1, abgenutzt zu 54 E2)
  - o Wechsel von Bi-Block- zu Holzschwelle: 220mm-150mm=-70mm

<sup>1</sup> Im Bereich des Fabrikkanals (km 11'322.40 – km 11'346.43) ist die maximale Gleishebung anzustreben  
→Abstimmung mit Lichtraumprofil erforderlich.

### 3.5.1 Gleislage bezüglich Vorderkante Widerlager

Es sollte kontrolliert werden, dass zwischen den Holzschwellen und den Kontrollschächten, unter Berücksichtigung der geplanten Gleisschiebung, noch genügend Platz für Schotter ist (vgl. Abb. 50). Die Standorte der Sondagen sind in Abb. 47 und Abb. 48 aufgezeigt.

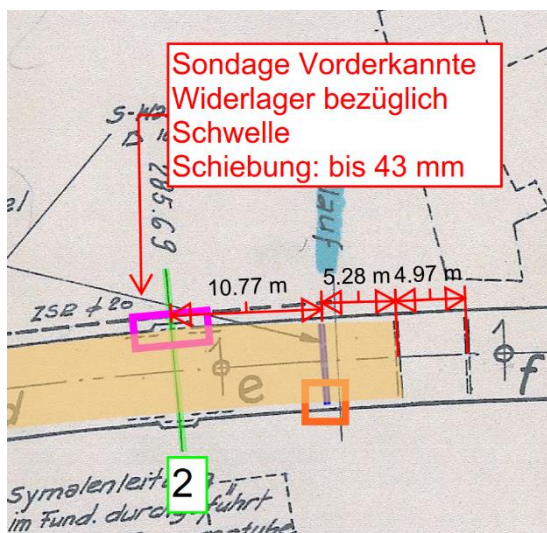


Abb. 47: Schacht bei der Nische 2 (km 11'1118.60)

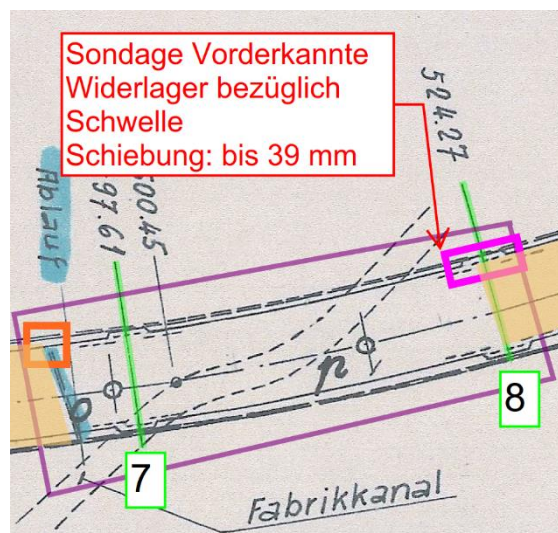


Abb. 48: Schacht bei der Nische 8 (km 11'346.43)

Tabelle 10 Abstand Schwellen zu Schächten nach Gleisschiebung

Profil	Bahn-km	Abstand Schwelle zu Schacht ALT	Schiebung	Abstand Schwelle zu Schacht NEU
Nische 2	11'108	12 cm	max. 43 mm	7.5 cm
Nische 8	11'346	13 cm	max. 39 mm	9 cm

Es ist davon auszugehen, dass die Vorderkante des Kontrollschachtes ca. 5.5 cm hinter der der Vorderkante des Widerlagerfusses liegt und der Abstand zwischen Schwelle und Vorderkante Widerlager somit minimal ca. 10 cm entspricht. Aufgrund der geplanten Gleisschiebungen in Richtung des Schachtes von maximal 43 mm bleibt genügend Abstand zwischen Schwelle und Schacht bzw. Schwelle und Vorderkante Widerlager.





Abb. 49: Aufnahme bei der Nische 2

Bei den Aufnahmen (vgl. Abb. 49) wurde für den Versatz von Schacht und Vorderkante Widerlager ein Abzug von 5 cm gemacht.

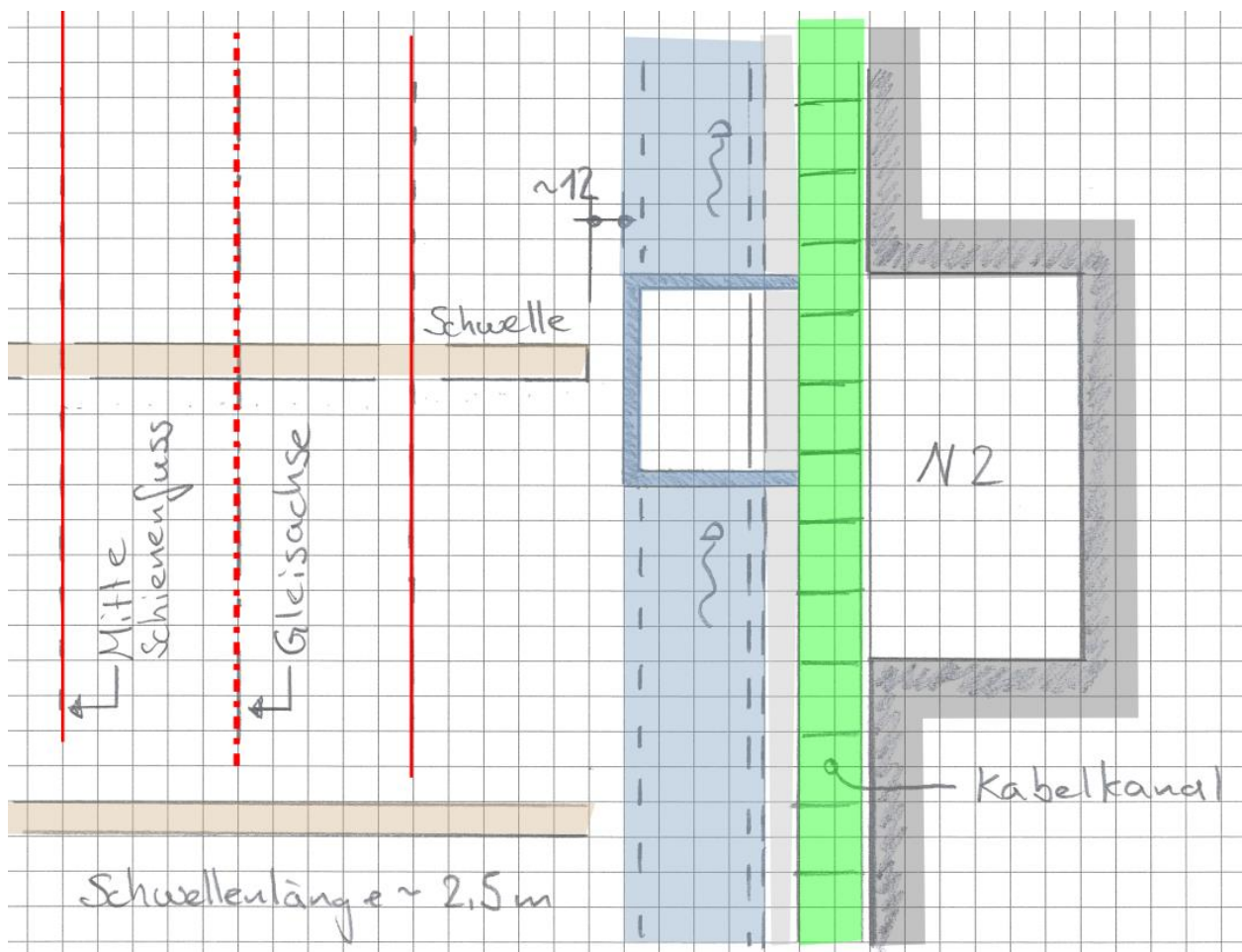


Abb. 50: Situation Kontrollschacht und Lage Schwelle bei der Nische 2 (km 11'108)

### 3.6 Weitere Erkenntnisse

Folgende Erkenntnisse konnten während den Sondagen oder in der Nachbearbeitung gemacht werden. Die Massgebenden Anpassungen sind in den vorab präsentierten Erkenntnissen, Schlussfolgerungen und Lösungen berücksichtigt.

#### 3.6.1 Zustand der Gleise

Durch Kontrollmessungen wurde vor Ort festgestellt, dass die Abnutzung der Schienen ca. 10 mm beträgt. Weiter konnten stellenweise Verformungen in der Rippenplatte festgestellt werden.



Abb. 51: Verformte Rippenplatte

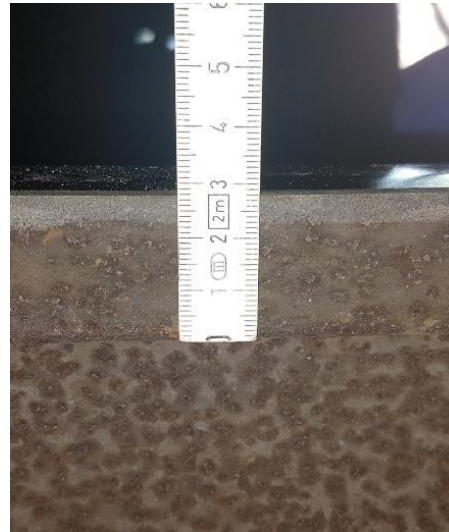


Abb. 52: abgenutzter Schienenkopf

#### 3.6.2 Entwässerung Nische 1, rechts

Bei der Nische 1 (km 11'071.25, rechts) ist eine spezielle Entwässerung (vgl. Abb. 53) der Tunnelwand mit Ablauf beim Kabelkanal rechts der Bahn (vgl. Abb. 54) aufgefallen. Ob das Rohr in den Kanal rechts der Bahn führt konnte nicht aufgeschlossen werden. Der Kabelkanal in dem Bereich ist stark verschmutzt und nass.



Abb. 55: Ansicht Entwässerung Nische 1 (km 11'071.25, rechts)



Abb. 56: Entwässerungsrohr im Bereich Kabelkanal

## 4. Fazit

Aufgrund der Sondagen werden nachfolgend der Handlungsbedarf und die von IBH empfohlenen Massnahmen aufgeführt.

### 4.1 Zustand Fabrikkanal

IBH schlägt für die weitere Projektierung die zwei folgenden Varianten vor:

#### Variante A – Hohlraum bleibt bestehen:

- Für die Ausführung einen Längsschacht in Gleisachse vorsehen, mit dem der Zustand des Kanal-Inneren während dem weiteren Betrieb der Bahn kontrolliert werden kann.
- Hinsichtlich der schlechten Betonqualität und der Ermüdung soll die Statik der Überdeckung des Fabrikkanals überprüft werden. Gegebenfalls ist die Überdeckung des Kanals zu verstärken.
- Allfällige Sanierungsarbeiten am Kanalinneren während der Sanierung des Tunnels können zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden.

#### Variante B – Hohlraum wird gefüllt:

- Es wird vorgesehen den Kanal während der Ausführung im Bereich der Tunnels Gattikon mit Sickerbeton zuzuschütten. Ein allfälliger Wasserdurchfluss kann mit einem Rohr sichergestellt werden.

### 4.2 Entwässerung

Als zentrale Schlussfolgerung ist folgendes festzuhalten:

- Die Entwässerung (Tunnel und Fahrbahn) ist für die Projektierung der Sanierung Tunnel Gattikon mit aufzunehmen und durchzuführen.

IBH schlägt für die weitere Projektierung folgende Massnahmen vor:

- Die Standorte der Schächte ist auf die Entwässerung abzustimmen. Folglich sind jeweils bei den Einleitstellen der Abläufe sowie bei den Startpunkten des Kanals, Schächte anzuordnen.
- In den Abläufen in der Tunnelwand sind ebenfalls Kontroll- und Revisionsöffnungen vorzusehen.
- Die Unklarheiten bei der Lage der Einleitstelle aus der Entwässerung der linken Tunnelseite in den Kanal sind bei der weiteren Planung zu berücksichtigen.
- Für die Ausführung sind im Bereich des Kanals auf der Kurveninnenseite Kontrollschächte (bei Abläufen und dem Anfang des Kanals) anzuordnen.
- In den bestehenden Kanälen beidseits der Bahn ist eine neue, leistungsfähige Entwässerung vorzusehen, die mit geringem Aufwand gewartet werden kann.
- Bezüglich der Entwässerung des Tunnels und der Fahrbahn ist eine Schnittstelle zu definieren.
  - Vorschlag: Die Tunnelentwässerung ist bis und mit der Einleitung in den Längskanal der Entwässerung durch den Fachplaner Tunnelgewölbe zu projektieren und auszuschreiben.



Im Bereich vor dem Portal Langnau (km 11'006 und km 11'038) besteht folgender Handlungsbedarf:

- Es muss eine Abstimmung zwischen Entwässerung Tunnel und dem Projekt Bahnhof Langnau erfolgen (Ausführung im September 2019). Ziel muss ein, dass die Entwässerung vor dem Portal, welche im September 2019 erstellt wird, bereits auf die Entwässerung des Tunnels abgestimmt ist. Hierzu ist eine Koordination nötig.
- Die geplante Entwässerung vor dem Tunnel Gattikon (Umbau Sept 2019) ist auf die anfallenden Wassermassen aus dem Tunnel auszulegen.
- Die Leitungssituation im Bereich vor dem Portal Langnau ist durch den Projektverfasser Entwässerung Umbauprojekt (September 2019) abschliessend zu klären.
- Die Anschlüsse der Tunnelentwässerung an die neuen Kontrollschächte (Umbau September 2019) sind nach der Erstellung vor Ort aufzunehmen. Begehungen während den Umbauarbeiten im Herbst 2019 sollen zur Verifizierung der Planung dienen.

### 4.3 Gleislage und Bettungshöhe

IBH schlägt für die weitere Projektierung die zwei folgenden Varianten vor:

Variante A – Feste Fahrbahn über Fabrikkanal und statische Überprüfung Überdeckung:

- Aufgrund der ungenügenden Schotterstärken ist der Fabrikkanal als Feste Fahrbahn auszubilden.
- Es soll statisch überprüft werden, ob die bestehende Überdeckung des Fabrikkanals {2} den Belastungen der Festen Fahrbahn genügt und somit weiterhin genutzt werden kann oder ob Verstärkungen oder sogar ein (Teil-) Ersatz notwendig sind.

Variante B – Ersatzneubau Überdeckung Fabrikkanal und Erstellen Schotteroberbau:

- Die Überdeckung des Fabrikkanals {2} sowie die Sohlplatte {4} werden ersetzt und tiefer gelegt, damit die Schotterstärke im Bereich des Fabrikkanals gewährleistet werden kann.

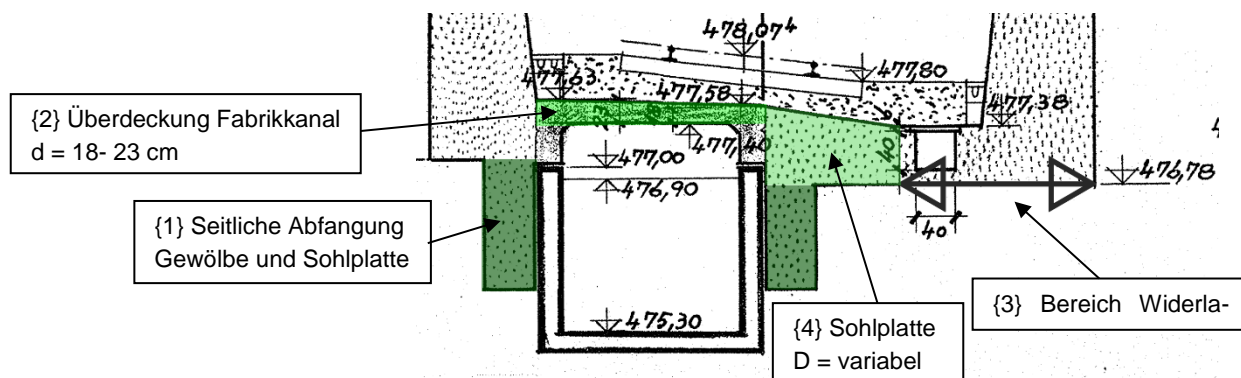


Abb. 57: Querschnitt Überdeckung Fabrikkanal (bei Schnitt A-A)

#### 4.4 Empfehlungen für Vorprojekt

IBH empfiehlt im Vorprojekt folgende Massnahmen genauer zu auszuarbeiten:

1. Schotteroberbau im Normalquerschnitt vorsehen
2. Ausbildung einer Festen Fahrbahn im Bereich Fabrikkanal (ggf. Anpassungen am Kanal)
3. Die Entwässerung (Tunnel und Fahrbahn) in die Projektierung mit aufnehmen und durchführen.



## Beilagen

- [A] Liste Vermessungspunkte Tunnel Gattikon
- [B] Sondagekonzept Tunnel Gattikon
- [C] Bestandesplan mit eingezeichneten Querriegeln
- [D] Liste Kilometrierungsfehler Masten
- [E] Auswertung und Vergleich SOK (Bestand-SOLL, Bestand-IST, Projekt)