



# Erneuerung Waldenburgerbahn



**Los 6.1: Abschnitt Haltestelle Hirschlang (exkl.) bis Haltestelle Winkelweg (exkl.)**

**TP 17: Haltestelle Hirschlang (exkl.) – Haltestelle Niederdorf, km 10.351 – 10.931**

**Auflageprojekt**

**Geotechnisch-geologische Untersuchungen**

Version 1.00 | 12. April 2019

Projektverfasser  
Geotechnisches Institut AG Basel

Bauherrschaft  
BLT Baselland Transport AG

Stefanie Mahr von Staszewski

Rainer Zeh

Reto Rotzler

Peter Baumann

## **Impressum**

---

Auftragsnummer 51.2310.003

Auftraggeber BLT Baselland Transport AG

Datum 12. April 2019

Version 1.00

Autor(en) Stefanie Mahr von Staszewski, Martin Meyer, Nicola Kern, Rainer Zeh

Freigabe

Verteiler BLT, BHU, GP, Planerteam

Datei I:\Projekte\51.2310\000\6\_BERICH\2310be01\_BLT-Format\2310be01.docx

Seitenanzahl 18

## Inhalt

<b>Änderungsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>iv</b>
<b>1 Allgemeines</b>	<b>1</b>
1.1 Beteiligte und Auftragssituation	1
1.2 Ausgeführte Arbeiten	1
1.3 Verwendete Unterlagen	2
<b>2 Ausgangslage</b>	<b>4</b>
<b>3 Geologische Verhältnisse</b>	<b>5</b>
3.1 Allgemeine geologische Situation	5
3.2 Die Gesteine im Projektbereich TP 17	5
3.2.1 Lockergesteine	5
3.2.1.1 Künstliche Auffüllungen und natürliche Deckschichten	5
3.2.1.2 Mischschotter	6
3.2.2 Felsuntergrund	6
3.2.2.1 Lage der Felsoberfläche	6
3.2.2.2 Obere Süswassermolasse (Tertiär)	6
3.2.2.3 Villigen Formation (Malm)	6
<b>4 Baugrund</b>	<b>7</b>
4.1 Allgemein	7
4.2 Geotechnischer Schichtbeschrieb	7
4.2.1 Künstliche Auffüllungen bzw. Deckschicht	7
4.2.2 Mischschotter	8
4.2.3 Obere Süswassermolasse (Tertiär)	10
4.2.4 Villigen Formation (Malm)	12
<b>5 Grundwasserverhältnisse</b>	<b>13</b>
5.1 Allgemeine Grundwasserverhältnisse	13
5.2 Grundwasserspiegel	13
5.3 Planerischer Grundwasserschutz	13
<b>6 Bautechnische Folgerungen</b>	<b>14</b>
6.1 Projekt	14
6.1.1 Untergrund	14
6.1.2 Folgerungen	14
6.1.2.1 Allgemein	14

---

6.1.2.2 Stützmauer Felsanschnitt Hirschlang	15
<b>7 Allgemeine Belastungshinweise</b>	<b>17</b>
<b>8 Weitere Hinweise</b>	<b>18</b>
8.1 Schlussbemerkung	18
<b>Anhang A Übersicht Teilprojekte TP 17, TP 18 und TP 19</b>	<b>A-1</b>
<b>Anhang B Situation mit Bohr- und Sondierstandorten</b>	<b>B-1</b>
<b>Anhang C Längsprofil mit Baugrundmodell</b>	<b>C-1</b>
<b>Anhang D Profile der Rammkernsondierungen</b>	<b>D-1</b>
<b>Anhang E Profile der Rammsondierungen</b>	<b>E-1</b>
<b>Anhang F Profile der Saugbaggersondierungen</b>	<b>F-1</b>
<b>Anhang G Profile der bestehenden Bohrungen</b>	<b>G-1</b>
<b>Anhang H Zusammenstellung der Laborwerte</b>	<b>H-1</b>
<b>Anhang I Laborbericht</b>	<b>I-1</b>
<b>Anhang J Fotodokumentation Felsabschnitt Hirschlang</b>	<b>J-1</b>

## Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
1.1				
1.2				

## **Zusammenfassung**

Die ca. 13 km lange Strecke der Waldenburgerbahn von Liestal nach Waldenburg soll totalerneuert werden. Im Zuge dieser Totalerneuerung ist zum einen der Bau von zusätzlichen Doppelspur- und Kreuzungsstellen vorgesehen, ausserdem soll eine Umspurung von der aktuellen Spurweite von 750 mm auf eine Spurweite von 1'000 mm erfolgen.

Die aktuelle Streckenführung muss im Zuge dieser Totalerneuerung bereichsweise verändert werden. Neben Gleisbauwerken auf Schüttungen sind auch ingenieurtechnische Bauwerke wie Stützmauern und Brücken sowie wasserbautechnische Massnahmen (Verlegung / Renaturierung der Vorderen Frenke) notwendig.

Zur Erlangung von Planungssicherheit wurden im 580 m langen Streckenabschnitt von km 10.351 (Haltestelle Hirschlang, Landeskoordinaten ca. 2'623'840 / 1'251'010) bis km 10.931 (Haltestelle Niederdorf, Landeskoordinaten ca. 2'623'655 / 1'250'480) diverse geotechnisch-geologischen Untersuchungen durchgeführt. Aus diesen wurden als Projektierungsgrundlage ein Baugrundmodell und bodenmechanische Kennwerte abgeleitet, ausserdem werden im vorliegenden Bericht die Grundwasserverhältnisse im Projektbereich erläutert sowie bautechnische Hinweise gegeben.

# 1 Allgemeines

## 1.1 Beteiligte und Auftragsituation

Auftraggeber und Bauherrschaft:	BLT Baselland Transport AG Grenzweg 1 4104 Oberwil
Auftragnehmer:	Geotechnisches Institut AG Basel Pfeffingerstrasse 41 4053 Basel
Auftrag:	Durchführung von vertiefenden geotechnisch-geologischen Untersuchungen und Beratungen gem. Offerte Nr. 51.2310 (of03b) vom 15.04.2016
Auftragserteilung:	Bestellung Auftrag Nr. WBZU 16-6.17-002 vom 30.05.2016

## 1.2 Ausgeführte Arbeiten

durch das Geotechnische Institut AG Basel, Basel:

- Erarbeitung des Sondierkonzeptes
- Archivrecherchen bzgl. bestehender Bohrungen und weiterer relevanter Unterlagen
- Organisation und Überwachung der Feldarbeiten
- Begehungen, Absteckung und Nivellement der Sondierstellen
- Durchführung von neun unverrohrten Rammsondierungen (DPH) in Tiefen von 1.7 – 5.0 m ab OKT, totale Rammlänge: 36.6 m
- Durchführung von einer Rammkernsondierung in eine Tiefe von 4.8 m ab OKT
- Organoleptische Beurteilung (Farbe, Fremdmaterial, Geruch) und geologische Beschreibung der Bohrkerne
- Aufnahme der Saugbaggerschachtprofile
- Entnahme von tiefengestuftem Labor- und Rückstellproben und Versand ausgewählter Proben ins Labor
- Erstellen von Sondierprofilen
- Schriftliche Berichterstattung

durch die Firma Allround Security GmbH, Binningen:

- Erbringen diverser Sicherheitsdienstleistungen (Verkehrssicherheit, Sicherheitswärter, Sicherheitschef)

durch die Fa. Arcadis Schweiz AG, Schlieren:

- Laboranalysen an fünf Feststoffproben auf die Parameter Schwermetalle, PAK und MKW

durch die Fa. ERNE AG Bauunternehmung, Arlesheim am 27.09.2016:

- Abteufen und wieder Eindecken von drei Sondierschächten mit dem Saugbagger in Tiefen von 0.8 – 0.9 m

### 1.3 Verwendete Unterlagen

- Dr. von Moos AG, Baden
  - [1] Bericht „Waldenburgerbahn, Ausbau Haltestelle Hirschlang, 4435 Niederdorf“, Belastungen Schotter / Unterbau, Bericht Nr. 10223, 25.09.2013
  - [2] Bericht „Waldenburgerbahn, Ausbau Haltestelle Niederdorf, 4435 Niederdorf“, Baugrunduntersuchung, Belastungen Schotter / Unterbau, Bericht Nr. 10099, 28.02.2014
  
- Pfirter, Nyfeler & Partner AG, Muttenz:
  - [3] Bericht „4435 Niederdorf, Waldenburgerbahn und Tiefbauamt, Wasserbau, Stützkonstruktion/Stationsneubau, Geol.-geotechnischer Bericht über die Baugrundverhältnisse“, Nr. 478982.0000, 12.11.2012
  - [4] Bericht „4435 Niederdorf, Hirschlang, Parz. 240 – Strasse Bachmatten, Rückwärtige Erschliessung Haltestelle Hirschlang, Geol.-geotechnischer Bericht über die Baugrundverhältnisse“, Nr. 479035.0000, 05.03.2013
  - [5] Bericht „4435 Niederdorf, Hirschlang – Stützmauern längs Kantonsstrasse und Stützmauer längs Bahn“, geologisch-geotechnischer Bericht über die Baugrundverhältnisse, Nr. 479123.0000\_V2, 25.11.2014
  
- Geoviewer Kanton Basel-Landschaft
  - [6] Parzellenplan
  - [7] Bohrkataster
  - [8] Erdbebenmikrozonierung
  - [9] Naturgefahrenkarte
  - [10] Kataster der belasteten Standorte
  - [11] Gewässerschutzkarte
  - [12] Grundwasserkarte
  - [13] Grundwasserisohypsen
  
- Geologische Grundlagen
  - [14] Geologische Spezialkarte Nr. 121, Geologische Karte der zentralen Nordwestschweiz, 1:100'000, Schweizerische Geologische Kommission 1984
  - [15] Geologie des Tafel- und Faltenjura zwischen Reigoldswil und Eptingen, Beitr. geol. Karte der Schweiz, N.F., 112. Lieferung, L. Hauber 1960
  - [16] Geologische Karte des Hauensteingebietes (Waldenburg-Olten), 1:25'000, F. Mühlberg 1914
  
- Normen, Regelwerke und allg. Literatur
  - [17] SIA 261 „Einwirkungen auf Tragwerke“, Juli 2014
  - [18] SIA 267 „Geotechnik“, August 2013
  - [19] SIA 267-1 „Geotechnik – ergänzende Festlegungen“, August 2013
  - [20] Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Teile 1-3, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2017
  - [21] EA-Pfähle: Empfehlungen des Ausschusses Pfähle der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage Berlin 2012
  - [22] EN ISO 14688-1 (2002): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (mit nationalem Anhang SN 670 004-1b, NA August 2008)

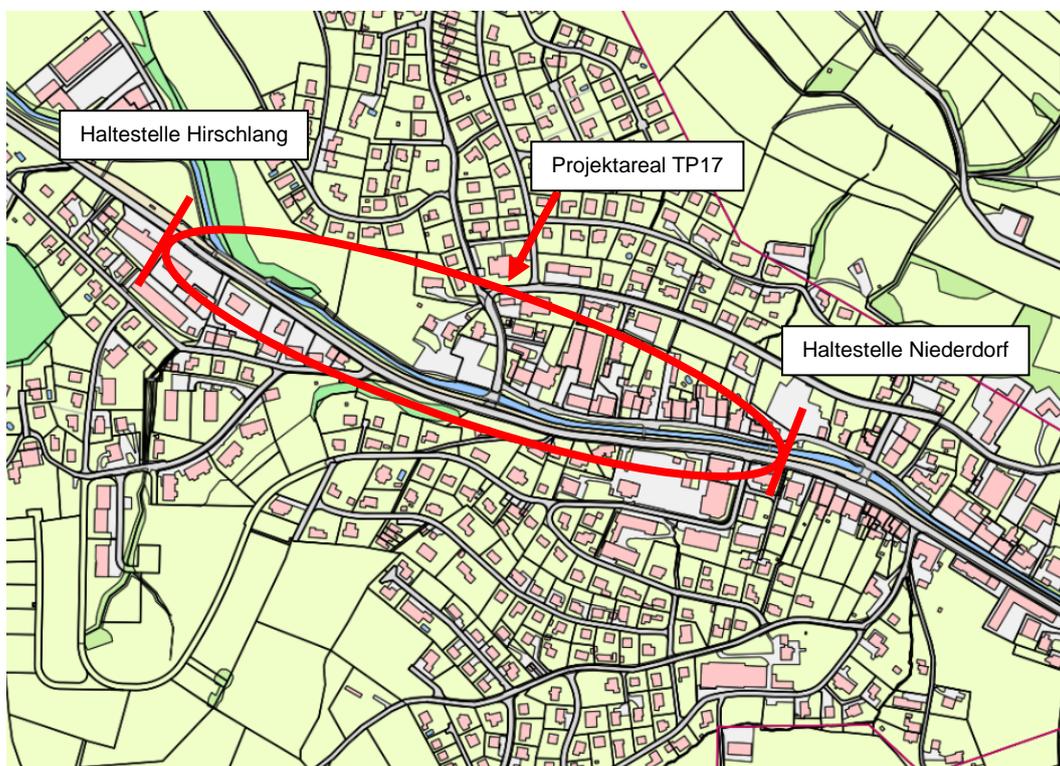
- [23] EN ISO 14688-2: 2004: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierung (mit nationalem Anhang SN 670 004-2b-NA, August 2008)
- [24] VSS, SN 670 140b: Frost (Juni 2001)
- [25] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA vom 04.12.2015)
- [26] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV vom 26.08.1998)
- [27] Richtlinien zur Versickerung von Meteor- und Sauberwasser (AUE Kanton Basel-Landschaft vom Juli 1998)
- [28] VÖV: Regelwerk Technik Eisenbahn, R RTE 21110 Unterbau und Schotter. Bern, 2014

## 2 Ausgangslage

Die ca. 13 km lange Strecke der Waldenburgerbahn von Liestal nach Waldenburg soll totalerneuert werden. Im Zuge dieser Totalerneuerung ist zum einen der Bau von zusätzlichen Doppelspur- und Kreuzungsstellen vorgesehen, ausserdem soll eine Umspurung von der aktuellen Spurweite von 750 mm auf eine Spurweite von 1'000 mm erfolgen und die Wagenkastenbreite soll von 2.20 m auf 2.40 m erhöht werden.

Die aktuelle Streckenführung muss im Zuge dieser Totalerneuerung bereichsweise verändert werden. Neben Gleisbauwerken auf Schüttungen sind auch ingenieurtechnische Bauwerke wie Stützmauern und Brücken sowie wasserbautechnische Massnahmen (Verlegung der Vorderen Frenke) notwendig.

Bestandteil des vorliegenden Berichtes ist der 580 m lange Streckenabschnitt von km 10.351 (Haltestelle Hirschlang, Landeskoordinaten ca. 2'623'840 / 1'251'010) bis km 10.931 (Haltestelle Niederdorf, Landeskoordinaten ca. 2'623'655 / 1'250'480) (Situation siehe nachfolgende Abbildung sowie Beilagen Anhänge A und B).



Reproduziert mit der Bewilligung von swisstopo (JA032201)

Das Projektareal liegt in der Erdbebenzone Z2<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Nach SIA Swisscode 261, Anhang F

## **3 Geologische Verhältnisse**

### **3.1 Allgemeine geologische Situation**

Der untersuchte Streckenabschnitt der Waldenburgerbahn von km 10.351 (Haltestelle Hirschlang (exkl.)) bis km 11.855 (Haltestelle Winkelweg (inkl.)) befindet sich im Tal der Vorderen Frenke und wird in die Teilprojektbereiche TP 17 bis TP 19 unterteilt.

Das ganze Gebiet liegt geologisch gesehen im Tafeljura und ist durch zahlreiche Verwerfungen in einzelne Schichtpakete und Schollen zergliedert. Im Bereich der Talflanken von Hölstein bis Niederdorf können vorwiegend kalkige bis mergelige Malmschichten sowie tertiäre Molasseablagerungen beobachtet werden. Diese Schichten fallen hier leicht geneigt gegen Süden bis Südosten ein [16].

Im Bereich südlich von Niederdorf bei der Kirche St. Peter und dem Dorfrand von Oberdorf wechseln die geologischen Verhältnisse. Hier wurden die Gesteine des Faltenjuras an der sogenannten Jura-Hauptüberschiebung von Süden her auf den Tafeljura überschoben.

Die Anlage und Ausbildung des untersuchten Talabschnittes wird auf die grösste Vergletscherung zurückgeführt. Diese wurde früher als Riss-Eiszeit bezeichnet und heisst heute Möhlin-Vergletscherung. Während der Möhlin-Vergletscherung war der grösste Teil der Nordschweiz von Eis bedeckt. Dabei wurden Moränen<sup>2</sup> und Schotter abgelagert, welche durch das spätere Einschneiden der Vorderen Frenke teilweise wieder wegerodiert wurden. Das Moränenmaterial kann im Untersuchungsgebiet aufgrund der vorhandenen Vergletscherung als vorbelastet angenommen werden [3].

In geologisch jüngster Zeit wurden die Schotter der Frenke durch oberflächlich wenig konsolidierte Talaueschotter sowie Schwemmlerme bedeckt und an den Talrändern haben sich die Einflüsse von seitlichen Bachzuläufen sowie Rutschungen bemerkbar gemacht. Zudem können heute im Talgrund längs der Vorderen Frenke und im Bereich der bebauten Gebiete oftmals auch künstliche Auffüllungen registriert werden.

### **3.2 Die Gesteine im Projektbereich TP 17**

#### **3.2.1 Lockergesteine**

##### **3.2.1.1 Künstliche Auffüllungen und natürliche Deckschichten**

Im Bereich der Sondierungen beidseits der Vorderen Frenke wurden oberflächlich in den meisten Abschnitten künstliche Auffüllungen angetroffen. Diese bestehen aus tonig-siltigen Kiesen mit mehr oder weniger bodenfremden Stoffen. Im Bereich der RKS 6 und DPH 26 konnten auch natürliche Deckschichten nachgewiesen werden, die aus tonigen Silten mit wenig Kies bestehen.

---

<sup>2</sup> Der Begriff Moräne, der hier im Sinne einer Grundmoräne verwendet wird, wird heute in wissenschaftlichen Publikationen als Till bezeichnet.

### **3.2.1.2 Mischschotter**

Unter den künstlichen Auffüllungen und den Deckschichten wurden mit den ausgeführten Rammkern- und Rammsondierungen die obersten Bereiche der Mischschotter aufgeschlossen. Es handelt sich dabei um tonig-siltige Kiese mit Sand und Steinen sowie siltige Tone mit viel Kies.

Aufgrund der Zusammensetzung der Schotter und der festgestellten Lagerungsdichte werden verschiedene Schottergenerationen angenommen. Es handelt sich dabei um in jüngster Zeit abgelagerte Talauenschotter, glazial abgelagerte Schotter sowie Moränen. Während in früheren Untersuchungen eine Unterscheidung der Lockergesteine in Frenkeschotter und Moräne vorgenommen wurde [3][4], wird für die vorliegende Untersuchung der zusammenfassende Begriff Mischschotter verwendet.

Die Basis der Mischschotter wurde einzig in der bestehenden Fremdbohrung 91.G.5 von 2012 angetroffen. Wie in TP 19 konnte auch hier direkt über dem Fels eine Stein- und Blocklage mit Kalksteinen beobachtet werden.

### **3.2.2 Felsuntergrund**

#### **3.2.2.1 Lage der Felsoberfläche**

Aufgrund des einzigen Bohraufschlusses (91.G.5) wird im Bereich TP 17 angenommen, dass die Felsoberfläche von ca. 453 m ü.M. bei km 10.350 auf ca. 460 m ü.M. bei km 10.850 relativ gleichmässig ansteigt (vgl. Anhang C).

Gemäss den geologischen Grundlagen [16][15] erfolgt hier ein Schichtwechsel. Der Felsuntergrund in der Spur des Längsprofils (Anhang C) wird dabei im Bereich des Felsanschnittes von ca. km 10.337 bis ca. km 10.700 durch Kalkschichten der Villigen Formation gebildet. Es handelt sich hier um die obersten Schichten des Malmkalkes. Diese werden ab km 10.700 durch mergelig-kalkige Schichten der darüberliegenden Oberen Süsswassermolasse abgelöst.

#### **3.2.2.2 Obere Süsswassermolasse (Tertiär)**

In TP 17 wurden in der Bohrkampagne 2016 keine neuen Bohraufschlüsse geschaffen. Angaben zur Felsoberfläche ergeben sich allein aus der bestehenden Bohrung 91.G.5. Hier wurden braune bis rötliche tonig-siltige Mergel angetroffen, die als Obere Süsswassermolasse interpretiert werden.

#### **3.2.2.3 Villigen Formation (Malm)**

Die unterliegenden Schichten der Villigen Formation lassen sich im Bereich Niederdorf und Haltestelle Hirschlang beobachten. Sie bestehen hier aus beigen bis hellgrauen Kalcken, die teils gut gebankt sind und geringmächtige Mergellagen aufweisen.

Die Malmkalke bilden im Bereich des Felsanschnittes bei km 10.337 bis km 10.395 ein leicht nach SE einfallendes Felsband, wobei das Abtauchen der Schichten an einigen markanten Felsen in der Nähe des Uferweges zu beobachten ist.

## 4 Baugrund

### 4.1 Allgemein

Bezüglich Erdbebeneinwirkung kann das untersuchte Areal der Baugrundklasse E zugeordnet werden (nach SIA Swisscode 261).

Die nachfolgenden geotechnischen Schichtbeschriebe geben einen spezifischen Überblick zu den geologischen und geotechnischen Eigenschaften und Randbedingungen. Insbesondere die dort postulierten bodenmechanischen Kennwerte dienen als erste Orientierungsgrösse. Die Kennwerte müssen jedoch im weiteren Projektierungsverlauf unbedingt situativ und anwendungs- / bauwerksspezifisch in enger Abstimmung zwischen Ingenieur und Geotechniker / Geologe noch angepasst werden.

### 4.2 Geotechnischer Schichtbeschrieb

#### 4.2.1 Künstliche Auffüllungen bzw. Deckschicht

Zusammensetzung: Kies, siltig, sandig, sauber bis schwach tonig, grau-braun bis  
Silt, schwach kiesig bis kiesig, sauber bis tonig, braun bis dunkelbraun bis grau  
bis  
Ton, kiesig, schwach sandig, mit Steinen, dunkelbraun  
Möglich sind bodenfremde Stoffe.

Mächtigkeit und Verbreitung: Über das gesamte Untersuchungsareal mit einer Mächtigkeit von ca. 2.0 m bis 4.0 m verbreitet

Lagerungsdichte bzw. Konsistenz: Sehr locker bis sehr dicht bzw. weich bis steif

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte: Siehe nachfolgende Erläuterungen

Allgemeine geotechnische Beurteilung: Auf die Angabe bodenmechanischer Kennwerte wird aufgrund der sehr geringen Mächtigkeit der Schicht an dieser Stelle verzichtet. Wir gehen davon aus, dass diese Schicht aus bodenmechanischer Sicht allenfalls für die Bemessung des Unterbaus relevant ist. Sobald die Planiekoten des neuen Trassees und die jeweilige Lokalität bekannt sind, können entsprechende Angaben situationsspezifisch nachgereicht werden.

Die Auffüllungen sind aufgrund ihrer heterogenen Zusammensetzung und variierenden Mächtigkeiten i. d. R. unterschiedlich, jedoch meist schlecht bis mässig tragfähig und stark setzungsempfindlich. Die Aufnahme von gut verteilten Bauwerkslasten ist nur eingeschränkt, d. h. im Rahmen ihrer Vorbelastung möglich; zur Aufnahme

von konzentrierten Einzellasten sind sie wenig bzw. nicht geeignet.

Die Auffüllungen sind wenig bis kaum geeignet zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Mikropfählungen. Sofern es die Deformationen gestatten, kann eine Mantelreibung von  $\tau_m \leq 25$  bis  $40 \text{ kN/m}^2$  angenommen werden.

Feinkörnige Bereiche sind leicht bis stark frostgefährlich (G2-G4 nach SNV 670 140b) und wasserempfindlich, grobkörnige Bereiche sind aufgrund der Siltanteile als leicht frostgefährlich (G2, evtl. G1-G2 oder G2-G3 nach SNV 670 140b) und mässig wasserempfindlich einzustufen.

In unbelasteten Bauböschungen ist diese Bodenschicht meist mässig bis schlecht standfest. In Böschungen und bei Unterfangungen neigen sie zum Ausrieseln, insbesondere bei rollkiesartigen Bereichen. Die Auffüllungen reagieren darüber hinaus empfindlich auf Erschütterungen. Mögliche Einbauten, Fundamentreste etc. können Ramm- und Bohrhindernisse darstellen sowie bei kleinflächigen Aushüben behindernd wirken.

Bezüglich der Wiederverwendung sind neben den geotechnischen Aspekten insbesondere altlasten- und abfalltechnische Aspekte zu beachten.

#### 4.2.2 Mischschotter

Zusammensetzung:	Kies, siltig bis stark siltig, schwach sandig bis sandig, sauber bis stark tonig, mit Kalksteinen, hellbraun bis ocker bis Steine, Blöcke, kiesig, hellbeige bis braungrau
Mächtigkeit und Verbreitung:	Über das gesamte Untersuchungsareal mit einer Mächtigkeit von ca. 5 m bis 10 m verbreitet. Die Schichtunterkante befindet sich auf einer Kote von ca. 457 bis 464 m ü.M.
Lagerungsdichte:	Oberflächennah oft locker bis mitteldicht, sonst dicht bis sehr dicht gelagert

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte:

Vorsichtig geschätzte Erwartungswerte:

$\gamma$	=	20.5 – 22	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi'$	=	32 – 37	°
$c'$	=	0 – 10	kN/m <sup>2</sup>
$M_E$	≈	30 – 90	MN/m <sup>2</sup>

Empfohlene charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen:

(mitteldicht gelagert)

$\gamma_k$	=	21.0	kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_\gamma = 1.0$
$\varphi'_k$	=	34	°	$\gamma_\phi = 1.2$
$c'_k$	=	0	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_c = 1.5$
$M_{E,k}$	≈	40	MN/m <sup>2</sup>	

(dichte bis sehr dichte Lagerung)

$\gamma_k$	=	21.5	kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_\gamma = 1.0$
$\varphi'_k$	=	36	°	$\gamma_\phi = 1.2$
$c'_k$	=	2 (5)	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_c = 1.5$
$M_{E,k}$	≈	75	MN/m <sup>2</sup>	

Allgemeine geotechnische Beurteilung:

Die Mischschotter sind oberflächlich (ca. 0.5 bis 2.5 m) i.d.R. mitteldicht bis zum Teil locker, in tieferen Lagen dicht bis sehr dicht gelagert. Damit sind sie oberflächennah nur mässig tragfähig und erhöht setzungsempfindlich und damit mässig bis schlecht geeignet für gut verteilte Flächenlasten (z. B. Bodenplatten, Fundamentstreifen udgl.), für konzentrierte Lasten ungeeignet. In tieferen Lagen sind sie gut tragfähig sowie mässig bis wenig setzungsempfindlich. Sie sind dort gut geeignet für die meisten Fundationsarten, auch für konzentrierte höhere Lasten.

Böschungen sind je nach Verdichtungsgrad mässig bis gut standfest. Jedoch sind Rollkies- und Sandzonen erosionsanfällig: In Böschungen oder auch bei Verbauten rieseln diese dann aus, an der Sohle lockern sie leicht auf. Der Schotter reagiert zudem sehr empfindlich auf Erschütterungen (→ Auflockerung, Verlust der Lagerungsdichte und der scheinbaren Kohäsion).

Die Schotter sind ohne Lockerungs- oder Vorbohrungen wenn dicht bis sehr dicht gelagert, kaum durchrammbar. In Bohrungen unter dem Grundwasserspiegel neigen sie zu hydraulischem Grundbruch bzw. zu Auflockerungen. Bohrdurchmesser über 1.2 m sind nach unserer Erfahrung aufgrund der stark zunehmenden Mantelreibung der Verrohrung schwer herzustellen.

Die Schotter sind gut geeignet zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus

Mikropfählungen. Sofern es die Deformationen gestatten, kann eine Mantelreibung von ca.  $\tau_m \leq 35 - 70 \text{ kN/m}^2$  (locker gelagert) bzw. ca.  $\tau_m \leq 80 - 130 \text{ kN/m}^2$  (mitteldicht bis dicht gelagert) bzw. ca.  $\tau_m \leq 120 - 180 \text{ kN/m}^2$  (dicht bis sehr dicht gelagert) angenommen werden. Für Pfählungen ( $D > 0.3 \text{ m}$ ) kann bei dichter bis sehr dichter Lagerung zudem mit einer Spitzenpressung von ca. 1.8 bis 3.0 MN/m<sup>2</sup> gerechnet werden.

Sandarme Kiese und Rollkiese sind gut zu injizieren. Sandreiche Kiese und Sandbänke sind jedoch nur mit speziellen Bindemitteln und / oder Injektionsverfahren zu behandeln. Blöcke, Blocklagen und nagelfluhartige Verkittungen können beim Jetten sog. Strahlschatten bilden.

Blöcke, Blocklagen und nagelfluhartige Verkittungen können beim Abbau Erschwernisse darstellen. Insbesondere bei engen Platzverhältnissen und begrenzten Angriffsmöglichkeiten kann das Lösen von nagelfluhartigen Verkittungen den Einsatz von Abbauhämmern erfordern. Generell ist das Material jedoch gut maschinell abbaubar.

Die Schotter sind aufgrund des Feinkornanteils leicht bis mittel frostempfindlich (G2 bis G3 nach SNV 670 140b) und leicht wasserempfindlich. Die Schotter sind aufgrund der bindigen Anteile nur schlecht für eine Verwertung geeignet, sie sind voraussichtlich für Hinterfüllungen und mässig verdichtbare Schüttungen (evtl. stabilisiert) einsetzbar. Saubere Schotter sind durchmischt gut verdichtbar sowie zu einem hochwertigen Schüttgut aufbereitbar.

#### **4.2.3 Obere Süßwassermolasse (Tertiär)**

Zusammensetzung:	Ton-, Mergel-, Kalk- und Siltstein, hellbraun bis dunkelgrau, oberflächennah oft verwittert und dann entfestigt
Mächtigkeit und Verbreitung:	Einige Meter bis mehrere Dekameter. Über das gesamte Projektareal verbreitet, in diesem Teilprojektbereich jedoch nur in 91.G.5 aufgeschlossen.
Konsistenz:	Hart bis sehr hart, oberflächlich verwittert mit ggf. steif bis hart

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte:

Vorsichtig geschätzte Erwartungswerte:

$\gamma$	=	21 – 23	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi'$	=	25 – 29	°
$c'$	=	20 – 70	kN/m <sup>2</sup>
$M_E$	≈	120 – 200	MN/m <sup>2</sup>
$\sigma_u$	=	300 – 700	kN/m <sup>2</sup>

Empfohlene charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen:

$\gamma_k$	=	22	kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_\gamma = 1.0$
$\varphi'_k$	=	26	°	$\gamma_\phi = 1.2$
$c'_k$	=	35	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_c = 1.5$
$M_{E,k}$	≈	150	MN/m <sup>2</sup>	
$\sigma_u$	=	400	kN/m <sup>2</sup>	

Die Werte sind für aufgewitterte Bereiche zu reduzieren.

Allgemeine geotechnische Beurteilung:

Die Obere Süsswassermolasse stellt unter ihrer meist verwitterten Oberfläche (ca. 0.5 bis 4 m) einen festen Horizont dar. Unterhalb dieser Zone ist die Übertragung auch grösserer Einzelkräfte gut möglich.

Der Fels ist extrem wasserempfindlich; bei Wasserzutritt weicht er rasch auf und nimmt einen breiigen Zustand an. Aufgrund der Wasserempfindlichkeit ist die Felsoberfläche häufig stark zerfurcht und bietet Platz für Sand-, Kies- und Blocklagen mit Material aus den überliegenden Schotterablagerungen. Bei Sand- bzw. Blocklagen oder harten Knauerlagen (insbesondere in Wechsellagerung der Felsschichten selbst) können diese Verhältnisse aus geotechnischer Sicht zu Erschwernissen führen.

Eine Einbindung kraftübertragender Bauteilen (Pfähle, Anker etc.) sollte möglichst immer unterhalb der Verwitterungszone erfolgen. Bei Bohrpfählen ( $D > 0.3$  m) kann i. d. R. mit einer Spitzenpressung von  $\sigma_s = 2.75 - 5.0$  MN/m<sup>2</sup> und einer Mantelreibung (unabhängig vom Durchmesser) von  $\tau_m = 150 - 275$  kN/m<sup>2</sup> gerechnet werden.

Die Oberfläche der Molasse kann bei horizontaler Beanspruchung ggf. potentielle Gleitflächen ausbilden.

Der Fels ist für eine geotechnische Wiederverwendung i.d.R. ungeeignet.

#### 4.2.4 Villigen Formation (Malm)

Zusammensetzung: Mergelige Kalke und Kalke, teils mit Mergelzwischenlagen, kompakt, teils gut gebankt im dm- bis m-Bereich, teils zerklüftet, hellbeige bis braun

Mächtigkeit und Verbreitung: Vermutlich ca. 40 m mächtig. Im nördlichen Projektareal unterhalb der Mischschotter anstehend, gegen Süden taucht die Schicht unter die Obere Süsswassermolasse ab.

Konsistenz: Hart bis sehr hart

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte: Vorsichtig geschätzte Erwartungswerte:

$\gamma$	=	23 – 25	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi'$	=	26 – 32	°
$c'$	=	60 – 180	kN/m <sup>2</sup>
$M_E$	≈	150 – 250	MN/m <sup>2</sup>
$\sigma_u$	=	400 – 1000	kN/m <sup>2</sup>

Empfohlene charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen:	$\gamma_k$	=	24	kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_\gamma = 1.0$
	$\varphi'_{k}$	=	28	°	$\gamma_\phi = 1.2$
	$c'_{k}$	=	100	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_c = 1.5$
	$M_{E,k}$	≈	180	MN/m <sup>2</sup>	
	$\sigma_u$	=	600	kN/m <sup>2</sup>	

Werte sind für aufgewitterte Bereiche zu reduzieren.

Allgemeine geotechnische Beurteilung: Der Fels der Villigen-Formation ist für die Aufnahme von Lasten (auch konzentrierte) geeignet sowie gering bis kaum setzungsempfindlich.

Der Fels ist nicht rammbaar, kaum bis bedingt baggerbar, jedoch bohrbar. Wechsellagerungen können Erschwernisse beim Bohren darstellen.

Die Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Pfählungen ist gut möglich. Sofern es die Deformationen gestatten, kann voraussichtlich eine Mantelreibung von ca.  $\tau_m \leq 150 - 280$  kN/m<sup>2</sup> angenommen werden.

Kalke wenig verwitterungsanfällig, mergelige Kalke und Mergellagen zeigen oberflächlich deutliche Verwitterungsanzeichen. Kalkige Bereiche nicht wasserempfindlich (G1 nach SNV 670 140b), mergelige Zwischenbereiche mässig wasserempfindlich (G2-G3 nach SNV 670 140b) und wenig bis mittel frostgefährdet.

Gebrochen als Schüttgut einsetzbar.

## **5 Grundwasserverhältnisse**

### **5.1 Allgemeine Grundwasserverhältnisse**

Im Tal der Vorderen Frenke besteht der Untergrund aus mässig durchlässigen tonig-siltigen Mischschottern. In den Mischschottern zirkuliert Grundwasser mit Fliessrichtung parallel zur Vorderen Frenke in Richtung Nord bis Nordosten. Das dicht gelagerte Moränenmaterial sowie der Felsuntergrund wirken als Grundwasserstauer.

Der Grundwasserspiegel liegt bei Mittelwasserständen deutlich unterhalb der Bachsohle der Vorderen Frenke. Bei Hochwasserständen korrespondiert der Bachpegel vermutlich mit dem Grundwasserspiegel. Es ist davon auszugehen, dass nur bei hohen Bachwasserständen eine Infiltration aus der Vorderen Frenke ins Grundwasser stattfindet, da die Bachsohle vermutlich weitestgehend kolmatiert ist. In niederschlagsreichen Perioden exfiltriert Hangwasser in die Vordere Frenke.

Gemäss [9] besteht eine erhebliche bis geringe Gefährdung hinsichtlich Überschwemmungen entlang des Bachbetts der Vorderen Frenke. Historisch sind Hochwasserpegel von bis zu ca. 1.5 m über OKT bekannt. Aus Hochwasserschutzgründen ist deshalb für das Projekt eine Verbreiterung der Vorderen Frenke vorgesehen.

Es liegen Gefahrenhinweise für einen Rückstau aus der Kanalisation über den gesamten Projektabschnitt vor, ausserdem Hinweise zu Grundwasseraufstössen zwischen km 10.700 und km 10.900 [9].

### **5.2 Grundwasserspiegel**

Da in diesem Untersuchungsabschnitt keine Rotationskernbohrungen ausgeführt wurden, sind hier keine aktuellen Grundwassermessungen vorhanden. In der bereits 2012 durchgeführten Bohrung 91.G.5 wurde jedoch am 16.10.2012 ein Grundwasserspiegel von 463 m ü.M. gemessen. Ein Piezometer wurde nicht eingebaut.

### **5.3 Planerischer Grundwasserschutz**

Der untersuchte Talabschnitt von der Haltestelle Hirschlang bis zur Haltestelle Niederdorf liegt vollständig im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>.

## **6 Bautechnische Folgerungen**

### **6.1 Projekt**

Gemäss den uns vorliegenden Unterlagen soll in diesem Untersuchungsabschnitt das bestehende Trasse in seiner Lage nur leicht verändert werden. Die Vordere Frenke wird auf der gesamten Länge vertieft und in den meisten Bereichen gegen Osten verbreitert. Lediglich zwischen km 10.410 und km 10.550 ist eine Verbreiterung auch in westlicher Richtung gegen die Hauptstrasse hin vorgesehen. Im Bereich ab km 10.337 soll der bestehende Fuss- und Radweg auf 3 m Breite erneuert werden. Dazu wird der Verlauf des Weges von km 10.337 – km 10.395 von der linken auf die rechte Bachseite verlegt. Mit dieser Verlegung verbunden ist der Bau einer neuen Stützmauer Hirschlang.

Der Abschnitt liegt innerhalb des Gewässerschutzbereichs  $A_u$ . Es besteht eine erhebliche bis geringe Gefährdung hinsichtlich Überschwemmungen entlang des Bachbetts der Vorderen Frenke, ausserdem liegen Gefahrenhinweise für einen Rückstau aus der Kanalisation, Hangwasserzuflüsse zwischen km 10.610 und km 10.640 sowie für Grundwasseraufstösse zwischen km 10.700 und km 10.900 vor. Bzgl. Rutschungen besteht zwischen km 10.300 und km 10.450 eine geringe Gefährdung bzw. eine Restgefährdung, bzgl. Steinschlag liegt eine mittlere Gefährdung westlich der Hauptstrasse zwischen km 10.510 und km 10.610 sowie östlich der Vorderen Frenke zwischen km 10.300 und km 10.450 [9]. Zwischen km 10.300 und km 10.750 ist ein Gefahrenhinweis bzgl. Erdfall angegeben.

Bezüglich Erdbebeneinwirkung ist der untersuchte Abschnitt nach [17] der Baugrundklasse E zuzuordnen.

#### **6.1.1 Untergrund**

Im besagten Abschnitt wurden neu 9 Rammsondierungen (Typ DPH) sowie eine Rammkernsondierung ausgeführt (vgl. Anhänge B bis F).

Unterhalb künstlicher Auffüllungen bzw. Deckschichten mit Mächtigkeiten bis ca. 2.0 m folgen hierbei bis vermutlich ca. 9 bis 14 m unter OKT Mischschotter, die vermutlich vom Fels der Oberen Süsswassermolasse und der Villigen-Formation unterlagert werden. Da in diesem Untersuchungsabschnitt ausschliesslich oberflächennahe Arbeiten vorgesehen sind, wurden in diesem Bereich keine tieferreichenden Bohrungen abgeteuft. Die Lage der Felsoberkante ist somit nur approximativ angegeben.

#### **6.1.2 Folgerungen**

##### **6.1.2.1 Allgemein**

Grundsätzlich sind die genannten Lockergesteine gut bis mässig baggerbar (wenn feucht dann ggf. klebrig), grössere Blöcke v.a. in den Mischschottern können ggf. zu Erschweren führen. Zur Vermeidung von unnötigen Auflockerungen ist der Aushub im Bereich der Fundationssohle möglichst schonend vorzunehmen sowie unmittelbar nach dem Aushub vibrationsfrei abzuwalzen und abzudecken bzw. zu beschweren. Allfällige Zusatzmassnahmen wie das Einbringen von Geotextilen und Materialersatz ist insbesondere in aufgeweichten Bereichen angebracht.

Die neu zu errichtenden bzw. anzupassenden Stützbauwerke zur Verlegung der Vorderen Frenke kommen voraussichtlich in den mitteldicht bis dicht gelagerten Mischschottern zu liegen. Neben den in Abschnitt 4 genannten Bodenkennwerten empfehlen wir in den dicht gelagerten Mischschottern eine Bodenpressung auf Gebrauchsniveau<sup>3</sup> von ca. 275 bis 350 kN/m<sup>2</sup> (charakt. Kennwert bei 300 kN/m<sup>2</sup>) anzusetzen, in den mitteldicht gelagerten Mischschottern wären diese Werte auf ca. 150 bis 225 kN/m<sup>2</sup> (charakt. Kennwert bei 175 kN/m<sup>2</sup>) zu reduzieren. Die Fundationssohle sollte zudem möglichst unterhalb der Bahntrasse-Oberkante angesetzt werden. Nach Freilegung der Fundationssohlen sind diese unmittelbar mit Magerbeton zu bedecken / sichern.

Bei der Dimensionierung des Unterbaus sind die Empfehlungen aus [28] zu beachten. Eine ausreichende Entwässerung ist zu gewährleisten.

### 6.1.2.2 Stützmauer Felsanschnitt Hirschlang

Im Bereich km 10.337 – km 10.395 liegt der Weg im Fussbereich eines steil einfallenden Felsanschnittes. Aktuell zeichnet sich hier der Böschungsbereich durch sehr starken Bewuchs resp. Verbuschung aus sowie durch viel loses Gesteinsmaterial aus. Eine detaillierte Aufnahme und Beurteilung dieses Felsanschnittes wird, in Rücksprache mit den Projektingenieuren, in der Ausführungsphase geplant.

Abzuklären ist dann die Beschaffenheit des Gesteins, das Einfallen der Schichten, die Klüftung und die Lage bezüglich dem Projekt. Für die Aufnahmen vor Ort sind in der Ausführungsphase folgende Arbeiten vorzusehen:

- Rodung des gesamten Bereiches
- Räumung der Böschung von Holz, Ästen, Laub und Blättern (Freilegung von Felsbereichen)
- Räumung der Böschung von losen Steinen und Blöcken (Sicherheit)
- Kennzeichnung der Linienführung

---

<sup>3</sup> Für Berechnungen mit dem Tragsicherheitsniveau können diese Werte um den Faktor 1.4 erhöht werden.

Grobbeurteilung:

An der Begehung vom 9.01.2019 wurde der Felsanschnitt grob charakterisiert und entsprechend den bestehenden Möglichkeiten in einzelne Abschnitte unterteilt. Diese Abschnitte sind im Anhang J dargestellt. Die sechs Abschnitte können gemäss Augenschein folgendermassen beschrieben werden:

1. Relativ flach ansteigende Böschung. Im Bereich des Weganschnittes werden vor allem oberflächliche Gehängeschuttmassen und Blöcke erwartet. Der Felsuntergrund (evtl. aufgelockert) wird durch den Anschnitt aufgeschlossen.
2. Die Böschung ist steil ausgebildet und weiter oben zeigt sich ein Felsanriss. Für den Weganschnitt werden oberflächlich geringmächtige Gehängeschuttmassen erwartet. Darunter sind bröckelige und aufgelockerte Kalkschichten zu erwarten. Die Auflockerung nimmt in zunehmender Tiefe ab. Auf Höhe Weg werden harte Felsverhältnisse erwartet.
3. Markante Felsnase. Der Bereich besteht aus hellen, harten Kalken. Die Anbindung der Felsnase an die unverwitterten Kalklagen in Hangrichtung sowie die Klüftungen sind nicht bekannt.
4. Zwischenbereich (Rinne) mit steiler Böschung. Im Anschnitt werden hier kompakte Kalke mit oberflächlich aufgelockerten Bereichen erwartet. Auf Höhe Weg werden harte Gesteinsverhältnisse erwartet.
5. Markante Felsnase. Der Bereich besteht aus hellen, harten Kalken. Die Anbindung der Felsnase an die Kalklagen in Hangrichtung sowie die Klüftungen sind nicht bekannt.

Fazit:

Der Felsanschnitt besteht aus einer Abfolge von verschiedenen Kalkschichten und Bereichen. Für die Ausführung sind hier voraussichtlich verschiedene Abbaumethoden und Sicherungsarbeiten des Wegbereiches und der oberliegenden Hangbereiche vorzusehen.

## 7 Allgemeine Belastungshinweise

Das betrachtete Areal ist nicht im Kataster der belasteten Standorte des Kantons BL resp. dem BAV geführt.

In diversen Sondieraufschlüssen, welche im Rahmen der bautechnischen Untersuchungen abgeteuft wurden, weist der Untergrund eine Verunreinigung in Form von bodenfremden Stoffen auf (vgl. Anhänge D, F und G sowie [1] und [2]). Um erste Hinweise zu den beobachteten Verunreinigungen zu erhalten, wurde ausgewähltes Probenmaterial aus den Sondieraufschlüssen im Labor auf folgende Parameter<sup>4</sup> untersucht:

MKW, PAK, Schwermetalle

Basierend auf den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen und des organoleptischen Befunds (→ Fremdstoffanteil) sind (stellenweise) Belastungen<sup>5</sup> des Untergrundes zu erwarten (vgl. Auswertung Anhang H und nachfolgende Tabelle sowie [1] und [2]):

Geologische Zuordnung	Bezeichnung der Sondage	Probenahme [m ab OKT]	Laborbefund / Fremdstoffanteil	Materialklasse nach VVEA
künstliche Auffüllung	RKS 6	0.3 – 0.5	PAK, Benzo(a)pyren	B-Material (schwach verschmutzt)

Da belastetes Abbruch- / Aushubmaterial fachgerecht zu behandeln ist, empfehlen wir für die spezifischen abfallrechtlichen und entsorgungstechnischen Angaben (→ Belastungsart, -menge und -lage resp. dem Umgang mit Abbruch- / Aushubmaterial) eine entsprechende abfallrechtliche Untersuchung des Projektperimeters durchzuführen. Darauf basierend kann ein Entsorgungskonzept<sup>6</sup> und Kostenprognosen als Grundlage für ein konkretes Bauprojekt erstellt werden.

<sup>4</sup> Schadstoffparameter aufgrund organoleptischem Befund.

<sup>5</sup> Kriterien für A-Material nicht eingehalten.

<sup>6</sup> Hinweise zur Abfallverwertung, Rückgewinnung von Baustoffen und Entsorgung, Schutz von natürlichen Ressourcen

## 8 Weitere Hinweise

Generell empfehlen wir, das Bewilligungsprozedere in den Bereichen Bautechnik, Wasser, Aushub / Entsorgung udgl. mit den zuständigen Behörden frühzeitig vorzubesprechen.

### 8.1 Schlussbemerkung

Die in diesem Bericht gemachten Angaben gelten für das erwähnte Bauvorhaben. Eine Übertragung der Aussagen auf andere Problemkreise und Bauvorhaben ist nicht zulässig. Die Aussagen beruhen auf Interpretationen aus einzelnen Aufschlüssen. Eine Überprüfung und allfällige Anpassung des Modells bei zusätzlichen Informationen aus weiteren Aufschlüssen bleibt vorbehalten.

#### Geotechnisches Institut AG Basel

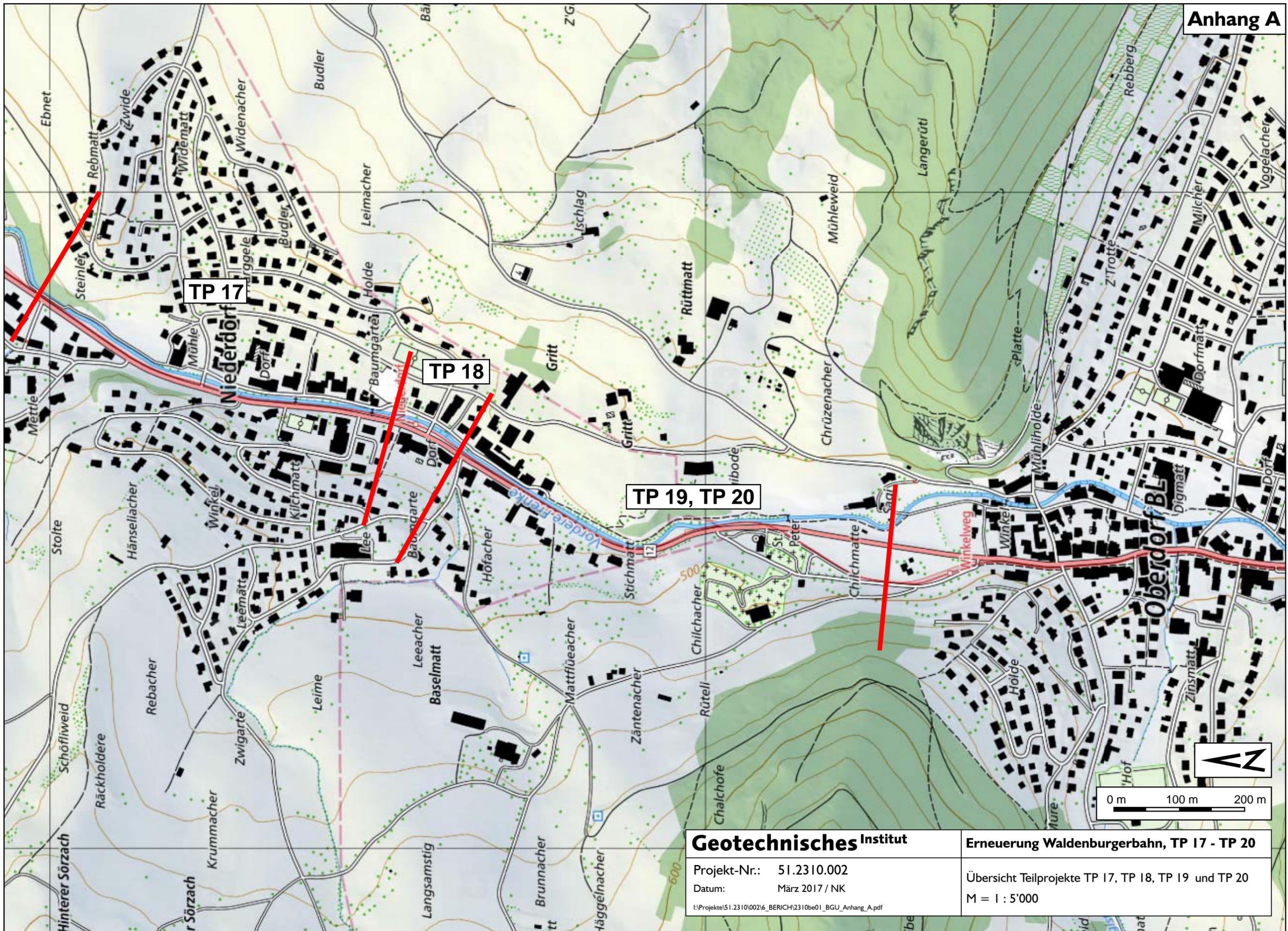


S. Mahr von Staszewski  
Projektleiterin



Dr.-Ing. R. Zeh  
Geschäftsführer

## **Anhang A Übersicht Teilprojekte TP 17, TP 18 und TP 19**



**Geotechnisches Institut**

**Erneuerung Waldenburgerbahn, TP 17 - TP 20**

Projekt-Nr.: 51.2310.002

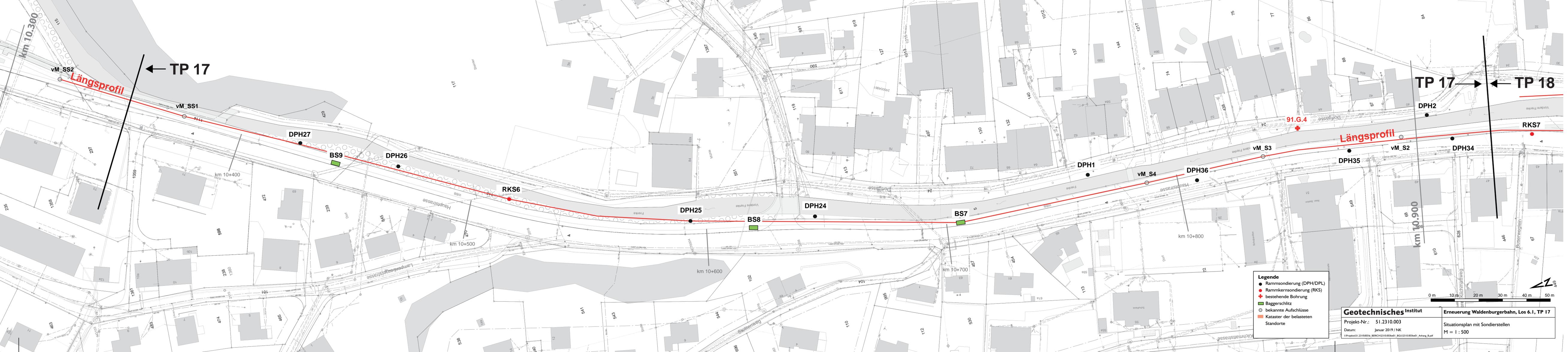
Übersicht Teilprojekte TP 17, TP 18, TP 19 und TP 20

Datum: März 2017 / NK

M = 1 : 5'000

I:\Projekte\51.2310\002\6\_BERICH\2310be01\_BGU\_Anhang\_A.pdf

## **Anhang B Situation mit Bohr- und Sondierstandorten**



- Legende**
- Rammsondierung (DPH/DPL)
  - Rammkernsondierung (RKS)
  - ⊕ bestehende Bohrung
  - Bagger Schlitz
  - bekannte Aufschlüsse
  - Kataster der belasteten Standorte

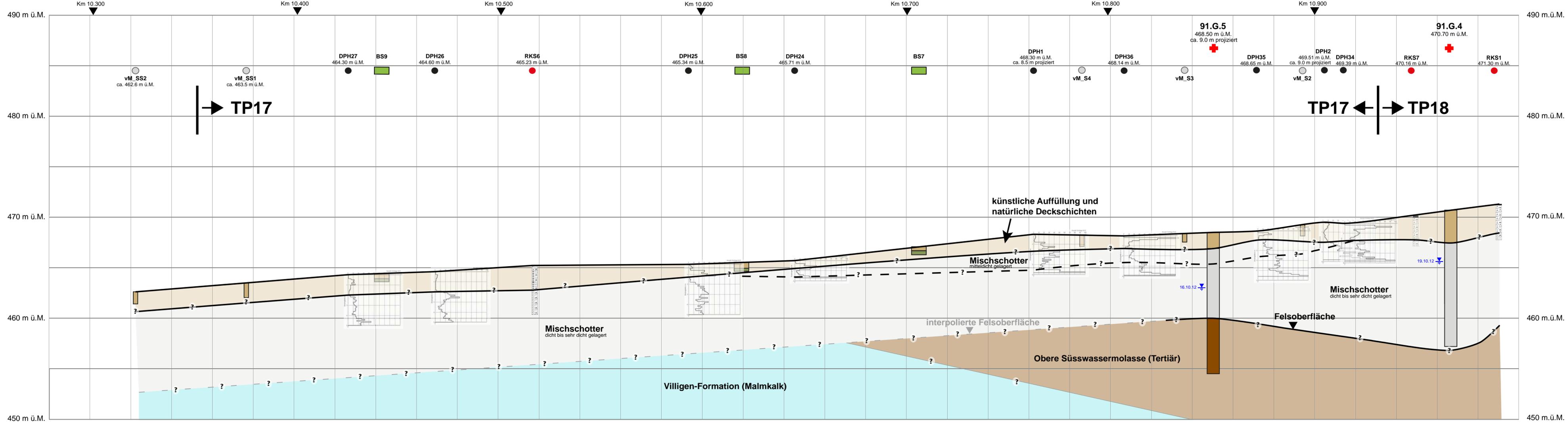
**Geotechnisches Institut**  
 Projekt-Nr.: 51.2310.003  
 Datum: Januar 2019 / NK  
 I:\Projekt\51.2310\003\6\_BERICH\2310.003\bw01\_BGU\2310.003\bw01\_Anhang\_B.pdf

**Erneuerung Waldenburgerbahn, Los 6.1, TP 17**  
 Situationsplan mit Sondierstellen  
 M = 1 : 500

## **Anhang C Längsprofil mit Baugrundmodell**

Nord

Süd



**Legende**

- Rammsondierung (DPH/DPL)
- Rammkernsondierung (RKS)
- Rotationskernbohrung
- Baggerschlitz
- ✚ bestehende Bohrung
- bestehende Sondierung

<b>Geotechnisches Institut</b>	
Projekt-Nr.: 51.2310.003	<b>Erneuerung Waldenburgerbahn, Los 6.1, TP 17</b>
Datum: Januar 2019 / NK, MM	Längsprofil West mit Baugrundmodell
M = 1 : 1'000 / 200, überhöht	

I:\Projekte\51.2310\003\6\_BERICHT\2310.003be01\_BGU\2310.003be01\_Anhang\_C.pdf

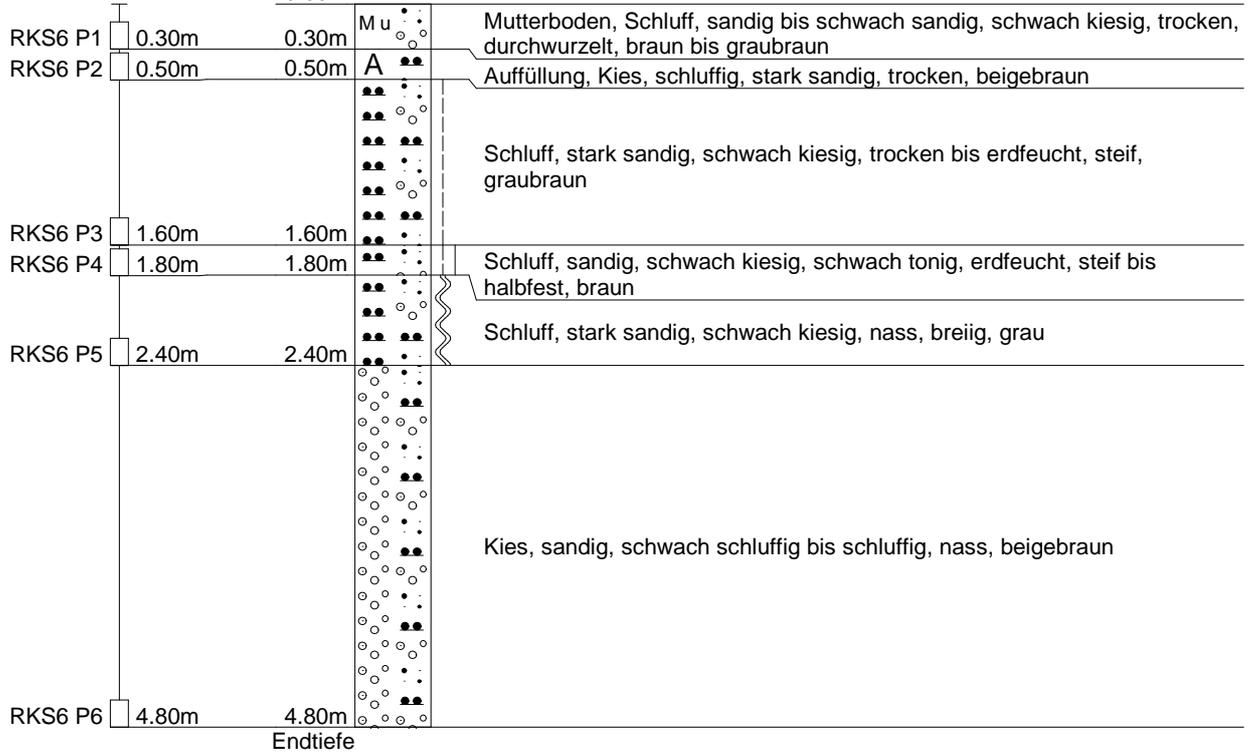
## **Anhang D Profile der Rammkernsondierungen**

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr.: 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 21.09.16
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab : 1: 50

# RKS 6

Ansatzpunkt: 465.23 mNN

0.00m



Endtiefe

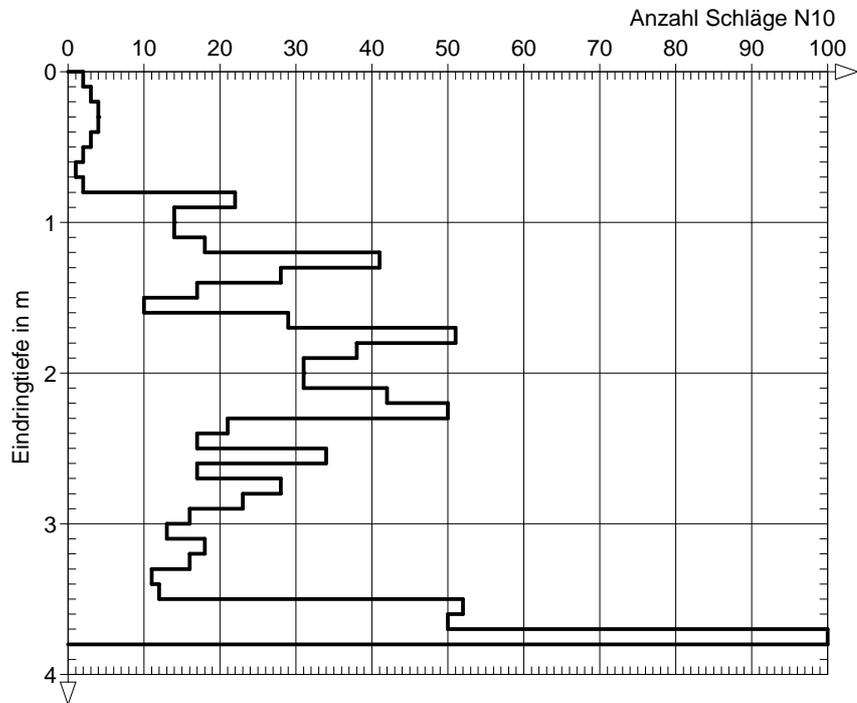
kein Bohrfortschritt

## **Anhang E Profile der Rammsondierungen**

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 17.08.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

# RS 1

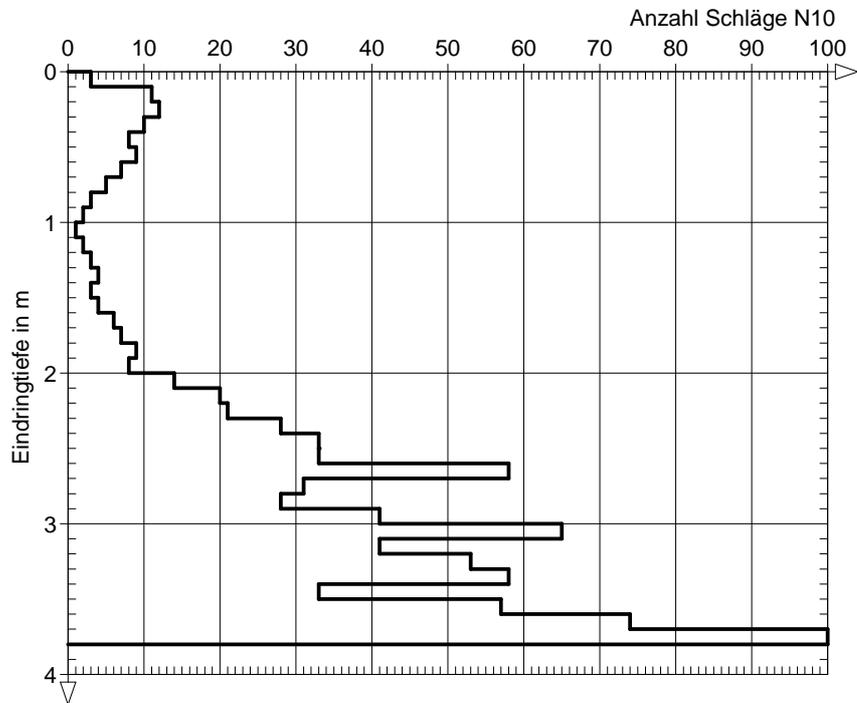
Ansatzpunkt: 468.30 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 17.08.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

## RS 2

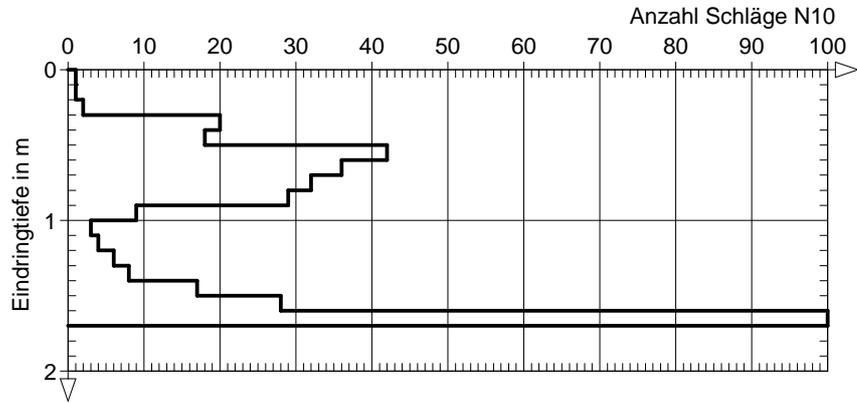
Ansatzpunkt: 469.51 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 21.09.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

# RS 24

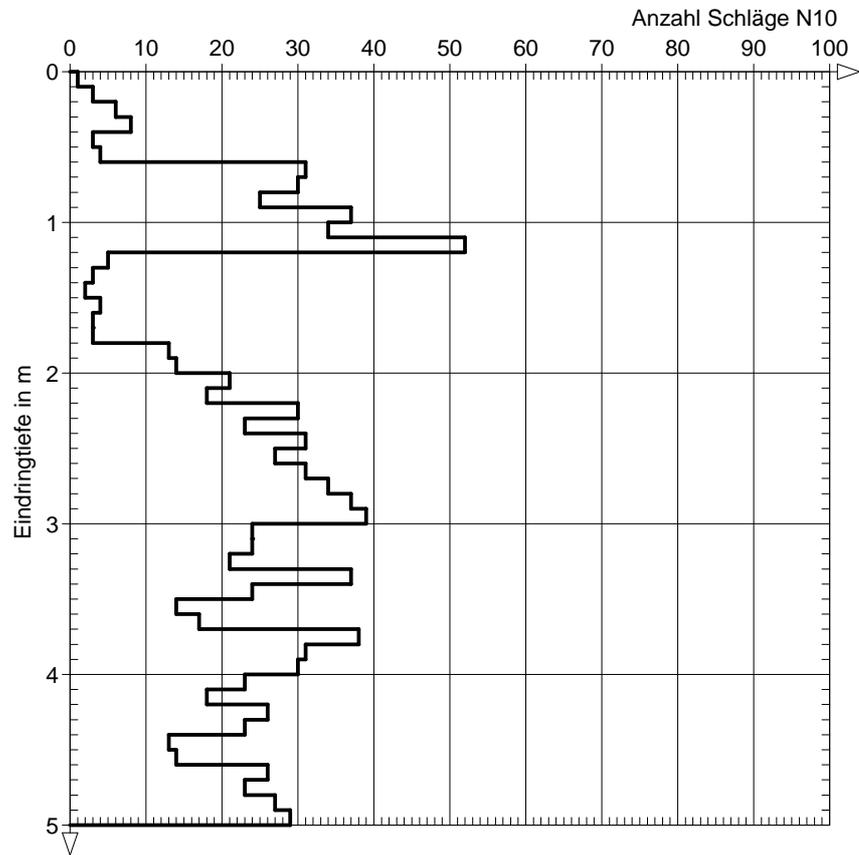
Ansatzpunkt: 465.71 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 21.09.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

# RS 25

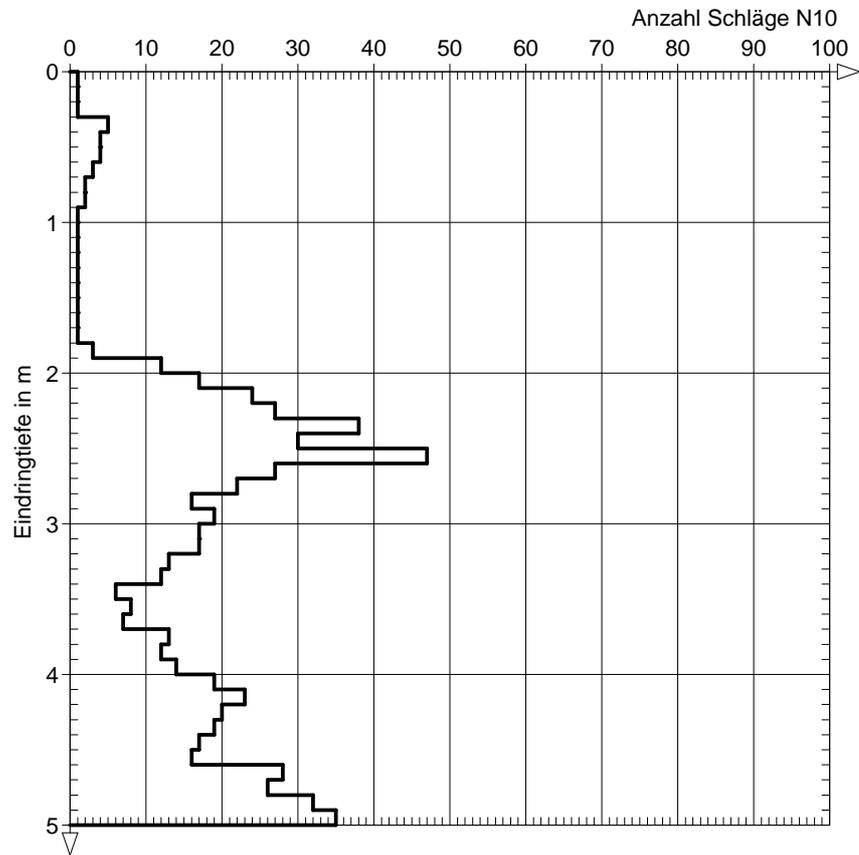
Ansatzpunkt: 465.34 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 21.09.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

## RS 26

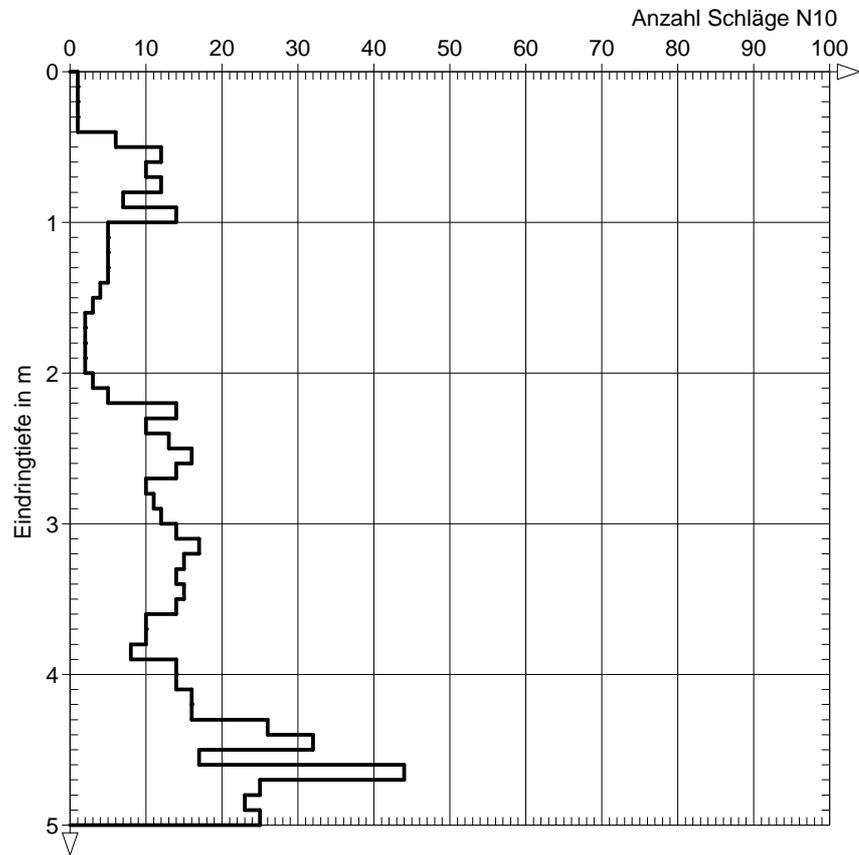
Ansatzpunkt: 464.60 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 21.09.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

# RS 27

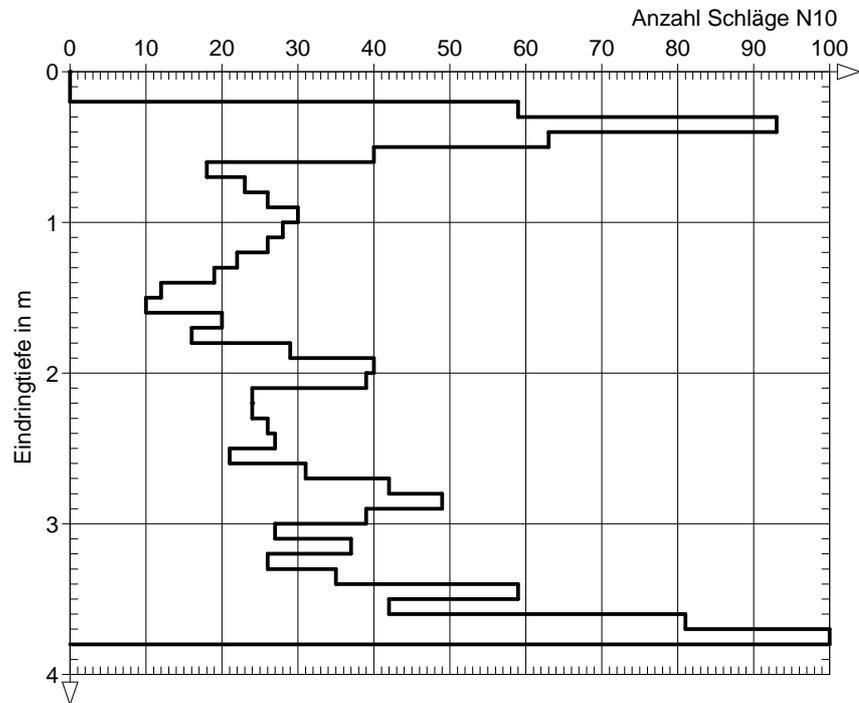
Ansatzpunkt: 464.30 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 29.09.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

# RS 34

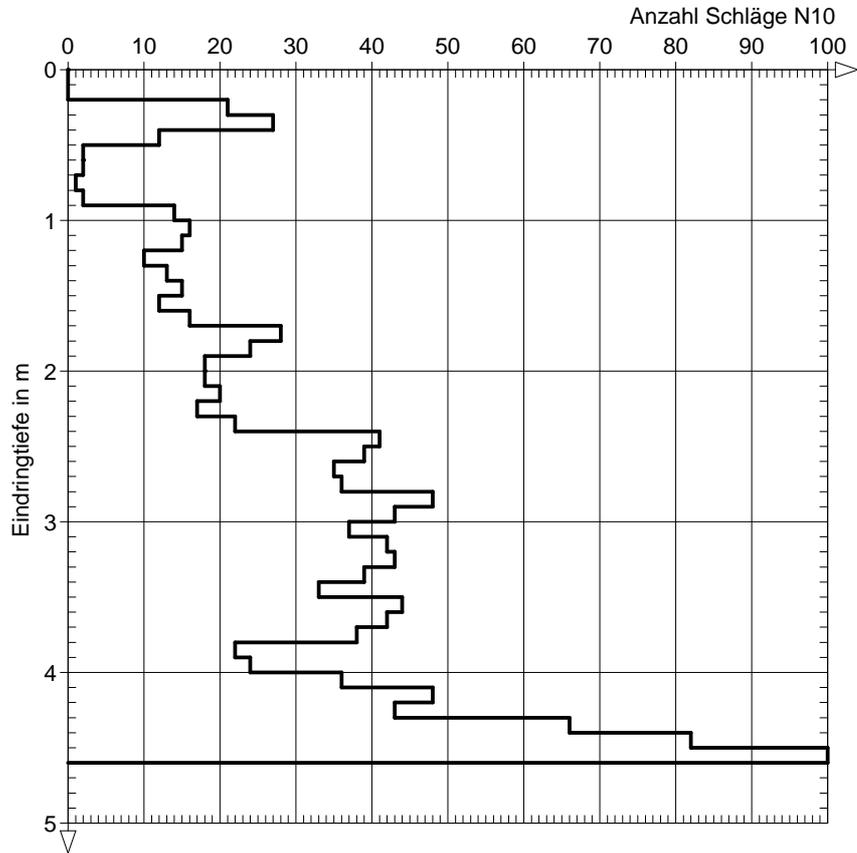
Ansatzpunkt: 469.39 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 29.09.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

# RS 35

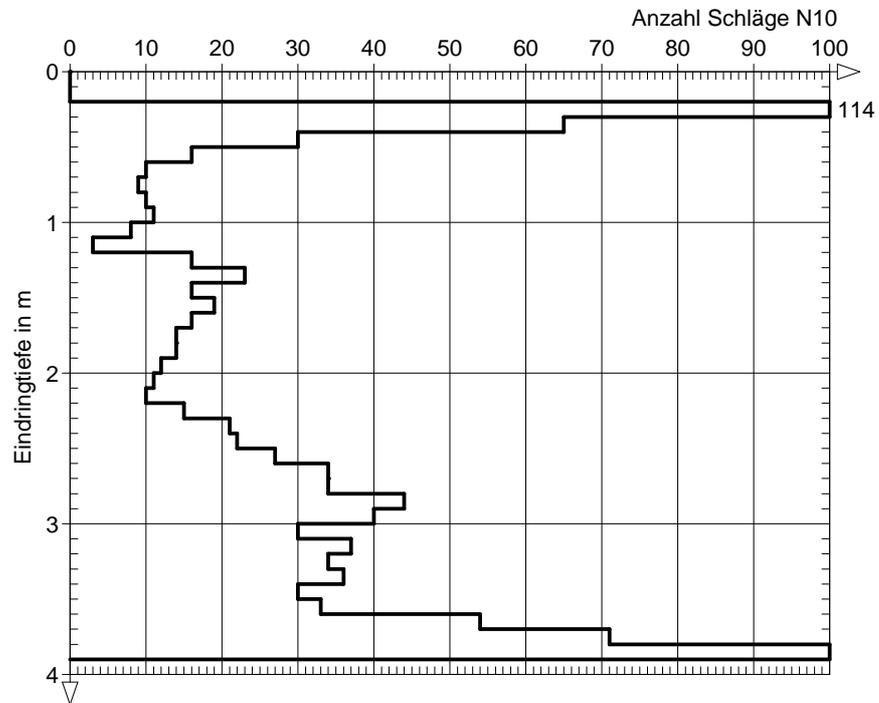
Ansatzpunkt: 468.65 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Geotechnisches Institut AG, Basel
Hauptstraße 398	Projekt : BLT Waldenburgbahn
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 5180x
Telefon 07621/95664-0	Datum : 29.09.16
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

## RS 36

Ansatzpunkt: 468.14 mNN



## **Anhang F Profile der Saugbaggersondierungen**

<b>Geotechnisches Institut</b> Telefon 061 365 10 70 www.geo-online.ch Pfeffingerstrasse 41 4053 Basel info@geo-online-bs.ch		<b>Sondierung BS7</b>		Beilage
GI-Nr.: 51.2310.003		Projekt: Erneuerung Waldenburgerbahn, TP 17, Haltestelle Hirschlang (exkl.) bis Haltestelle Niederdorf (exkl.), km 10.351 – 10.931		
Höhe in m ü.M.: - Koordinaten: - Aufnahme: MvS, DG		Unternehmung: Erne AG Datum: 27.09.2016		
Geologie	Tiefe in m	Geotechnische Bezeichnung		Labor / Messung
k.A.	0.0 – 0.2	Gleisschotter, grau		GII61123
	0.2 – 0.4 / 0.6	Gleisschotter, strassenseitig verlehmt		GII61123
Gehängelehm/Schutt	0.4 / 0.6 - 0.8	Gehängelehm und Schutt, Blöcke, beige		GII61124

<b>Geotechnisches Institut</b> Telefon 061 365 10 70 www.geo-online.ch		Pfeffingerstrasse 41 4053 Basel info@geo-online-bs.ch		<b>Sondierung BS8</b>		Beilage
GI-Nr.: 51.2310.003			Projekt: Erneuerung Waldenburgerbahn, TP 17, Haltestelle Hirschlang (exkl.) bis Haltestelle Niederdorf (exkl.), km 10.351 – 10.931			
Höhe in m ü.M.: - Koordinaten: - Aufnahme: MvS, DG			Unternehmung: Erne AG Datum: 27.09.2016			
Geologie	Tiefe in m	Geotechnische Bezeichnung			Labor / Mes- sung	
k. A.	0.0 – 0.6	Gleisschotter			GI161125	
Gehängelehm	0.6 – 0.9	Gehängelehm, nass (eventuell Hangwasser), oben beige zur Tiefe hin grau			GI161126	

**Fotos:**



<b>Geotechnisches Institut</b> Telefon 061 365 10 70 www.geo-online.ch Pfeffingerstrasse 41 4053 Basel info@geo-online-bs.ch		<b>Sondierung BS9</b>		Beilage
GI-Nr.: 51.2310.003		Projekt: Erneuerung Waldenburgerbahn, TP 17, Haltestelle Hirsclang (exkl.) bis Haltestelle Niederdorf (exkl.), km 10.351 – 10.931		
Höhe in m ü.M.: - Koordinaten: - Aufnahme: MvS, DG		Unternehmung: Erne AG Datum: 27.09.2016		
Geologie	Tiefe in m	Geotechnische Bezeichnung		Labor / Messung
k. A.	0.0 – 0.4 / 0.6	Gleisschotter		GI161127
Gehängelehm	0.4 / 0.6 – 0.9	Gehängelehm, feucht, stellenweise nass, beige zur Tiefe grau		GI161128

**Fotos:**



## **Anhang G Profile der bestehenden Bohrungen**



## **Anhang H Zusammenstellung der Laborwerte**

Zusammenstellung und Beurteilung der Feststoffproben gemäss Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA)

Lokation	GI-Probennummer	Grenzwerte				BS7	BS8	BS8	BS9	RKB6
		A-Material	B-Material, schwach verschmutzt	B-Material, verschmutzt	E-Material	GI161123	GI161125	GI161126	GI161127	GI161137
Datum der Probenahme	Entnahmetiefe	m								
					0 - 0.5 m	0 - 0.6 m	0.6 - 0.9 m	0 - 0.4 m	0.3 - 0.5 m	
Antimon	mg/kg TS	3	15	30	50	<2	<2	<2	<2	<2
Arsen	mg/kg TS	15	15	30	50	<15	<15	<15	<15	<15
Blei	mg/kg TS	50	250	500	2000	<10	<10	20.0	14.0	24.0
Cadmium	mg/kg TS	1	5	10	10	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Chrom gesamt	mg/kg TS	50	250	500	1000	<10	<10	23	19	<10
Kupfer	mg/kg TS	40	250	500	5000	<10	<10	<10	19	17
Nickel	mg/kg TS	50	250	500	1000	<10	<10	<10	11	<10
Quecksilber	mg/kg TS	0.5	1	2	5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Zink	mg/kg TS	150	500	1000	5000	19	21	31	41	40
<b>PAK (EPA):</b>										
Naphthalin	mg/kg TS	-	-	-	-					
Acenaphthylen	mg/kg TS	-	-	-	-					
Acenaphthen	mg/kg TS	-	-	-	-					
Fluoren	mg/kg TS	-	-	-	-					
Phenanthren	mg/kg TS	-	-	-	-					
Anthracen	mg/kg TS	-	-	-	-					
Fluoranthren	mg/kg TS	-	-	-	-					
Pyren	mg/kg TS	-	-	-	-					
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	-	-	-	-					
Chrysen	mg/kg TS	-	-	-	-					
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	-	-	-	-					
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	-	-	-	-					
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.3	1.5	3	10	0.12	0.18	0.07	0.14	1.20
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS	-	-	-	-					
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TS	-	-	-	-					
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	-	-	-	-					
<b>Σ nachgewiesene PAK (EPA)</b>	mg/kg TS	3.0	12.5	25	250	1.10	1.60	0.77	1.50	12.00
<b>MKW (C10-C40)</b>	mg/kg TS	50	250	500	5000	21	<20	<20	<20	24
<b>Beurteilung:</b>										
Laborbefund										
Bemerkung						Gleisschotter	Gleisschotter	g.T.	Gleisschotter	k.A. / FK<5%
Klassierung										

**Befund/Beurteilung**

A-Material: unverschmutzt. Anforderungen Anhang 3 Ziff. 1 eingehalten

B-Material: schwach verschmutzt. Anforderungen Anhang 3 Ziff. 2 eingehalten

B-Material: verschmutzt. Anforderungen Anhang 5 Ziff. 2.3 eingehalten

E-Material: verschmutzt. Anforderungen Anhang 5 Ziff. 5.2 eingehalten

> E-Material: verschmutzt. Anforderungen Anhang 5 Ziff. 5.2 überschritten

**Entsorgungswege**

Verwertung/Deponie Typ A

Abkürzungen:

Verwertung/Deponie Typ B

k.A.: künstliche Auffüllung

Verwertung/Deponie Typ B

g.T.: gewachsenes Terrain

Behandlung/Deponie Typ E

oa: organoleptisch auffällig

Behandlung

FA: Fremdanteil

## Anhang I Laborbericht

Geotechnisches Institut AG Basel  
Stefanie Mahr von Staszewski  
Hochstrasse 48  
4002 Basel

Arcadis Schweiz AG  
Ifangstrasse 11  
CH-8952 Schlieren/Zürich

T +41 44 732 92 92  
F +41 44 732 92 21  
labors@arcadis.com  
www.arcadis.com

Schlieren, 30. November 2016

Company registration  
number:  
CHE-106.032.424 MWST

Projekt: 51.2310.003 Niederdorf / Oberdorf, WB Zugkunft, TP 17  
Auftragsnummer: A16-02193  
Datum Auftrag: 23. November 2016  
Datum Analysen: 23. - 30. November 2016



#### Untersuchungsauftrag

Anzahl Proben 5

Parameter	Anz.	Bestimmungsmethode	ACH SAA-Nr
Probenvorbereitung	5	Trocknen, Brechen, Mahlen	ACH-0049
Probenvorbereitung zusätzlich 2.5 - 5 kg	1	Trocknen, Brechen, Mahlen	ACH-0049
Probenvorbereitung zusätzlich 5 - 7.5 kg	3	Trocknen, Brechen, Mahlen	ACH-0049
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	5	Aceton-Extrakt, GC-FID	ACH-0149
Säureaufschluss (HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	5	Mikrowellen-Druckaufschluss HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ACH-0119
Quecksilber	5	Thermolyse, Kaltdampf-AAS	ACH-0107 *
Schwermetall Screening	5	ICP-OES	ACH-0110
Antimon	5	XRF	Drittlabor *
Summe nachgewiesene PAK	5	GC-MS	ACH-0178

#### Bemerkungen

Die mit einem \* markierten Prüfungen sind nicht im Geltungsbereich der Akkreditierung nach ISO/IEC 17025. Drittlaboranalysen werden, falls nicht anders erwähnt, von akkreditierten Labors unter ISO/IEC 17025 durchgeführt.

Ohne gegenteilige schriftliche Mitteilung werden Feststoffproben sechs Monate und Wasserproben drei Monate nach Probeneingang entsorgt.

Die angegebenen Messwerte beziehen sich ausschliesslich auf die bezeichneten Proben. Angaben zu den Prüfspezifikationen (Bestimmungsgrenze, Messunsicherheit) können auf Anfrage abgegeben werden. Der Bericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Zustimmung des Labors vervielfältigt werden.

Dieser Bericht wurde mit einer im Informationssystem elektronisch gesicherten Unterschrift visiert und stellt somit einen gültigen Originalbericht dar.

#### Resultate

siehe nächste Seite(n).



Dr. Andreas Gerecke  
Leiter Analytiklabor

Auftraggeber Geotechnisches Institut AG Basel  
 Projekt 51.2310.003 Niederdorf / Oberdorf, WB Zugkunft, TP 17  
 Auftrag Nr. A16-02193  
 Datum Bericht 30.11.2016

Probenbezeichnung		<b>BS7 - GI161123</b>	<b>BS8 - GI161125</b>	<b>BS8 - GI161126</b>	<b>BS9 - GI161127</b>		
Tiefe		0.0-0.5 m	0.0-0.6 m	0.6-0.9 m	0.0-0.4 m		
Datum Probenahme		21.11.2016	21.11.2016	21.11.2016	21.11.2016		
Interne Probenbezeichnung		M1611-12506	M1611-12507	M1611-12508	M1611-12509		
Datum Probeneingang		23.11.2016	23.11.2016	23.11.2016	23.11.2016		
Probenart		Aushub	Aushub	Aushub	Aushub		
<b>Allgemeine Angaben / Probenvorbereitung</b>							
Analysen gemäss		VVEA	VVEA	VVEA	VVEA		
Trocknung	°C	40	40	40	40		
Probemenge	kg	6.4	5.5	3.1	6.4		
<b>Organische Summenparameter</b>							
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/kg TS	21	<20	<20	<20		
<b>Screening Elemente</b>							
Arsen	mg/kg TS	<15	<15	<15	<15		
Barium	mg/kg TS	<100	<100	<100	<100		
Beryllium	mg/kg TS	<1	<1	<1	1.2		
Blei	mg/kg TS	<10	<10	20	14		
Bor	mg/kg TS	<50	<50	<50	<50		
Cadmium	mg/kg TS	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Chrom	mg/kg TS	<10	<10	23	19		
Kobalt	mg/kg TS	<10	<10	<10	<10		
Kupfer	mg/kg TS	<10	<10	<10	19		
Molybdän	mg/kg TS	<5	<5	<5	<5		
Nickel	mg/kg TS	<10	<10	<10	11		
Quecksilber	mg/kg TS	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Zink	mg/kg TS	19	21	31	41		
<b>Metalle / Elemente</b>							
Antimon	mg/kg TS	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0		
<b>PAK</b>							
Summe nachgewiesene PAK	mg/kg TS	1.1	1.6	0.77	1.5		
Naphthalin	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Acenaphthylen	mg/kg TS	0.029	<0.02	<0.02	<0.02		
Acenaphthen	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Fluoren	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Phenanthren	mg/kg TS	0.046	0.054	0.029	0.075		
Anthracen	mg/kg TS	0.023	0.036	<0.02	0.022		
Fluoranthren	mg/kg TS	0.15	0.27	0.12	0.25		
Pyren	mg/kg TS	0.14	0.25	0.11	0.21		
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.081	0.17	0.061	0.12		
Chrysen	mg/kg TS	0.096	0.16	0.069	0.14		
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0.11	0.17	0.080	0.18		
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0.095	0.13	0.072	0.12		
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.12	0.18	0.073	0.14		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.10	0.12	0.078	0.14		
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS	0.096	0.10	0.072	0.13		

Auftraggeber Geotechnisches Institut AG Basel  
 Projekt 51.2310.003 Niederdorf / Oberdorf, WB Zugkunft, TP 17  
 Auftrag Nr. A16-02193  
 Datum Bericht 30.11.2016

Probenbezeichnung		<b>RKB6 P2 - GI161137</b>					
Tiefe		0.3-0.5 m					
Datum Probenahme		21.11.2016					
Interne Probenbezeichnung		M1611-12510					
Datum Probeneingang		23.11.2016					
Probenart		Aushub					
<b>Allgemeine Angaben / Probenvorbereitung</b>							
Analysen gemäss		VVEA					
Trocknung	°C	40					
Probemenge	kg	0.23					
<b>Organische Summenparameter</b>							
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/kg TS	24					
<b>Screening Elemente</b>							
Arsen	mg/kg TS	<15					
Barium	mg/kg TS	<100					
Beryllium	mg/kg TS	<1					
Blei	mg/kg TS	24					
Bor	mg/kg TS	<50					
Cadmium	mg/kg TS	<0.5					
Chrom	mg/kg TS	<10					
Kobalt	mg/kg TS	<10					
Kupfer	mg/kg TS	17					
Molybdän	mg/kg TS	<5					
Nickel	mg/kg TS	<10					
Quecksilber	mg/kg TS	<0.1					
Zink	mg/kg TS	40					
<b>Metalle / Elemente</b>							
Antimon	mg/kg TS	<2.0					
<b>PAK</b>							
Summe nachgewiesene PAK	mg/kg TS	12					
Naphthalin	mg/kg TS	<0.02					
Acenaphthylen	mg/kg TS	0.32					
Acenaphthen	mg/kg TS	<0.02					
Fluoren	mg/kg TS	<0.02					
Phenanthren	mg/kg TS	0.34					
Anthracen	mg/kg TS	0.29					
Fluoranthren	mg/kg TS	1.7					
Pyren	mg/kg TS	1.5					
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	1.0					
Chrysen	mg/kg TS	1.1					
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	1.3					
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	1.0					
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1.2					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.89					
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.17					
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	0.80					

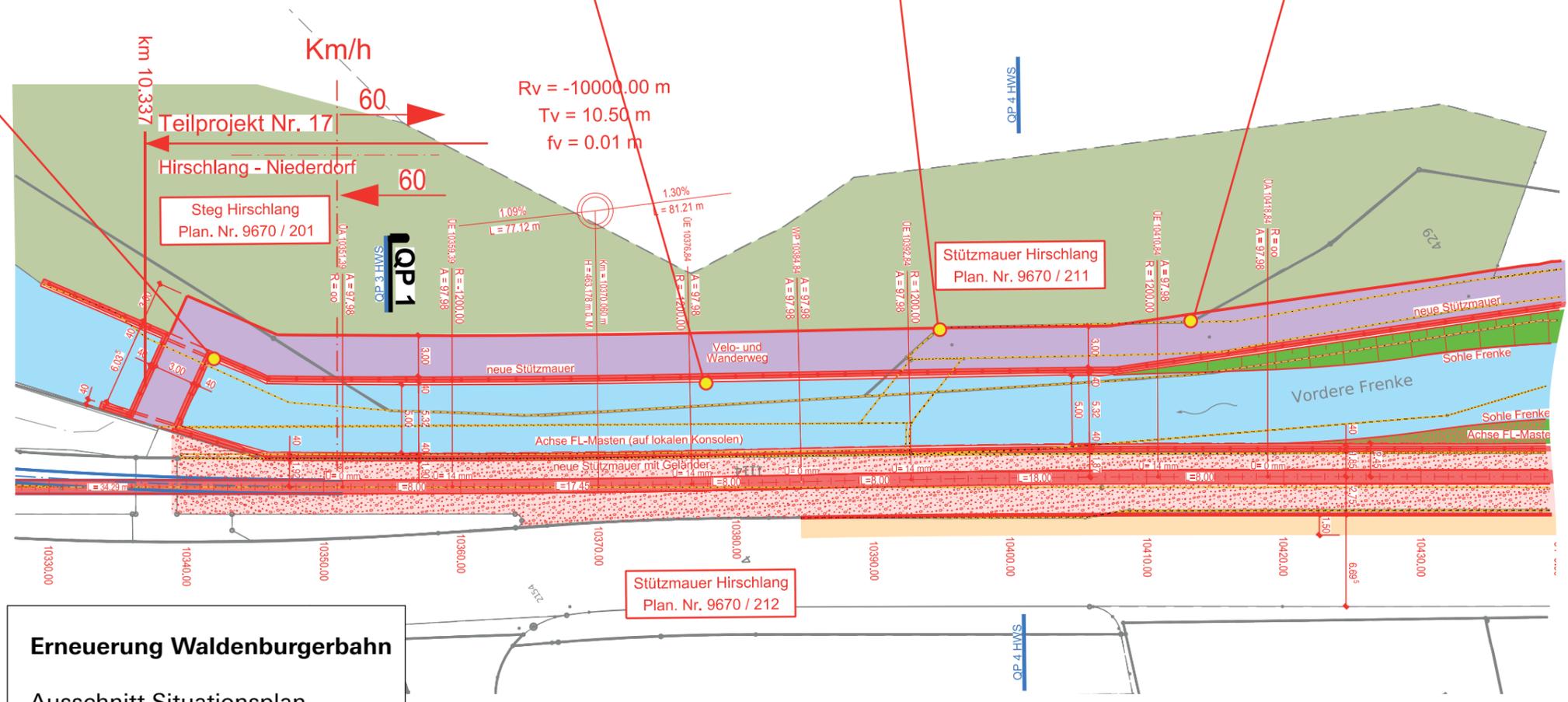
## **Anhang J Fotodokumentation Felsabschnitt Hirschlang**

Prov. Beurteilung der Felsabschnitte

- Fels, kompakt
- Fels, locker bis kompakt
- Fels, locker und Lockermaterial

1	2	3	4	5	6 Keine Felsarbeiten notwendig (leichte Anpassungen des Streckenverlaufs)
---	---	---	---	---	---

Fotodokumentation Felsabschnitt (9.01.2019)



**Erneuerung Waldenburgerbahn**  
 Ausschnitt Situationsplan  
 km 10.337 - km 10.620  
 M = 1 : 400

<b>Geotechnisches Institut</b>	<b>Erneuerung Waldenburgerbahn, Los 6.1, TP 17</b>
Projekt-Nr.: 51.2310.003	Fotodokumentation Felsabschnitt Hirschlang
Datum: 28.01.2019 / RK, MM	
I:\Projekte\51.2310\003\6_BERICH\2310.003be01_BGU\2310.003be01_AnhJ.pdf	