

SZU SIHLTAL ZÜRICH UETLIBERG BAHN,
WOLFRAMPLATZ 21, 8045 ZÜRICH

SANIERUNG LINIE S4, KM 13.460 BIS KM 16.385

GEOLOGISCH-GEOTECHNISCHER BERICHT

Frauenfeld, den 19. März 2018
OS-6968

CSD INGENIEURE AG

Breitenstrasse 16b

Postfach

CH-8501 Frauenfeld

t +41 52 725 20 40

f +41 52 725 20 41

e frauenfeld@csd.ch

www.csd.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1.	AUSGANGSLAGE	1
1.1	Projekt und Auftrag	1
1.2	Verwendete Unterlagen	2
1.3	Durchgeführte Untersuchungen	2
2.	BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	4
2.1	Allgemeine Geologie	4
2.2	Baugrundbeschreibung	4
2.2.1	STM FW-Brücke Sihlwald, km 13.460	4
2.2.2	STM Kramperhütte, km 14.157 bis km 14.550	4
2.2.3	STM Carbura, km 16.095 bis km 16.385	4
2.3	Baugrundwerte	5
2.4	Hydrogeologie und gewässerschutztechnische Situation	5

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1	Ausgeführte Arbeiten	2
Tabelle 1.2	Zusammenstellung der Rammsondierungen	3
Tabelle 2.1	Baugrundwerte	5

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1.1	Übersicht Projektstandorte aus [5]	1
---------------	------------------------------------	---

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1	Situationspläne	7
Anhang 2	Profile der Rammsondierungen	8

PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

1. Ausgangslage

1.1 Projekt und Auftrag

Entlang der Sihltal Zürich Uetliberg - Bahn (SZU) ist zwischen km 13.460 und km 16.385 geplant, die Stützmauer Fachwerkbrücke Sihlwald (km 13.460), die Stützmauer Kramperhütte (km 14.157 bis km 14.550) und die Stützmauer Carbura (km 16.095 bis km 16.385) zu sanieren. Die CSD Ingenieure AG, Frauenfeld, wurde durch Herrn Imhof, Flückiger + Bosshard AG, Zürich beauftragt, die örtlichen Baugrundverhältnisse mittels Rammsondierungen im Hinblick auf die geplanten Arbeiten zu untersuchen und geotechnisch zu bewerten. In diesem Bericht sind die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung dokumentiert und Empfehlungen zur Fundation und Bauausführung enthalten.

Beim vorliegenden Bericht handelt es sich um eine Hauptuntersuchung gemäss SIA 267.

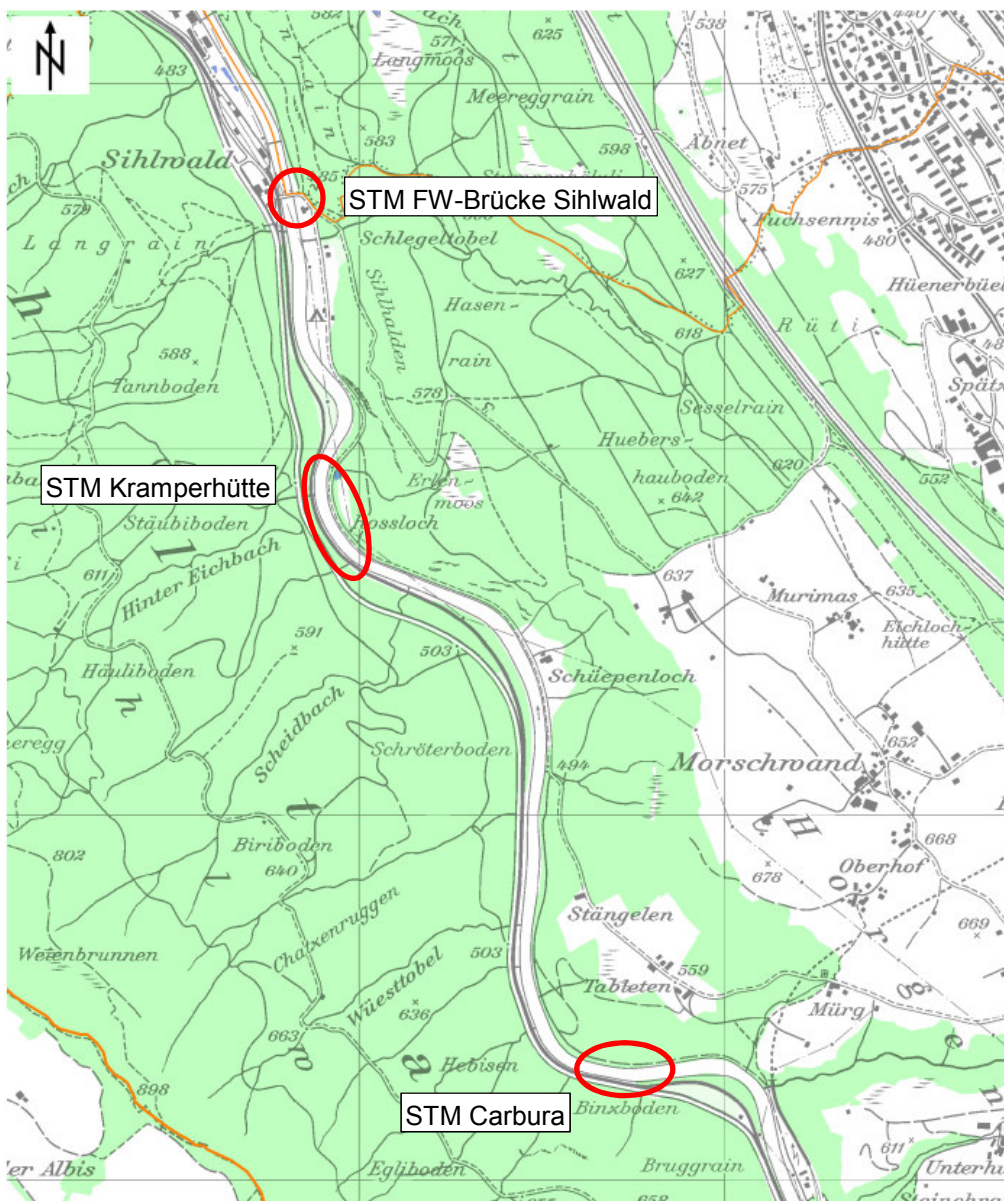


Abbildung 1.1 Übersicht Projektstandorte aus [5]

1.2 Verwendete Unterlagen

Für die Projektbearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Flückiger + Bosshard AG, Zürich: Vorabzug, Zustandsuntersuchung Stützmauer bei FW-Brücke Sihlwald, km 13.696 – 13.502, Übersicht Sondagen 1:250/50, Plan Nr. 17058.3.4 vom 19.02.2018
- [2] Flückiger + Bosshard AG, Zürich: Vorabzug, Zustandsuntersuchung Stützmauer Kramperhütte, km 14.157 – 14.550, Übersicht Sondagen 1:500/50, Plan Nr. 17058.3.2 vom 19.02.2018
- [3] Flückiger + Bosshard AG, Zürich: Vorabzug, Zustandsuntersuchung Stützmauer Carbura, km 16.095 – 16.385, Übersicht Sondagen 1:500/50, Plan Nr. 17058.3.3 vom 19.02.2018
- [4] Flückiger + Bosshard AG, Zürich: Sihlital Zürich Uetliberg – Bahn, SZU, Abteilung Bau, Linie S4, km 13.460 – km 16.385, Zusätzliche Aufnahmen an den Objekten STM Fachwerkbrücke Sihlwald, STM Kramperhütte und STM Carbura, Vorabzug vom 19.02.2018
- [5] Geoportal des Kantons Zürich, diverse Karten
- [6] map.geo.admin.ch

1.3 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Arbeiten durchgeführt.

Tätigkeit		Ausführung
▪ Sammlung und Sichtung der verfügbaren Grundlagen		
▪ Aufstellung Untersuchungsprogramm		
▪ Begleitung und Auswertung von insgesamt 18 Rammsondierungen		CSD Ingenieure AG, Frauenfeld
▪ Auswertung und Berichterstattung		
▪ Ausführung von 18 Rammsondierungen		Monitron AG, Liebefeld

Tabelle 1.1 Ausgeführte Arbeiten

Am 08./09. Februar 2018 wurden bei den Stützmauern Fachwerkbrücke (FW) Sihlwald, Kramperhütte und Carbura insgesamt 18 Rammsondierungen jeweils oberhalb und unterhalb der Stützmauern durch die Monitron AG, Liebefeld ausgeführt. Die Rammsondierungen wurden nach dem nächstliegenden Mast benannt mit dem Zusatz „o“ für oberhalb und „u“ für unterhalb der Stützmauer. Die Höhe stammt aus [6].

Zusätzlich wurden bei den Stützmauern je zwei Baggersondierungen ausgeführt, die durch die Flückiger + Bosshard AG, Zürich aufgenommen wurden und in [4] dargestellt sind.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Rammsondierungen zusammengestellt:

Rammsondierung	OK Terrain [m ü.M.]	Tiefe [m]	Tiefe [m ü.M.]
STM FW-Brücke Sihlwald			
SR 23-18 o	484.9	3.75	481.15
SR 23-18 u	483.3	2.25	481.05
STM Kramperhütte			
SR 27-18 o	490.4	2.67	487.73
SR 27-18 u	487.4	1.46	485.94
SR 32-18 o	492.0	3.76	488.24
SR 32-18 u	488.7	1.46	487.24
SR 38-18 o	494.7	2.17	492.53
SR 38-18 u	488.8	1.24	487.56
SR 42-18 o	492.7	3.94	488.76
SR 42-18 u	489.5	1.84	487.66
SR 45-18 o	495.5	1.66	493.84
SR 45-18 u	490.4	2.76	487.64
STM Carbura			
SR 97-18 o	504.1	4.74	499.36
SR 97-18 u	500.8	2.54	498.26
SR 102-18 o	505.0	6.12	498.88
SR 102-18 u	501.3	1.07	500.23
SR 104-18 o	505.7	3.77	501.93
SR 104-18 u	502.0	2.95	499.05

Tabelle 1.2 Zusammenstellung der Rammsondierungen

Die Lage der Aufschlüsse kann den Situationen im Anhang 1 entnommen werden. Die Profile sind im Anhang 2 dargestellt.

2. Baugrundverhältnisse

2.1 Allgemeine Geologie

Der Felsuntergrund im SSE-NNW verlaufenden und während des letzteiszeitlichen Zürich-/Bremgarten-Stadiums (Linth-Gletscher) angelegten Sihltal wird von Silt- und Sandsteinen sowie untergeordnet Konglomerat der Oberen Süsswassermolasse (OSM) gebildet und ist an den Talflanken stellenweise aufgeschlossen. Die darüber liegende Moräne (Till) der letzten Eiszeit wurde im Sihltal nacheiszeitlich grösstenteils wieder erodiert und findet sich daher fast nur in erhöhten Lagen. Die felsige Talsohle ist mit spät- bis postglazialen Schottern der Sihl (Sihl-Schotter, jünger als Giesshübel-Durchbruch) bedeckt. In höher gelegenen Terrassen finden sich auch Reste von glazialen bis spätglazialen Sihl-Schottern (älter als Giesshübel-Durchbruch). An den Flanken des Sihltals finden sich vielfältige, jedoch meist feinkörnige Produkte jüngster Umlagerungsprozesse wie Hangschutt, Bachschutt, Hanglehm und Rutschmassen.

2.2 Baugrundbeschreibung

2.2.1 STM FW-Brücke Sihlwald, km 13.460

Nach den Aufschlüssen können die Baugrundverhältnisse im Projektgebiet wie folgt beschrieben werden (nach SN 670'004-1b):

In der Rammsondierung SR 23-18o, die innerhalb des Gleisbettes ausgeführt wurde, stehen unter den mitteldicht gelagerten Gleisschottern Deckschichten mit einer lockeren Lagerung resp. mit einer weichen Konsistenz bis in eine Tiefe von 2.4 m unter OK Terrain an. Darunter folgen die Sihl-Schotter. Diese sind gemäss den Rammprofilen dicht gelagert.

In der unterhalb der Stützmauer liegenden Rammsondierung SR 23-18u wurden die Sihlschotter unter ca. 0.9 m mächtigen Deckschichten aufgeschlossen.

Als Deckschicht wurden alle Schichten oberhalb des Sihl-Schotters bezeichnet, da aufgrund des fehlenden direkten Aufschlusses keine genaue geologische Schichtbezeichnung vorgenommen werden kann.

2.2.2 STM Kramperhütte, km 14.157 bis km 14.550

Die Entlang der Stützmauer Kramperhütte ausgeführten Rammsondierungen zeigen sowohl oberhalb als auch unterhalb einen relativ einheitlichen Schichtaufbau. Unter zwischen 0.2 m (SR 45-18o) und 1.8 m (SR 27-18o und SR 42-18o) mächtigen, locker bis mitteldicht gelagerten resp. mit weicher bis steifer Konsistenz anstehenden Deckschichten stehen die Sihl-Schotter an. Diese sind gemäss den Rammprofilen dicht gelagert. Tendenziell sind die Deckschichten im Bereich des Sihlvorlandes weniger mächtig als oberhalb der Stützmauer.

Als Deckschicht wurden alle Schichten oberhalb des Sihl-Schotters bezeichnet, da aufgrund des fehlenden direkten Aufschlusses keine genaue geologische Schichtbezeichnung vorgenommen werden kann.

2.2.3 STM Carbura, km 16.095 bis km 16.385

Im Bereich der Stützmauer Carbura stehen in den Rammsondierungen oberhalb der Stützmauer Auffüllungen evtl. Rutschmasse mit einer Mächtigkeit zwischen 2.7 m (SR 104-18o) und 4.7 m (SR 102-18o) an. Diese Auffüllungen weisen gemäss den Rammprotokollen eine locker bis mitteldichte Lagerung resp. eine überwiegend steife Konsistenz auf. Darunter folgen die gemäss den Rammprofilen dicht gelagerten Sihl-Schotter.

2.3 Baugrundwerte

Bei den in der Tabelle angegebenen Baugrundwerten handelt es sich um den mutmasslichen Streubereich der geschätzten Erwartungswerte X:

Schicht	Raumgewicht γ_e (kN/m ³)	Reibungswinkel φ (°)	Kohäsion c (kN/m ²)	Zusammen- drückungsmodul M_E (MN/m ²)
A Deckschichten	17 - 19	27 - 31	0 - 5	10 - 20
B Auffüllung / Rutschmasse	16 - 18	29 - 32	0 - 5	15 - 30
C Sihlschotter	18 - 20	33 - 37	0	50 - 100

Tabelle 2.1 Baugrundwerte

2.4 Hydrogeologie und gewässerschutztechnische Situation

Gemäss [5] liegen die beiden Stützmauern FW-Brücke Sihlwald und Carbura im Gewässerschutzbereich A_u. Die Stützmauer Kramperhütte befindet sich ausserhalb eines Gewässerschutzbereiches im Bereich üB.

Im Bereich der Stützmauer FW-Brücke Sihlwald ist gemäss [5] mit einem mittleren Grundwasserspiegel von 481.1 m ü.M. und einem maximalen von 482.0 m ü.M. zu rechnen. Bei der Stützmauer Carbura sind keine Grundwasserisohypsen in [5] eingezeichnet. Der Grundwasserspiegel dürfte aber ungefähr mit dem Wasserspiegel der Sihl korrelieren.

CSD INGENIEURE AG



ppa. Stephanie Gammel



ppa. René Löpfe

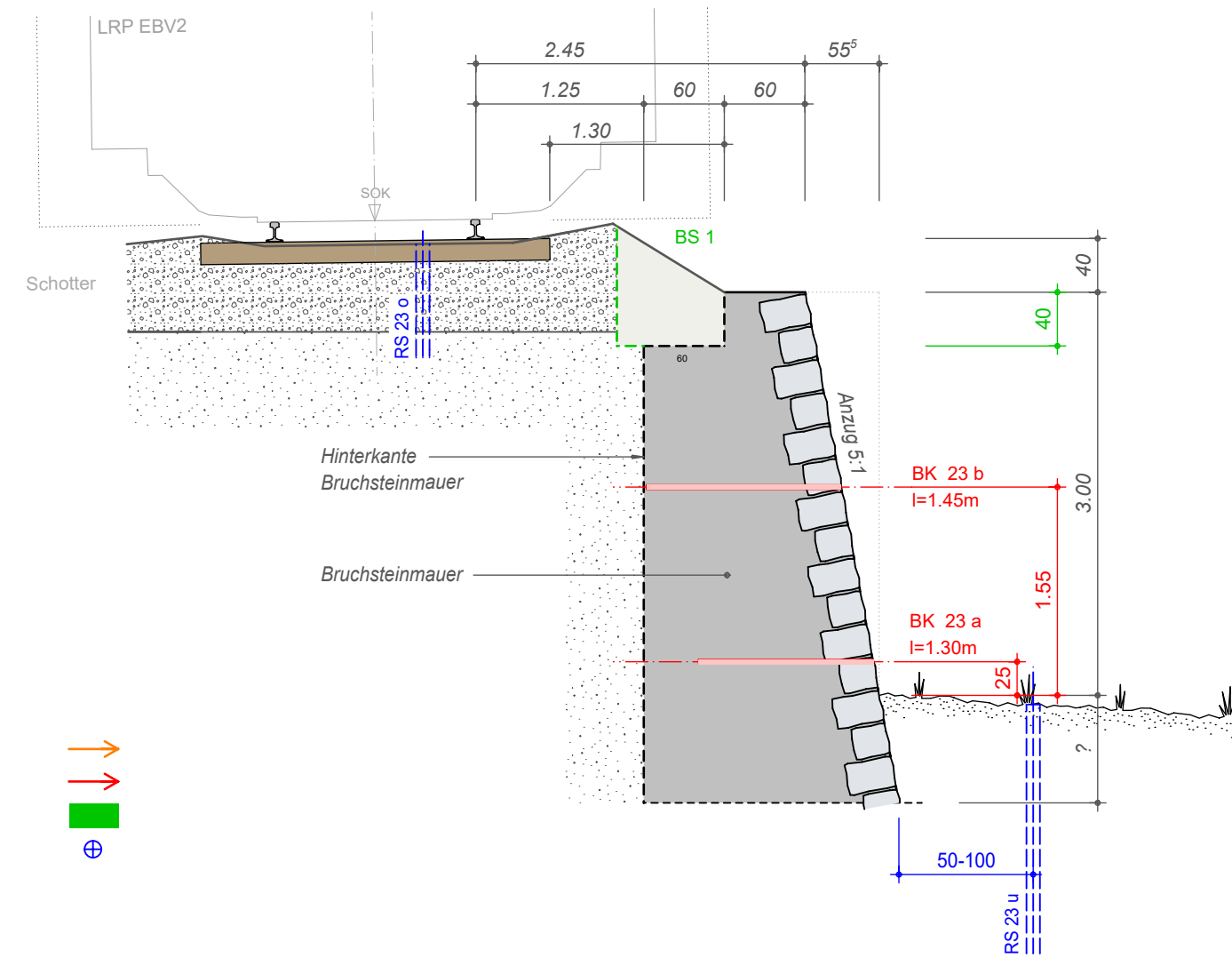
Frauenfeld, den 19. März 2018

W:\AUFTRAG_OS-Projekte\OS6951-7000\OS6968 Horgen, Kramperhütte, SZU, Baugrund\Bericht\OS-6968 BerichtStützmauern.docx

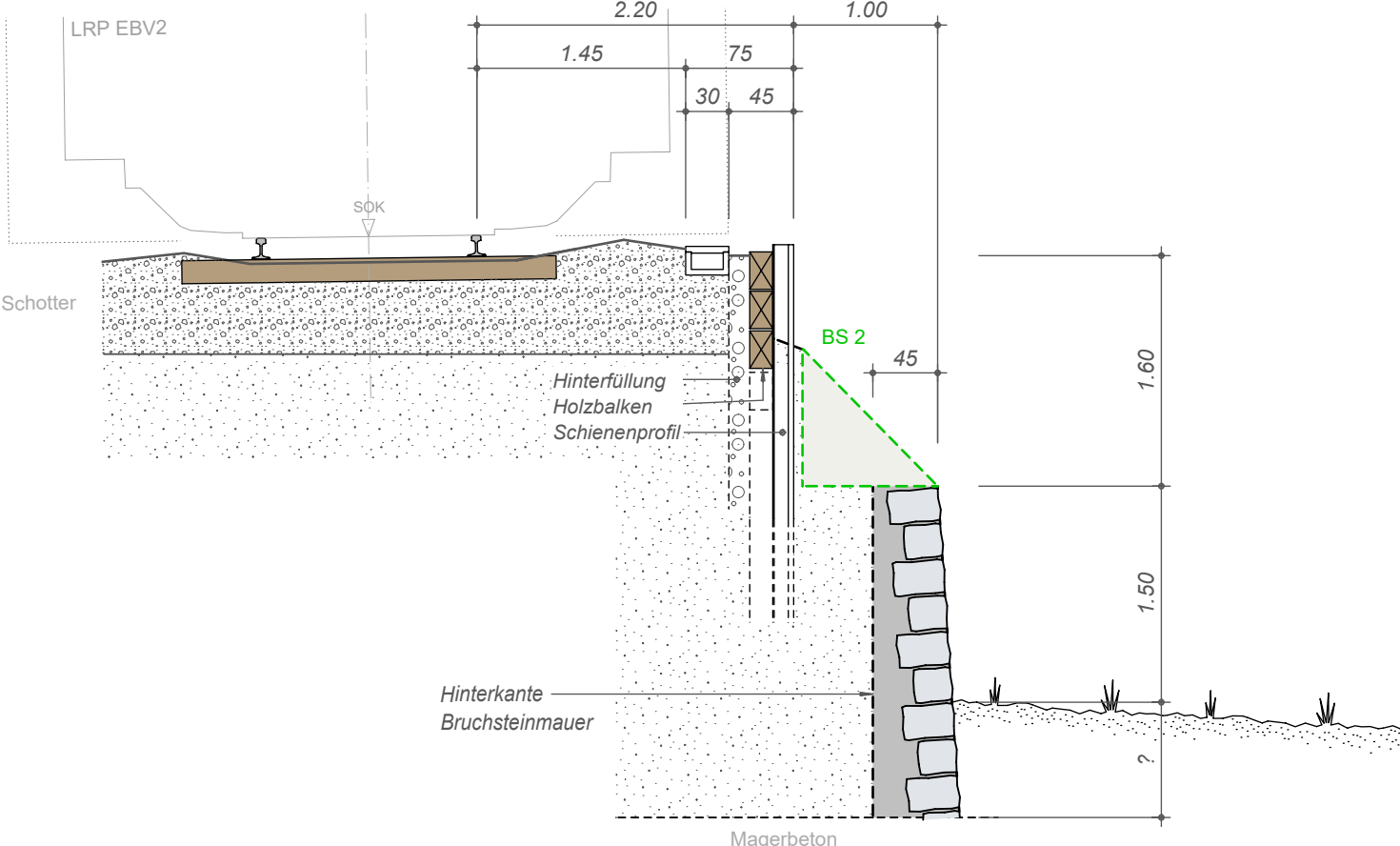
Aus Umweltschutzgründen druckt CSD seine Dokumente auf 100 % Recyclingpapier (ISO 14001).

ANHANG 1 SITUATIONSPLÄNE

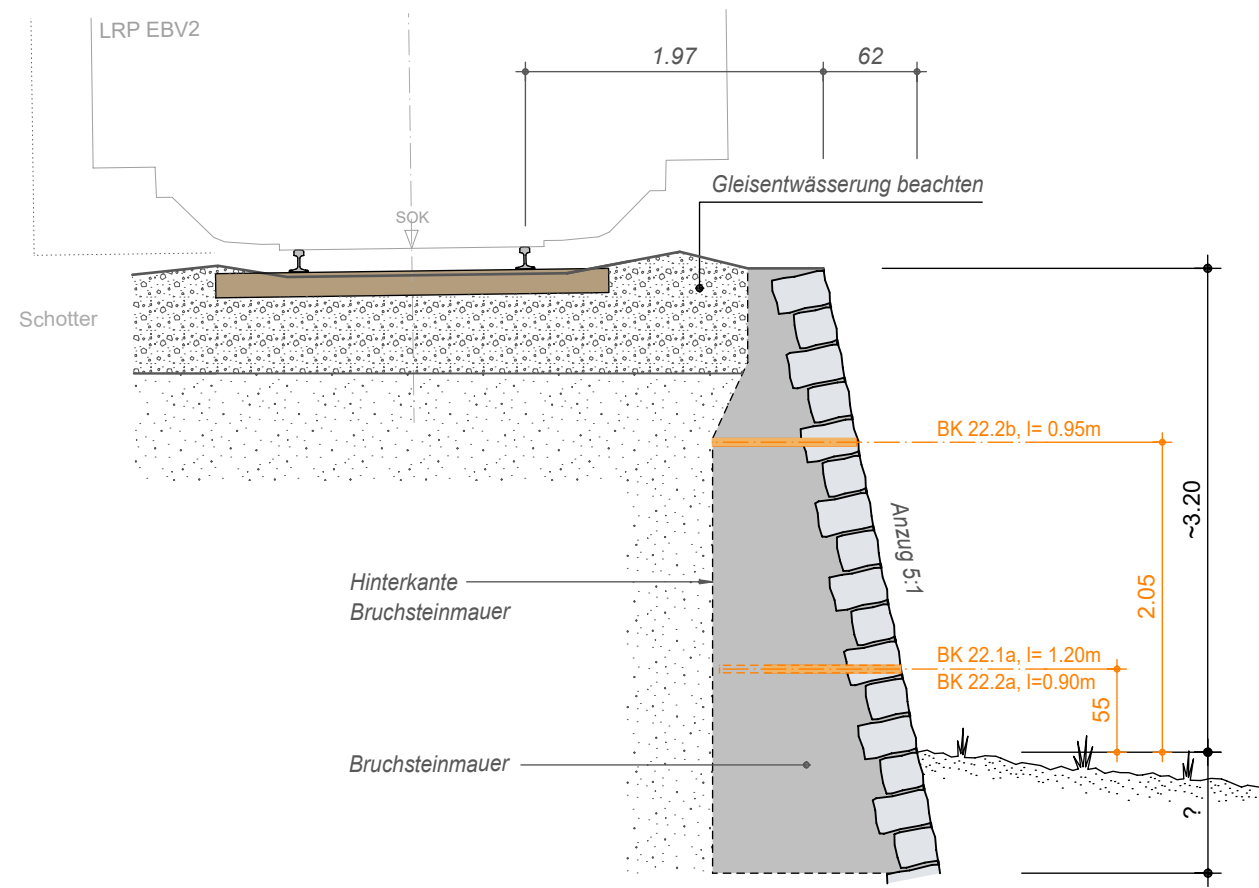
Schnitt A-A 1:50
Baggerschlitz 1



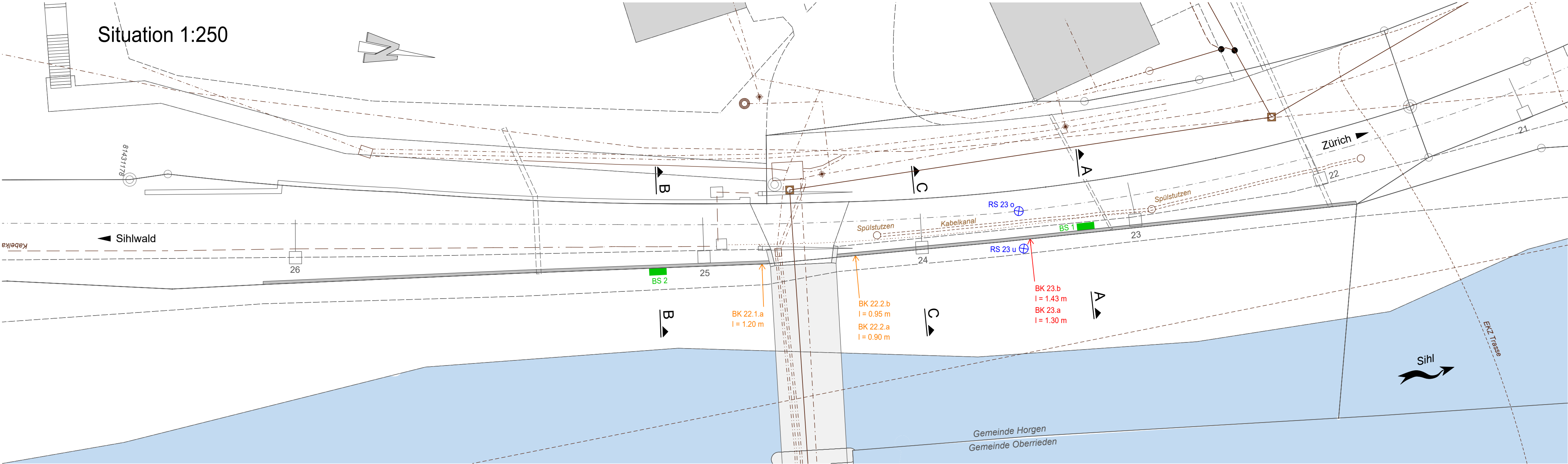
Schnitt B-B 1:50
Baggerschlitz 2



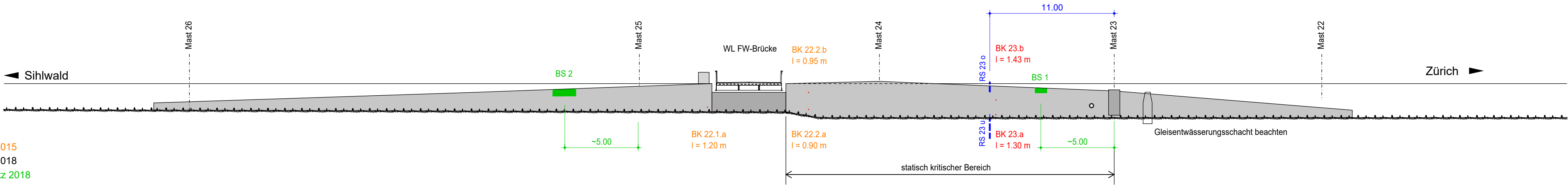
Querschnitt, 1:50
Mast 24 (Schema)



Situation 1:250



Ansicht 1:250

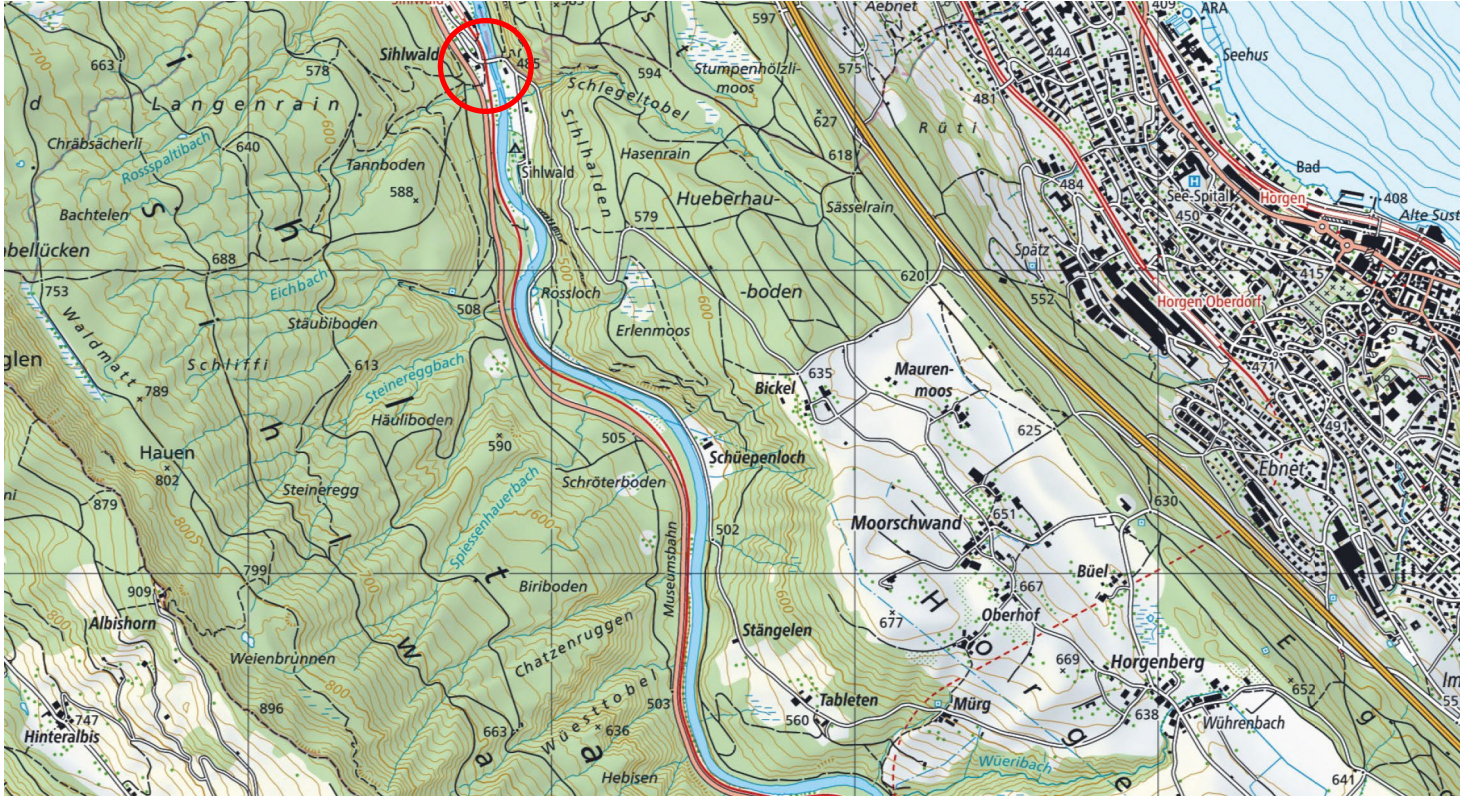


Legende:
BK → Bohrkerne 2015
BK → Bohrkerne 2018
BS Baggerschlitz 2018
RS ⊕ Rammsondierungen 2018
oben: zwischen Schienen
unten: Uferbereich Sihl, 0.50 -1.00m Abstand zur STM

Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau Bauwerkserhaltung - Materialtechnologie				Flückiger + Bosshard AG DIPLO.-ING. ETH SAVIG	
8045 Zürich	Röfelstrasse 32	043 - 960 81 20			
8820 Wädenswil	Seestrasse 203	043 - 960 81 90			
8810 Horgen	Oberdorfstrasse 17	043 - 960 81 40	info@fbag.ch		
7000 Chur	Theaterweg 1	081 - 254 11 90	www.fbag.ch		
Index	Aenderung	Datum / Erst.	Geprüft	Nr.	17058.3.4
A				Format	50 x 84
B				Datum	19.02.2018
C				Erstellt	hof
D				Geprüft	pst
E				Freigabe	pst
F					

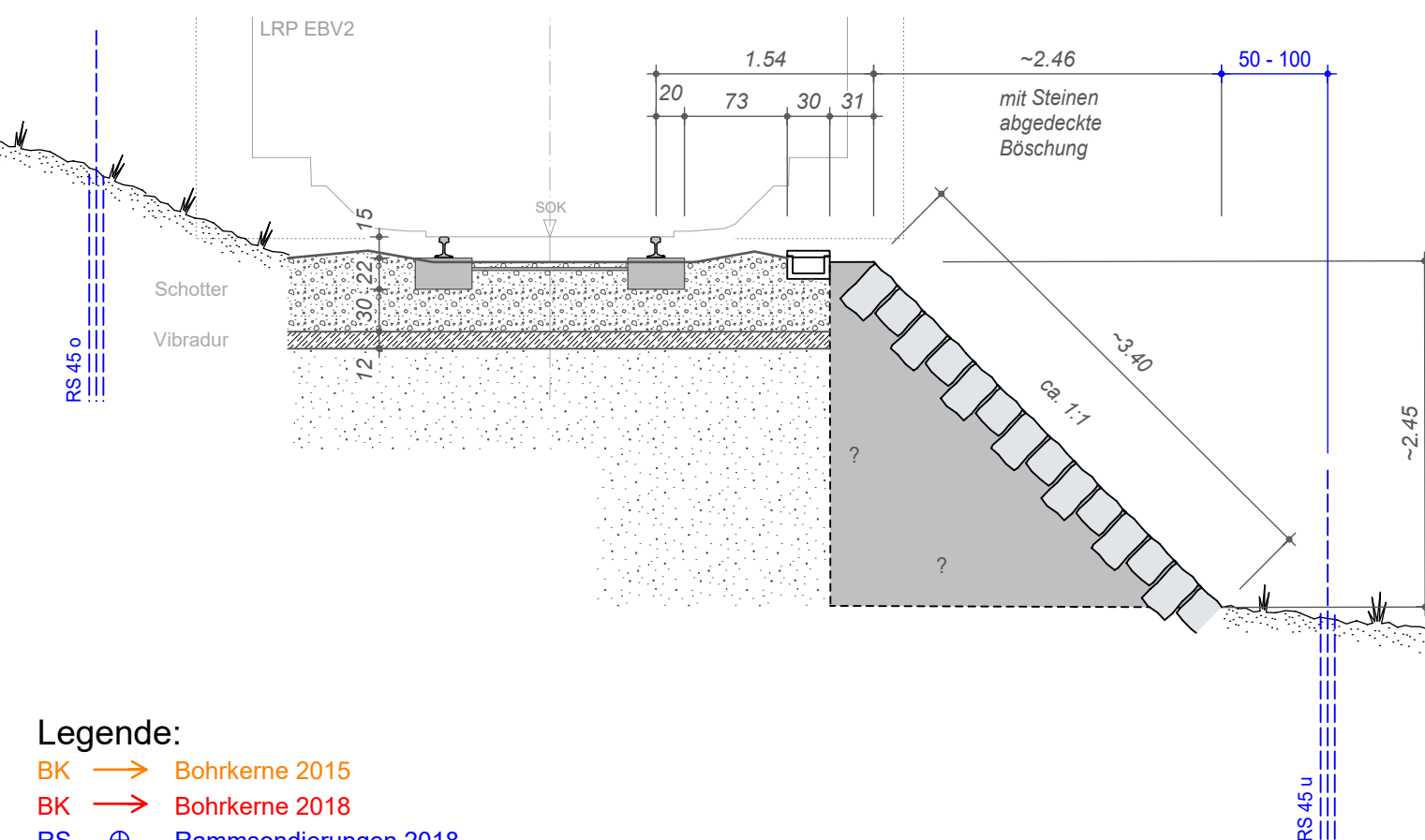
VORABZUG
19 Februar 2018

Sihltal Zürich Uetliberg Bahn
SZU
Sihltal Zürich Uetliberg
Bahn

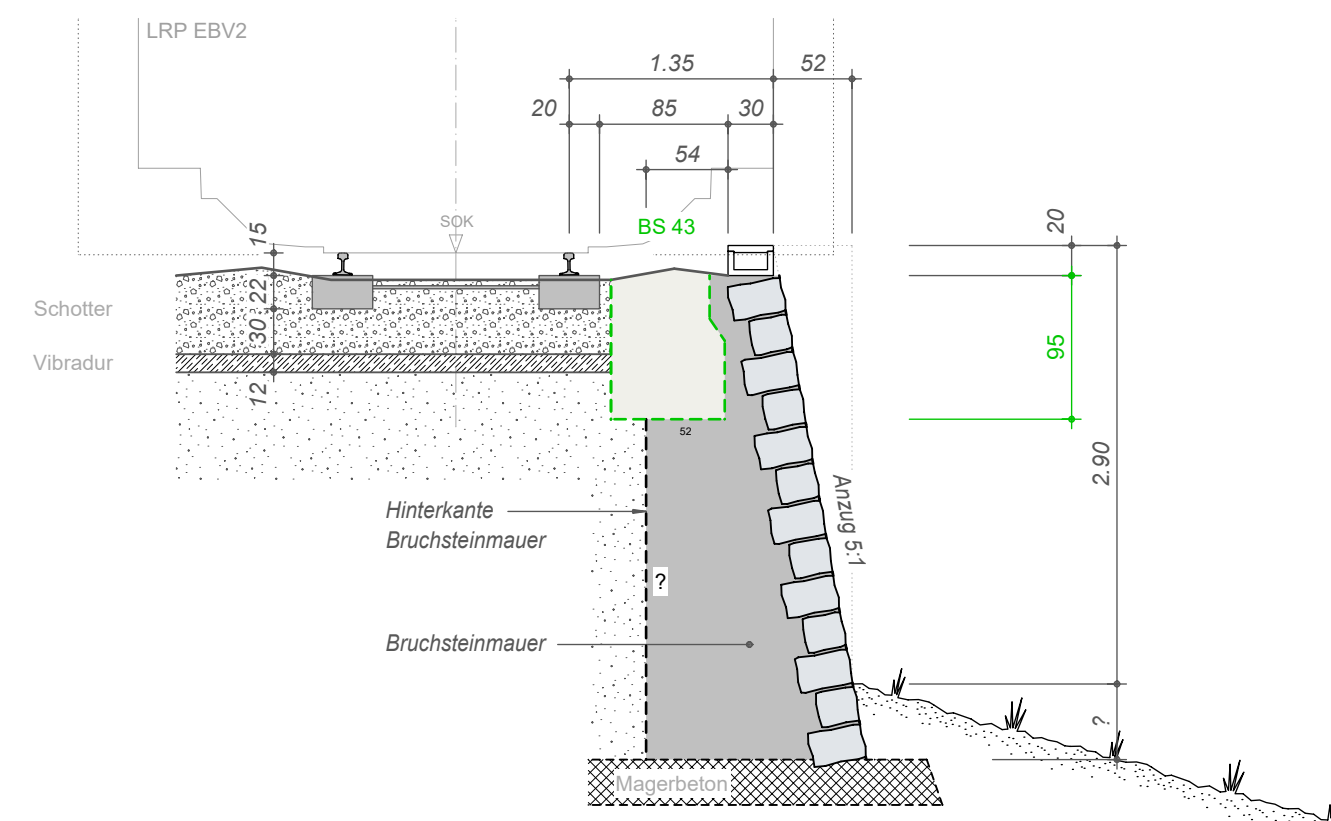


Zustandsuntersuchung
Stützmauer bei FW-Brücke Sihlwald Km 13.396 - 13.502
Übersicht Sondagen 1:250/50

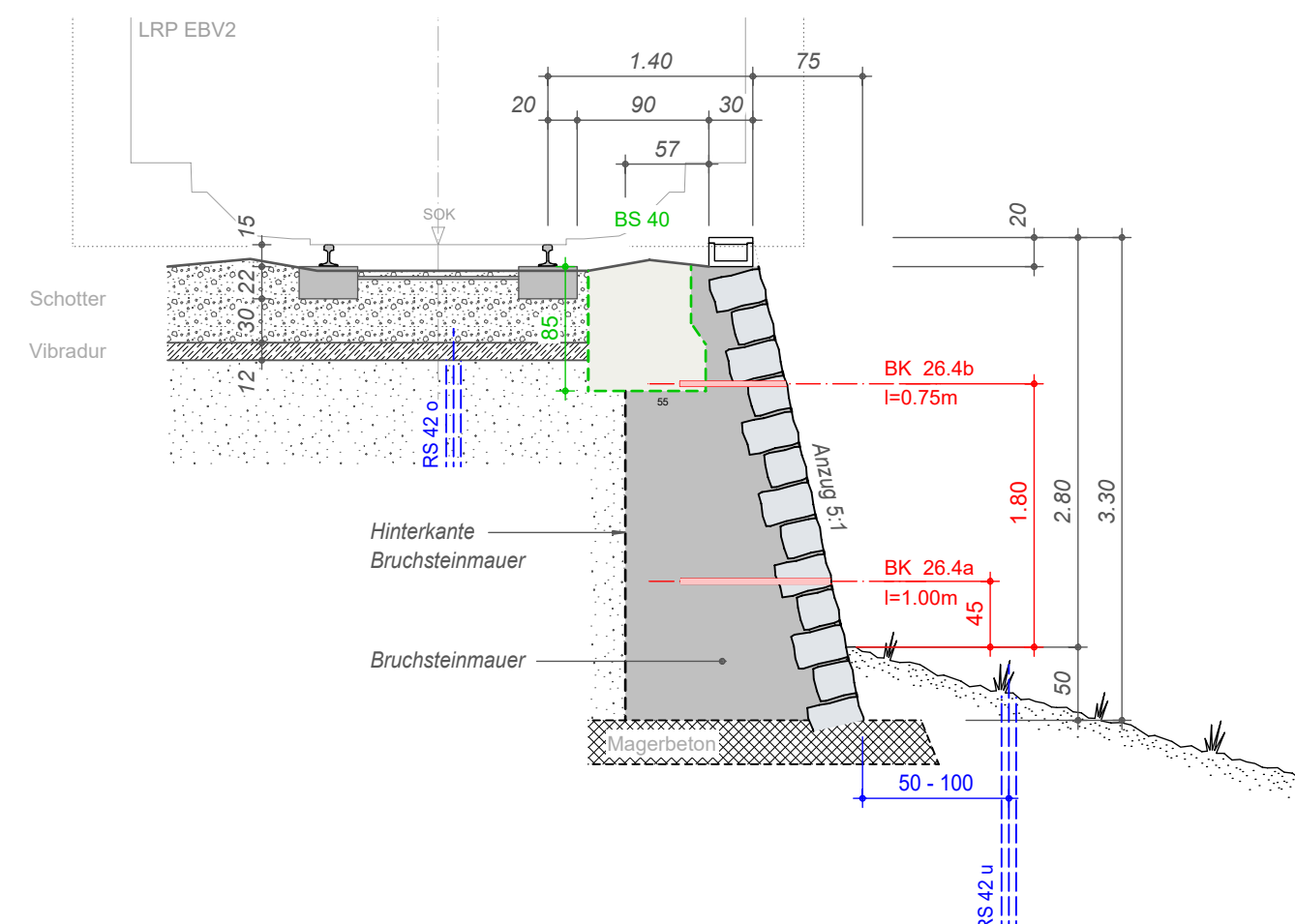
Schnitt A-A, 1:50
Mast 45



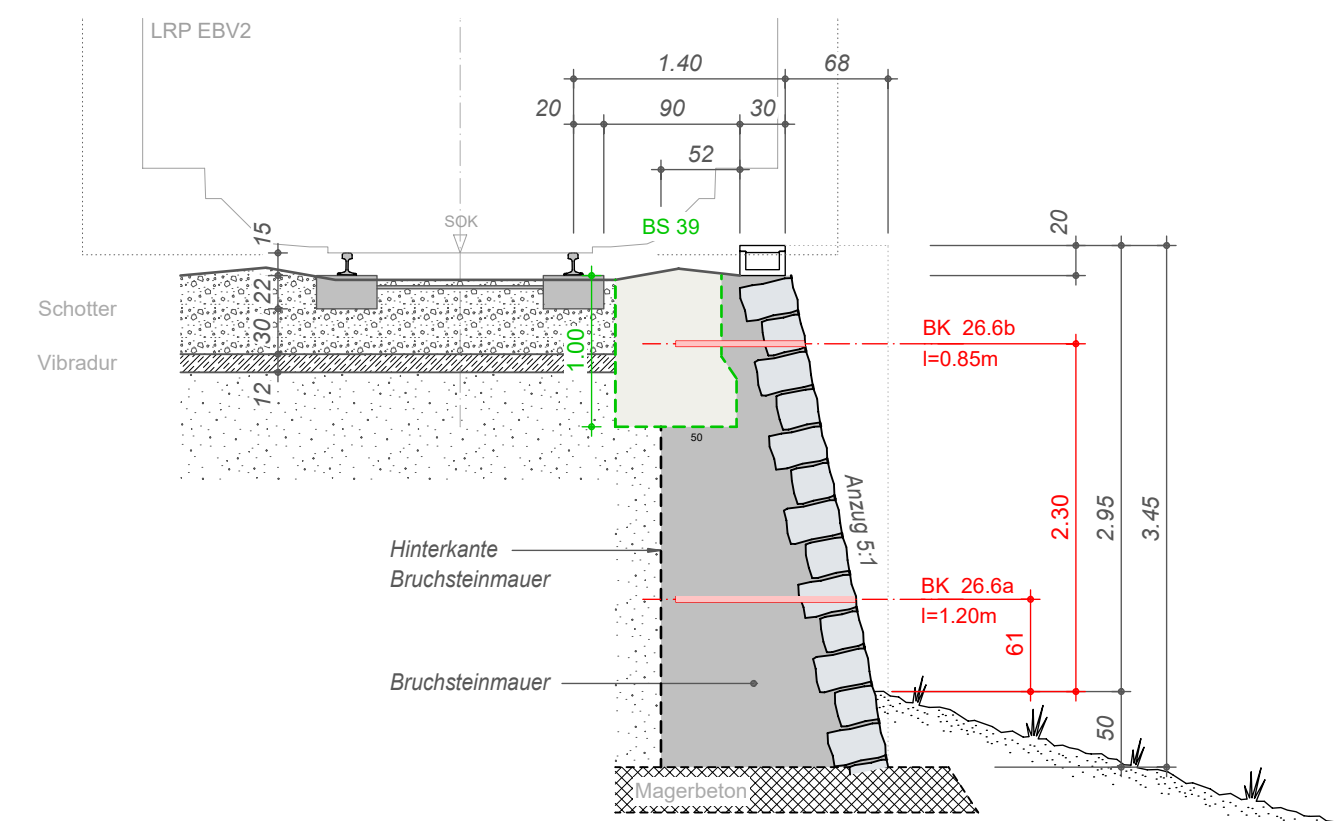
Schnitt B-B 1:50
Baggerschlitz 43



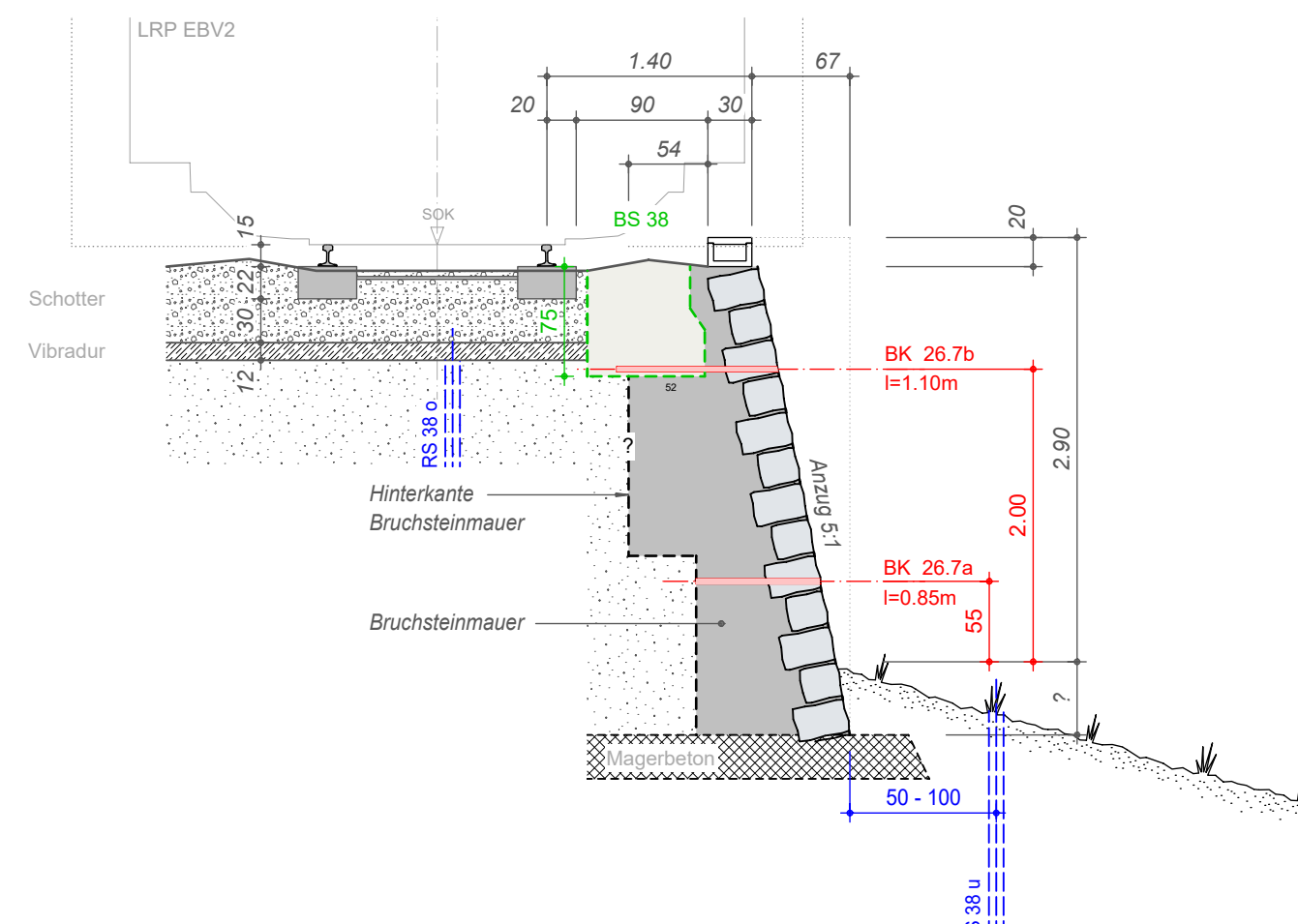
Schnitt C-C 1:50
Baggerschlitz 40



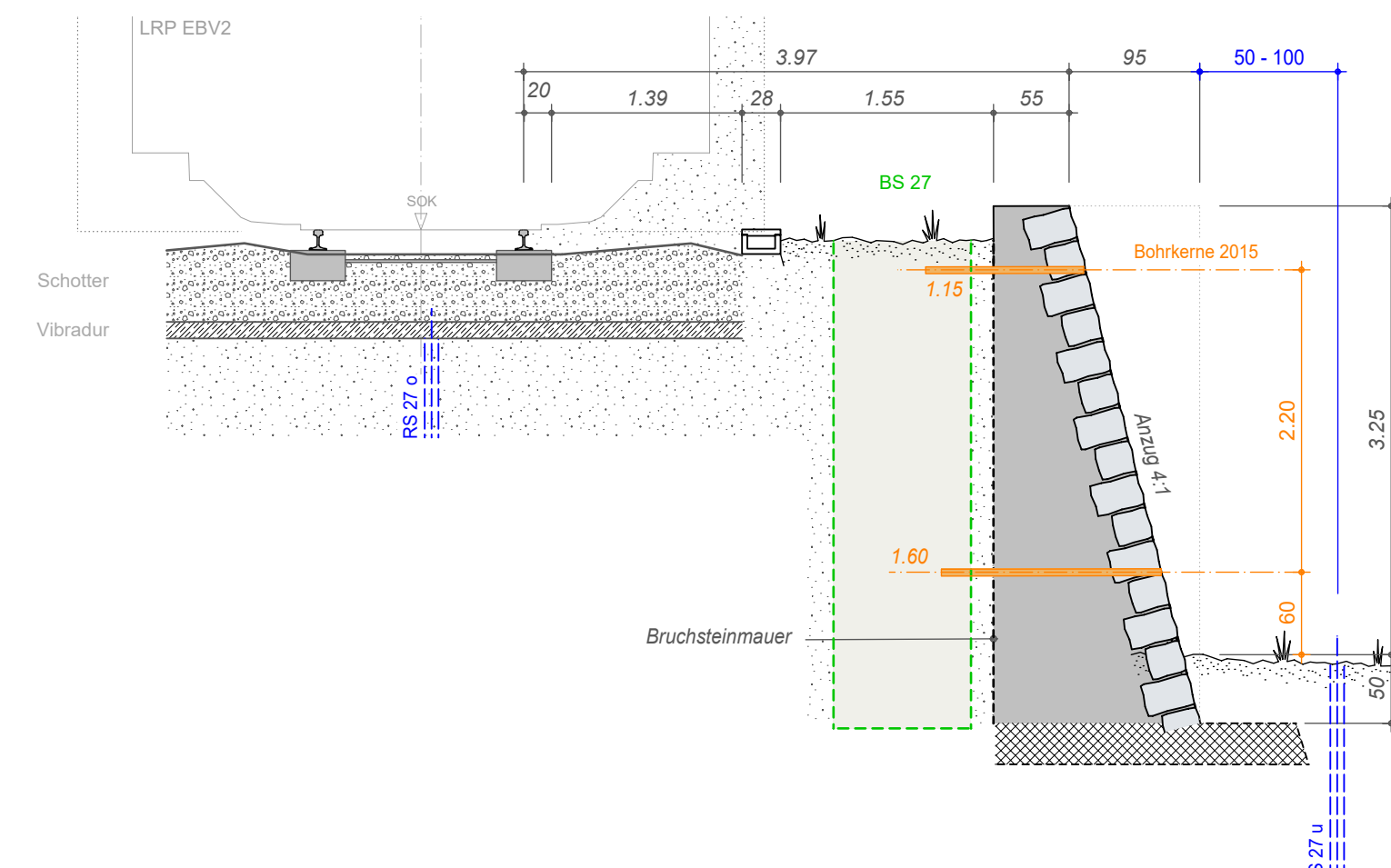
Schnitt D-D 1:50
Baggerschlitz 39



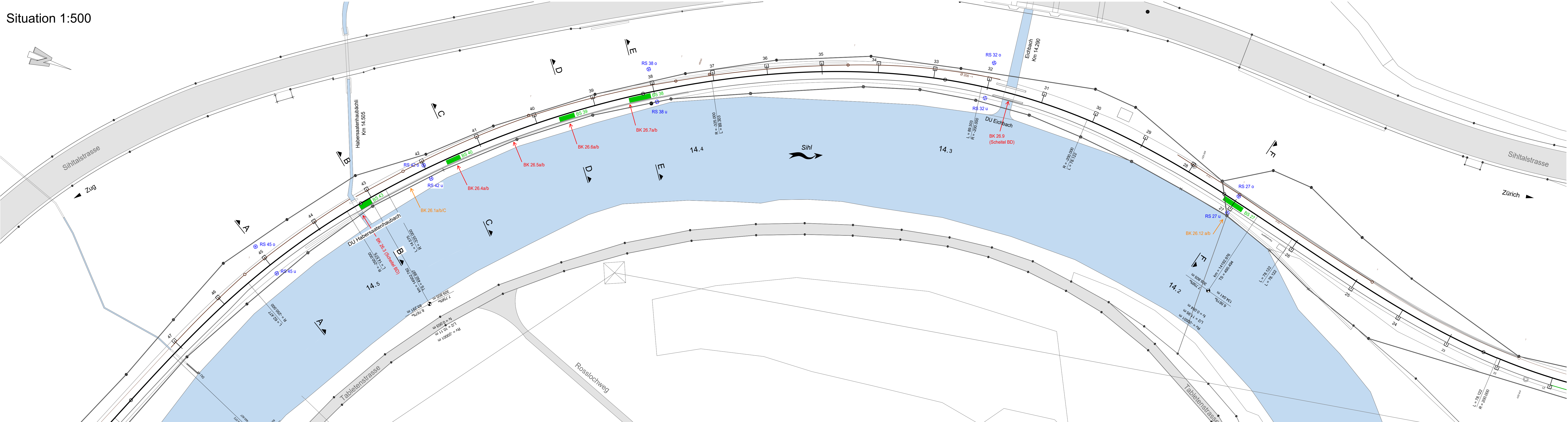
Schnitt E-E 1:50
Baggerschlitz 38



Schnitt F-F, 1:50
Mast 27



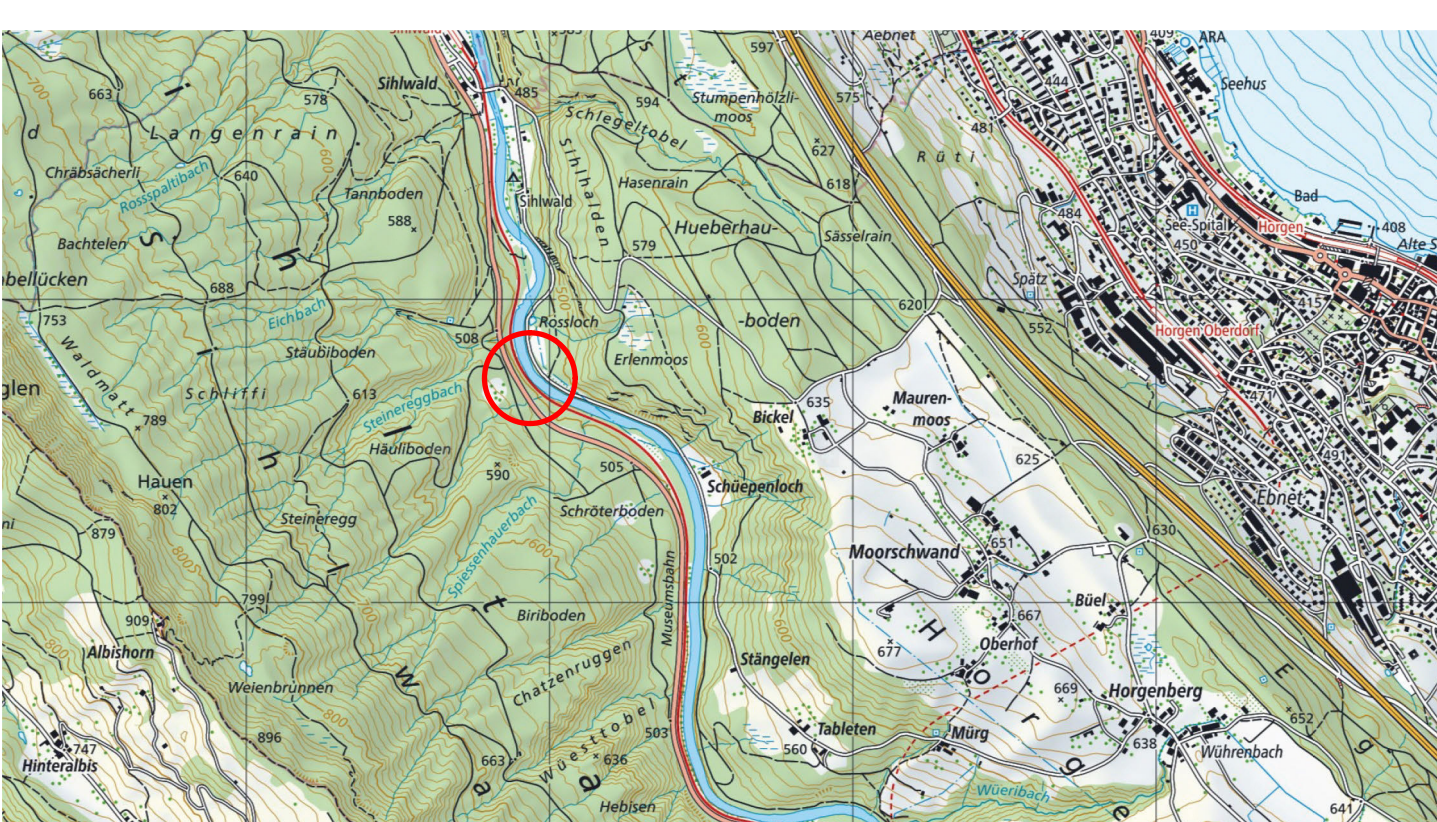
Situation 1:500



Index				Änderung				Datum / Erst.				Geprüft				Nr.			
A																			
B																			
C																			
D																			
E																			
F																			

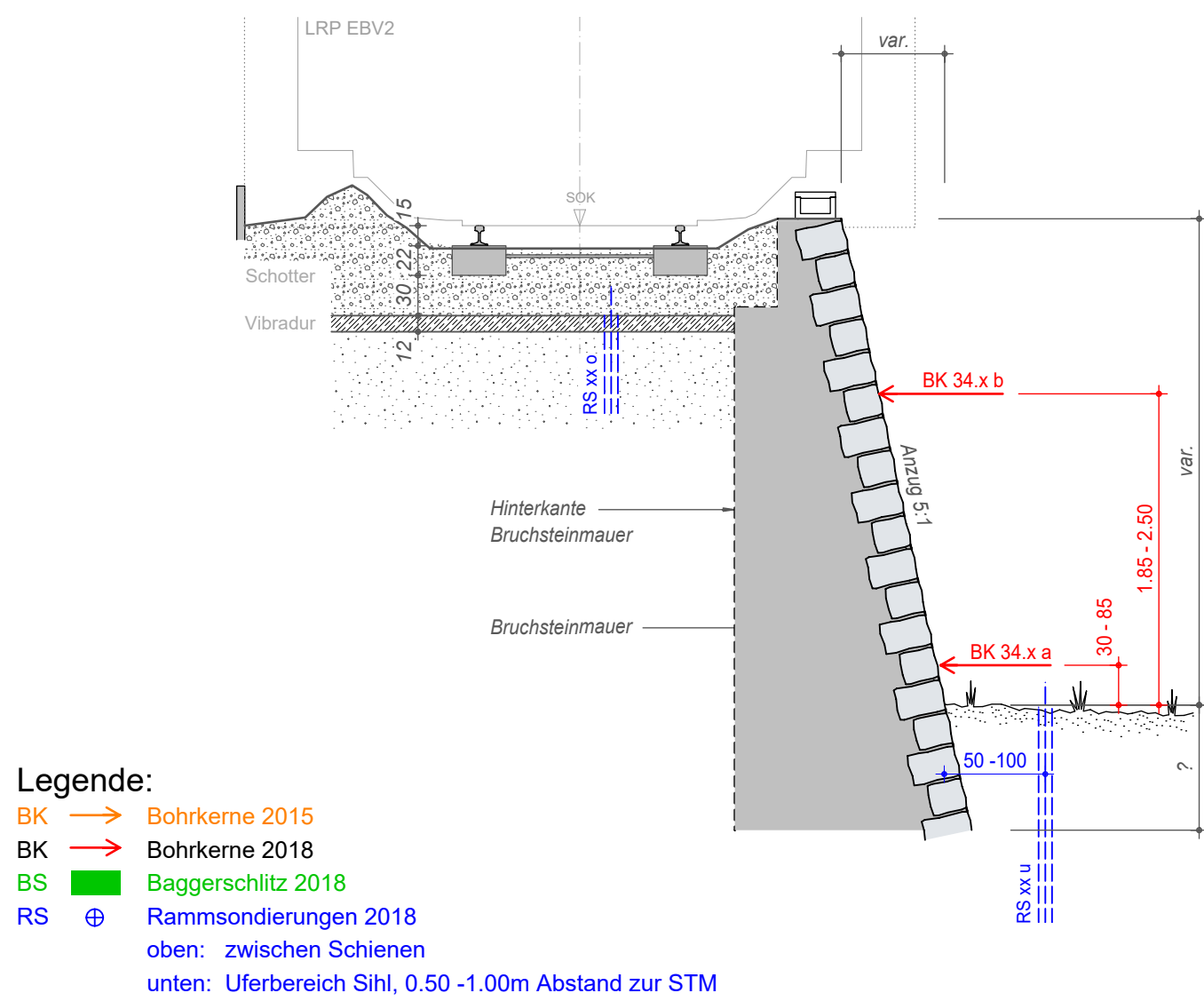
VORABZUG
19 Februar 2018

Sihltal Zürich Uetliberg Bahn

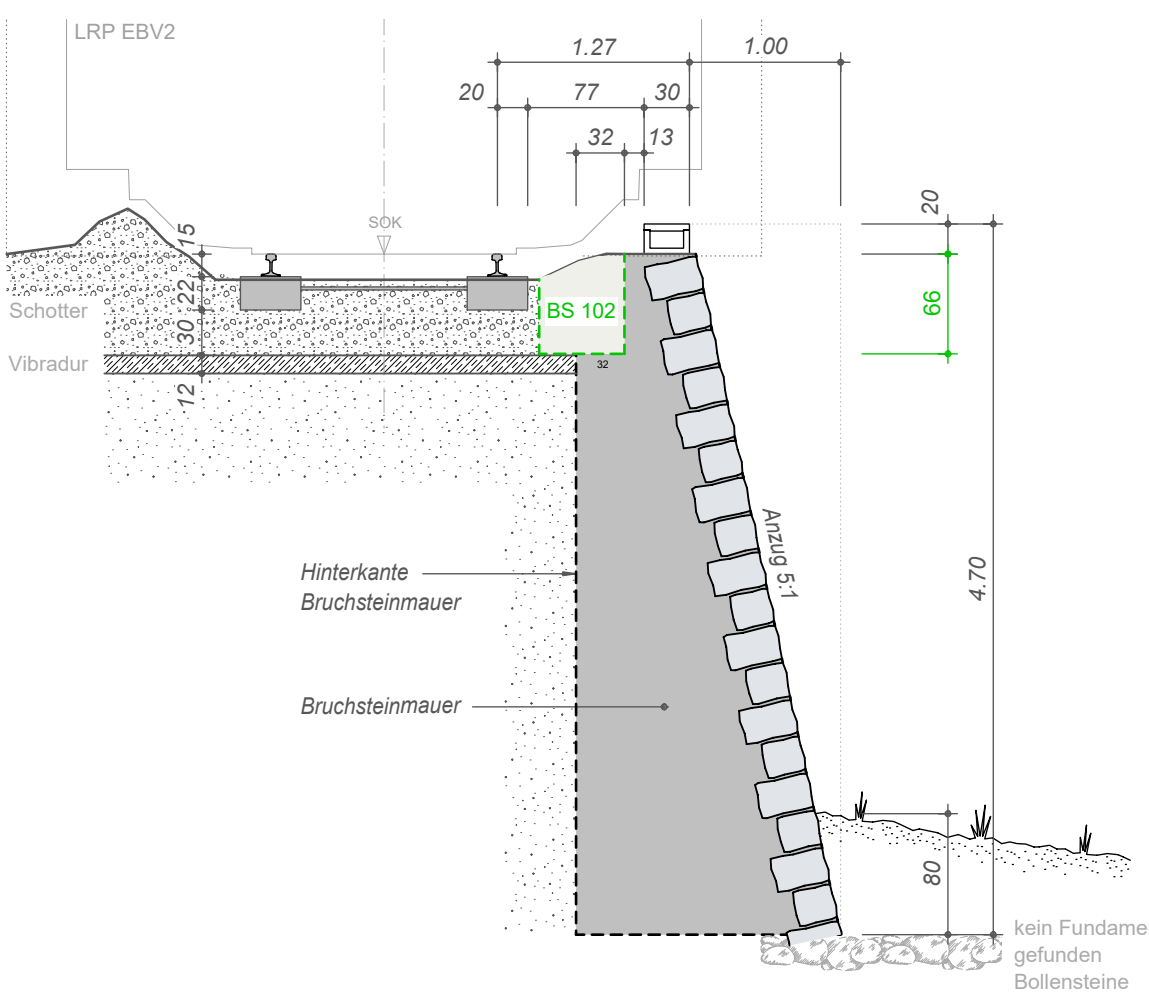


Zustandsuntersuchung
Stützmauer Kramperhütte Km 14.157 - 14.550
Übersicht Sondagen 1:500/50

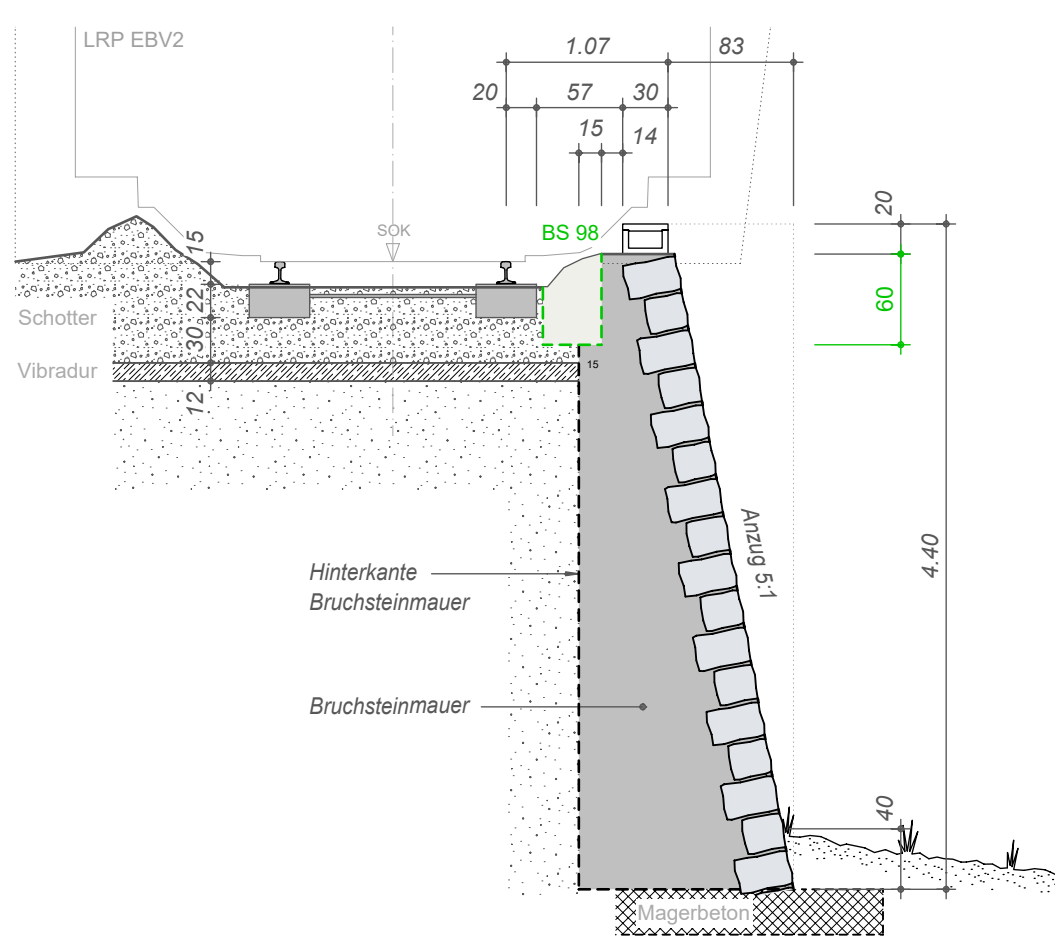
Schemaschnitt 1:50
Neigung 5:1



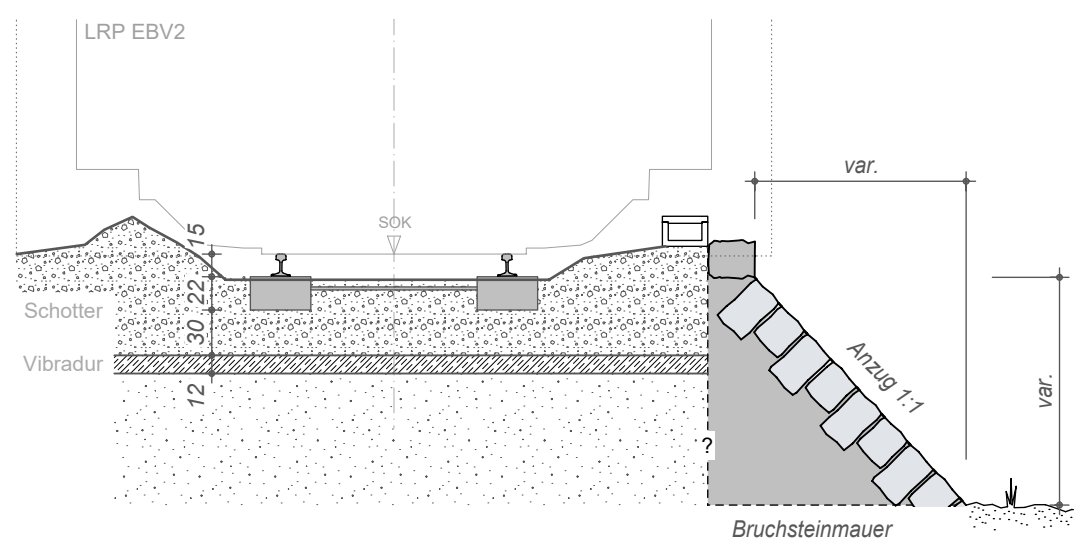
Schnitt A-A 1:50
Baggerschlitz 102



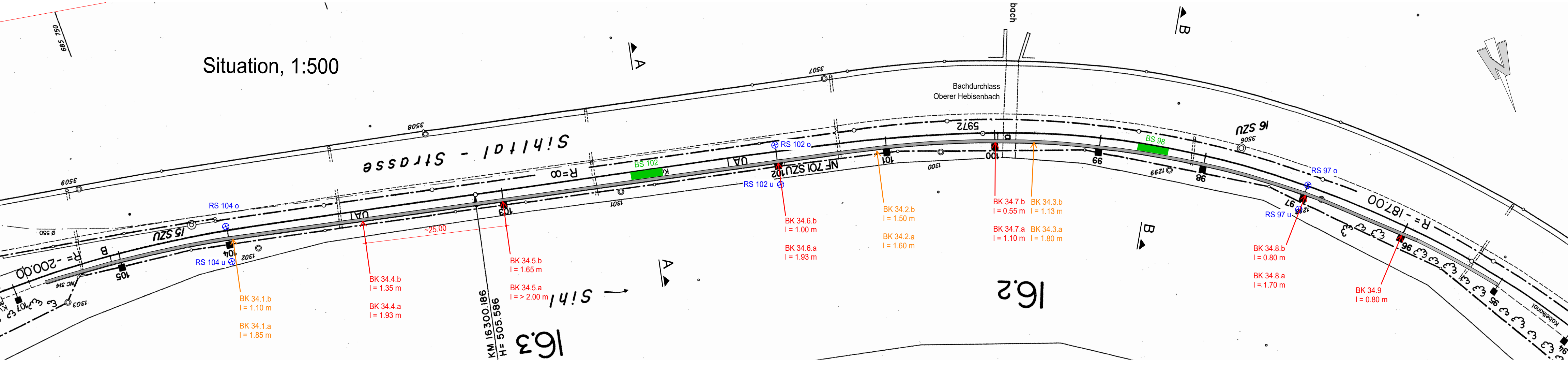
Schnitt B-B 1:50
Baggerschlitz 98



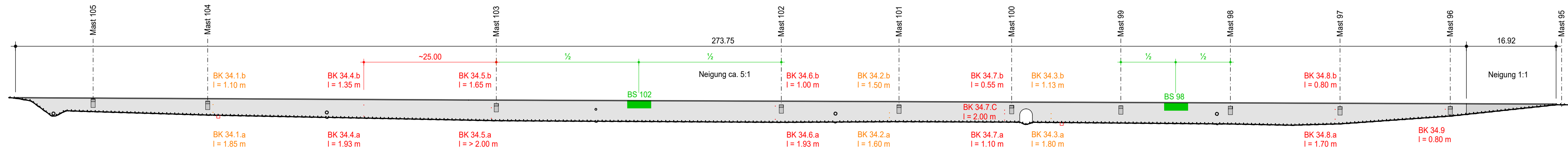
Schemaschnitt 1:50
Neigung 1:1



Situation, 1:500



Ansicht, 1:500



Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau
Bauwerkserhaltung - Materialtechnologie

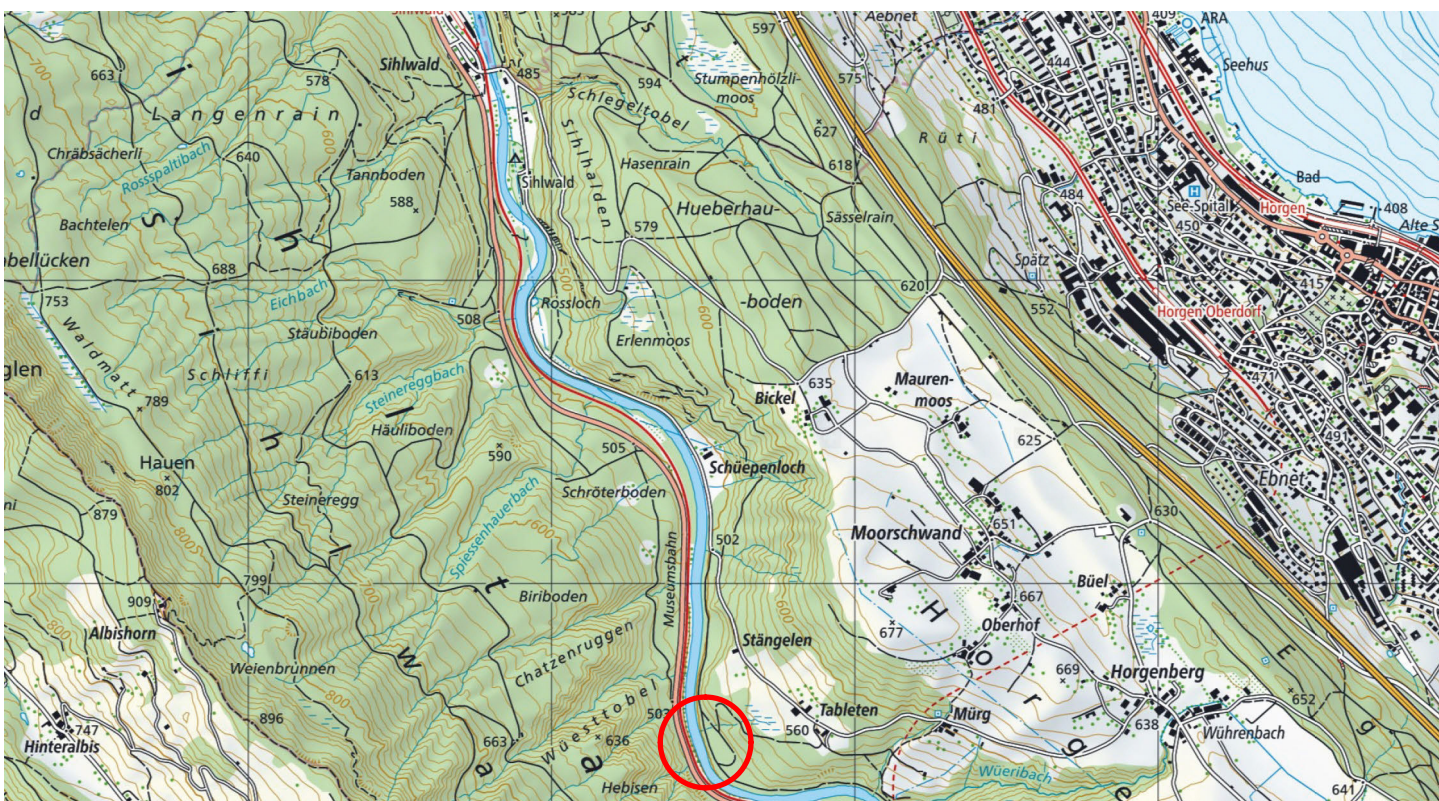
Flückiger + Bosshard AG
DIPLO.-ING. ETH SAV/USC

Index	Aenderung	Datum / Erst.	Geprüft	Nr.
A				17058.3.3
B				Format : 50 x 84
C				Datum : 19.02.2018
D				Erstellt : hof
E				Geprüft : pst
F				Freigabe : pst

VORABZUG
19 Februar 2018

Sihltal Zürich Uetliberg Bahn

SZU
Sihltal Zürich Uetliberg
Bahn



Zustandsuntersuchung
Stützmauer Carbura Km 16.095 - 16.385
Übersicht Sondagen 1:500/50

ANHANG 2 PROFILE DER RAMMSONDIERUNGEN

SZU, S4 STM FW-Brücke Sihlwald, Km 13.460

Auftrags Nr.: OS06968.300

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR23-18

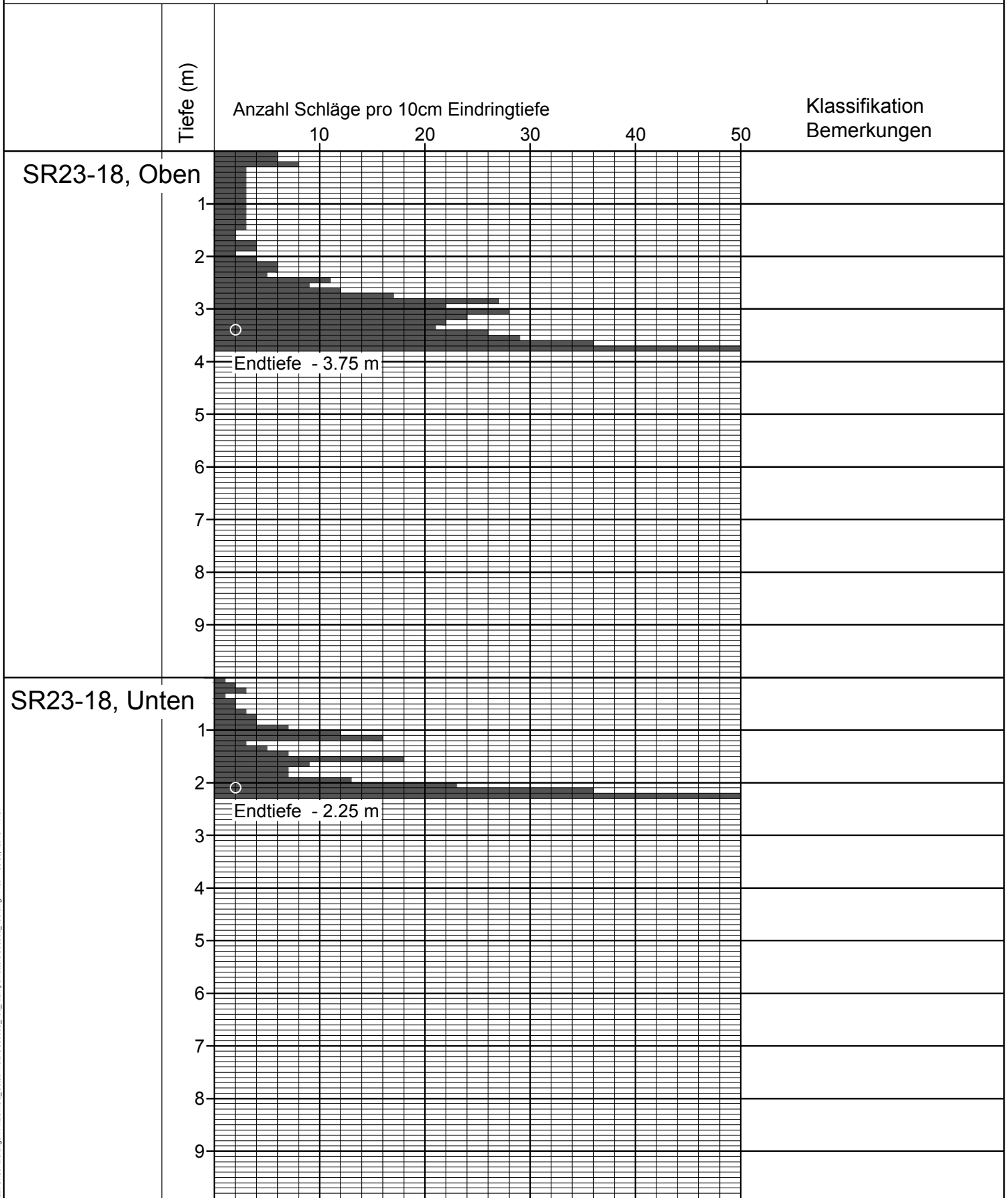
Datum: 09.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU



SZU, S4 Kramperhütte Km 14.157 - 14.550

Auftrags Nr.: OS06968.100

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR27-18

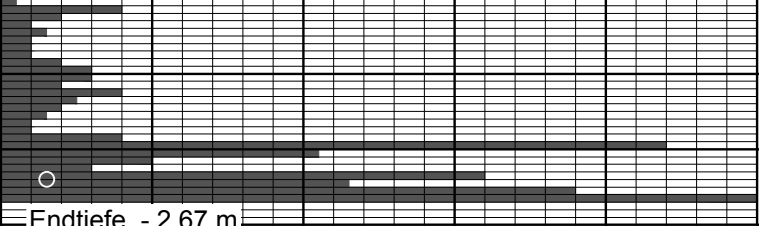
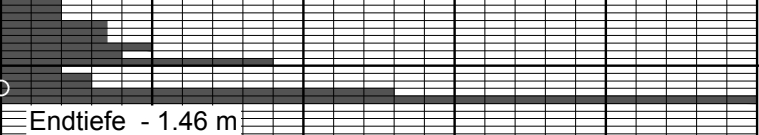
Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU

	Tiefe (m)	Anzahl Schläge pro 10cm Eindringtiefe	Klassifikation
		10 20 30 40 50	Bemerkungen
SR27-18, Oben			
	1		
	2		
	3	Endtiefe - 2.67 m	
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
SR27-18, Unten			
	1	Endtiefe - 1.46 m	
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		

SZU, S4 Kramperhütte Km 14.157 - 14.550

Auftrags Nr.: OS06968.100

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR32-18

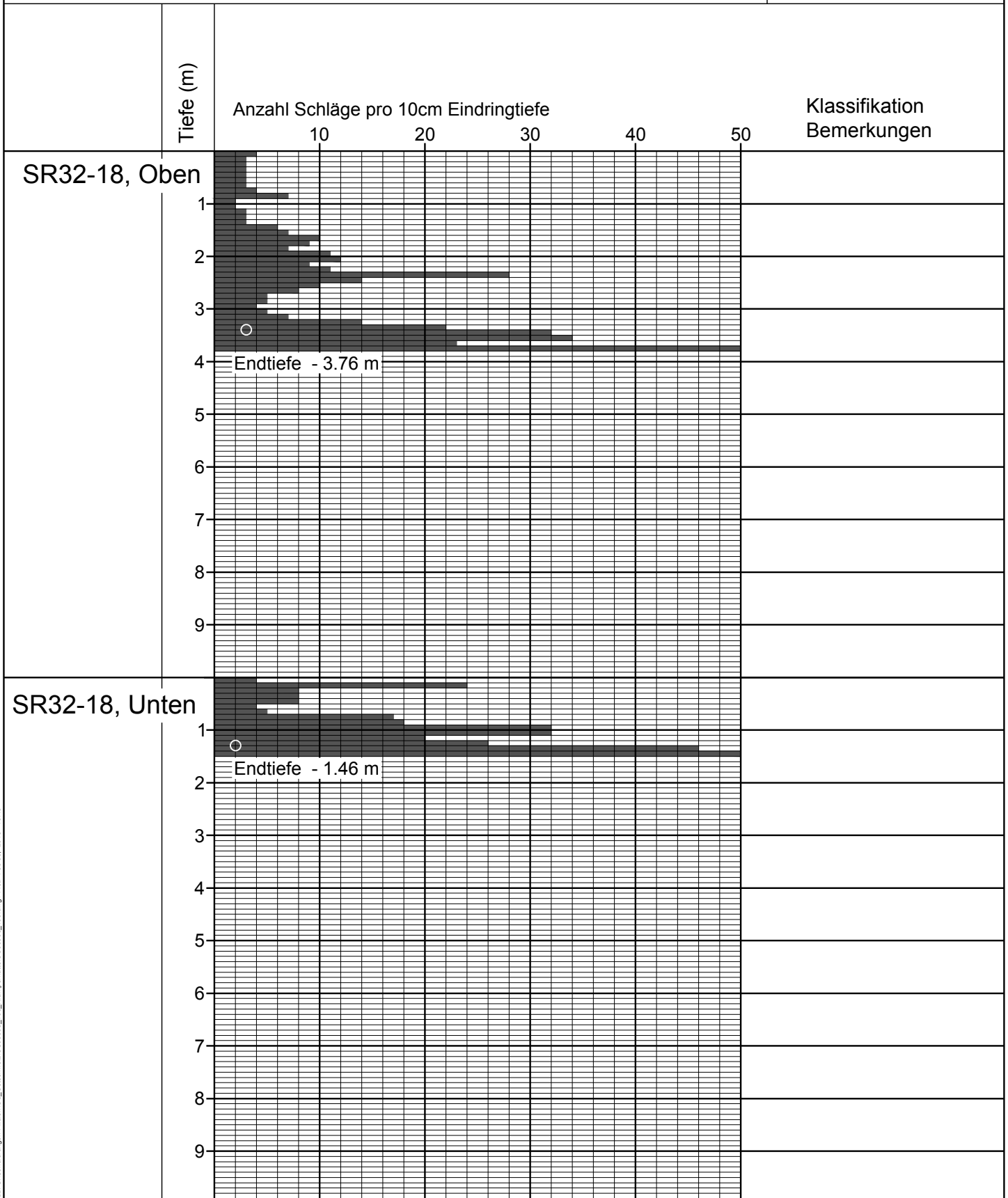
Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU



SZU, S4 Kramperhütte Km 14.157 - 14.550

Auftrags Nr.: OS06968.100

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR38-18



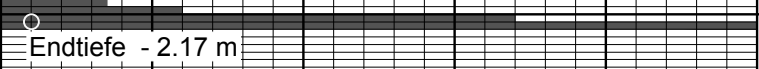








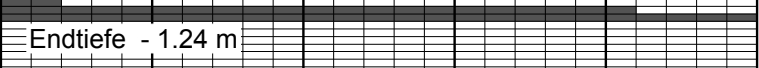
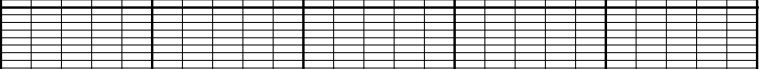
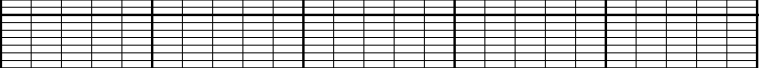
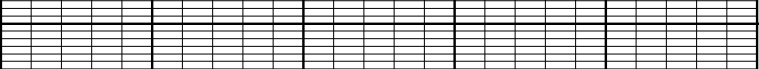





Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU

	Tiefe (m)	Anzahl Schläge pro 10cm Eindringtiefe	Klassifikation
		10 20 30 40 50	Bemerkungen
SR38-18, Oben	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
SR38-18, Unten	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		

SZU, S4 Kramperhütte Km 14.157 - 14.550

Auftrags Nr.: OS06968.100

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR42-18

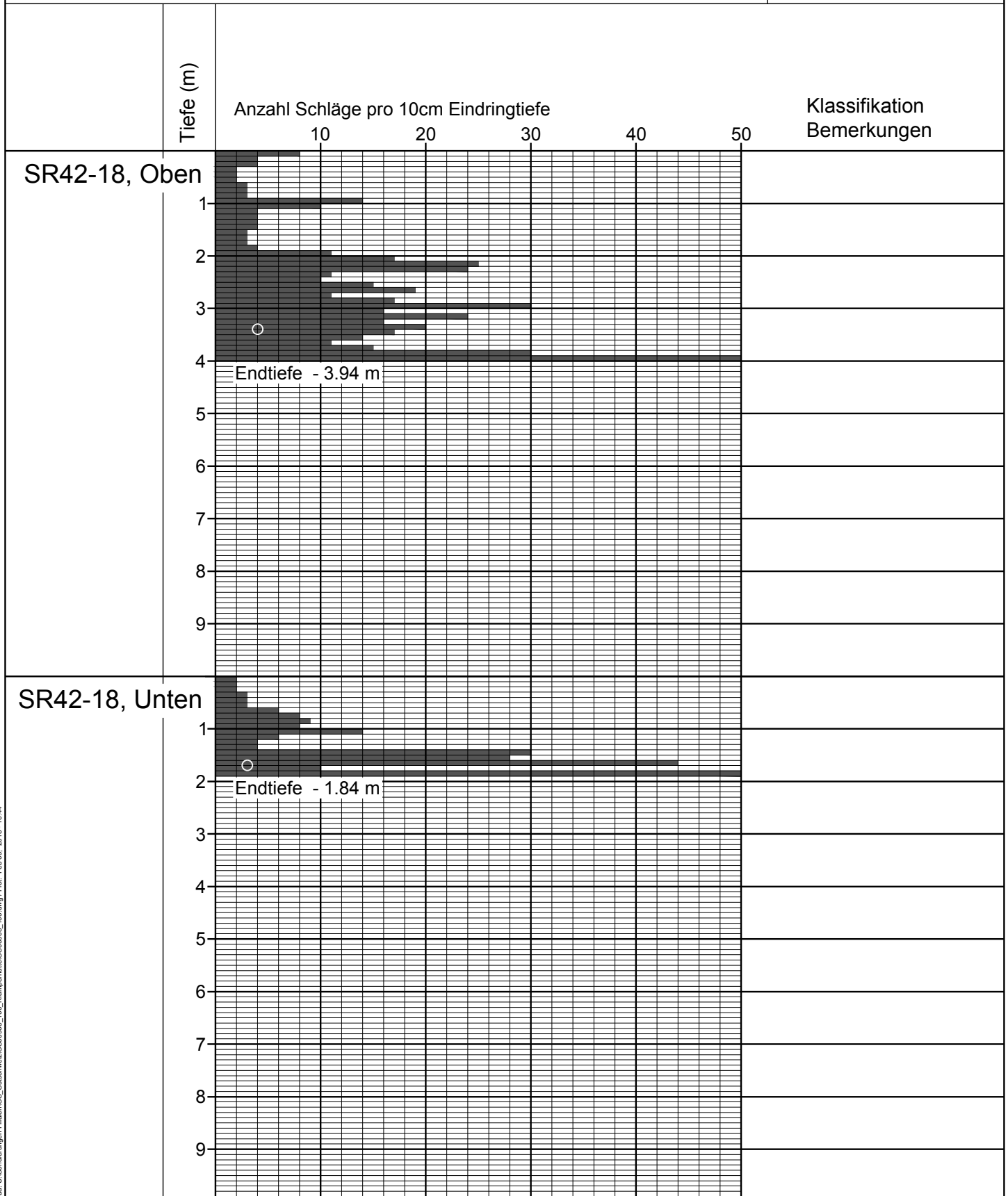
Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU



SZU, S4 Kramperhütte Km 14.157 - 14.550

Auftrags Nr.: OS06968.100

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR45-18

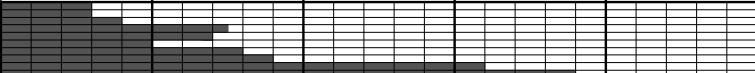
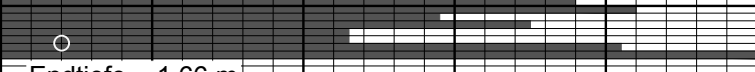
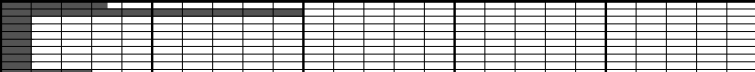

Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU

	Tiefe (m)	Anzahl Schläge pro 10cm Eindringtiefe	Klassifikation
		10 20 30 40 50	Bemerkungen
SR45-18, Oben	1		
	2	 Endtiefe - 1.66 m	
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
SR45-18, Unten	1		
	2	 Endtiefe - 2.76 m	
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		

SZU, S4 STM Carbura, Km 16.095 - 16.385

Auftrags Nr.: OS06968.200

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR97-18

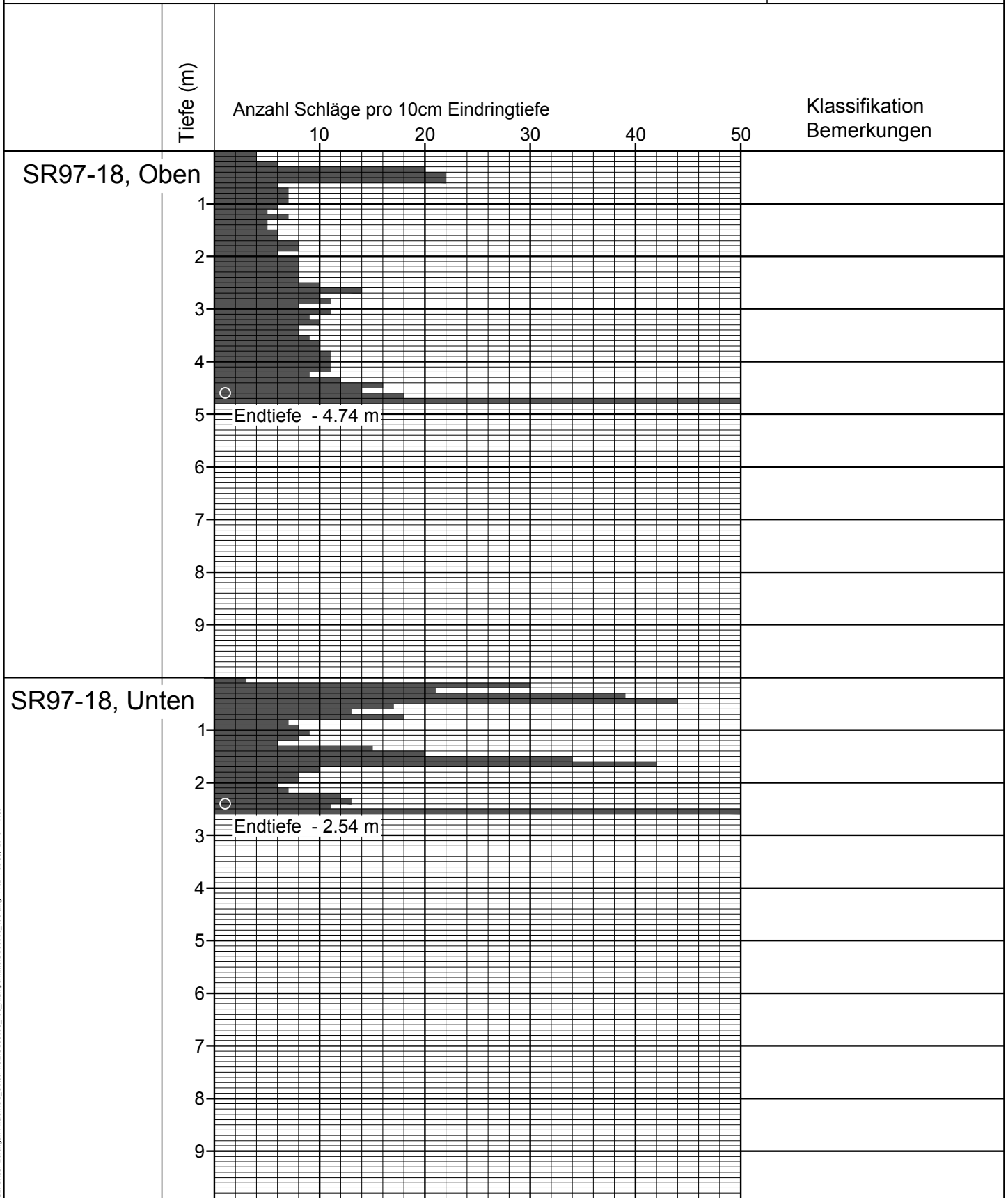
Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU



SZU, S4 STM Carbura, Km 16.095 - 16.385

Auftrags Nr.: OS06968.200

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR102-18

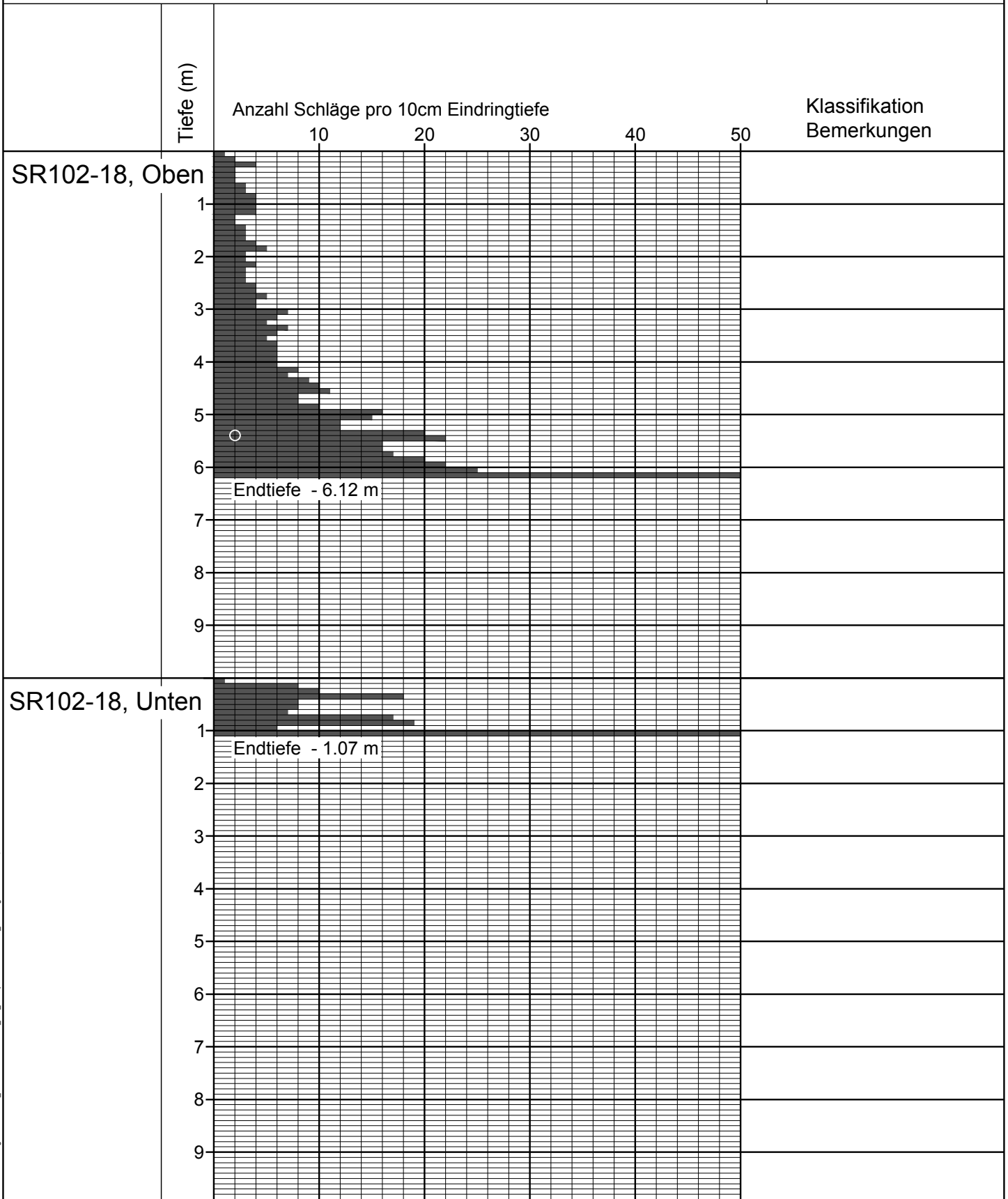
Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU



SZU, S4 STM Carbura, Km 16.095 - 16.385

Auftrags Nr.: OS06968.200

Schwere Rammsondierung (DPH) gem. EN ISO 22476-2

Beilage :

SR104-18

Datum: 08.02.2018

Protokollführer: PS

Bärgewicht 50kg, Fallhöhe 50cm, Spitzenquerschnitt 15cm²

 Mantelreibung

Auswertung: APU

