



Dr. R. Krähenbühl  
**BauGrundRisk** GmbH

081 250 63 84  
baugrundrisk@bluewin.ch  
www.baugrundrisk.ch

---

H19 Oberalpstrasse

1909363-1

## **Strassenkorrektur Dieni – Sta. Brida, km 63.8 – 64.9**

Ingenieurgeologischer Bericht

21.01.2020

Auftraggeber: **Tiefbauamt Graubünden**  
Abteilung Kunstbauten  
Sägenstrasse 78  
7000 Chur

---



Verteiler: Auftraggeber (4 Exemplare)

Anhang:	1.1	Geologische Karte [1]
	1.2	Gewässerschutzkarte [2]
	1.3	Reliefkarte [3]
	1.4	Situation mit Sondierungen [4]
	2.1 – 2.2	Aufzeichnung der Felstrennflächen
	3.1 – 3.4	Aufzeichnung der Sondierbohrungen
	4.1 – 4.14	Aufzeichnung der Sondierschlitze
	5.1 – 5.4	Fotoaufnahmen der Sondierbohrungen
	6	Prüfbericht Korngrößenverteilung Bodenprobe
	7.1 – 7.5	Geologische Profile bei den Bohrungen
	8.1 – 8.2	Querprofile Felsabtrag km 310 – 460
	9.1 – 9.4	Fotodokumentation

### Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Auftrag	3
2	Untersuchungen / Tätigkeiten	3
3	Baugrundverhältnisse	4
3.1	Geologische Situation	4
3.2	Ergebnisse Sondierschlitze	4
3.3	Ergebnisse Sondierbohrungen	5
3.4	Baugrund	6
3.5	Wasserverhältnisse	6
3.6	Geotechnische Eigenschaften	7
3.7	Unsicherheiten und Risiken	7
3.8	Felsverhältnisse	8
3.8.1	Lithologie	8
3.8.2	Felstrennflächen	8
3.8.3	Geotechnische Eigenschaften	9
4	Bautechnische Folgerungen	9
4.1	Foundationen von Kunstbauten	9
4.2	Baugruben	10
4.3	Geländeinstabilitäten	10
4.4	Erdbebengefährdung	10
4.5	Felsabtrag	10
4.5.1	Allgemeines	10
4.5.2	Bauausführung	11
4.5.3	Arbeitssicherheit	11
4.5.4	Wiederverwertbarkeit	12

- [1] ANU Graubünden 2019: Geologische Karte, GeoCover, abgerufen am 20.11.2019 von [map.geo.gr.ch](http://map.geo.gr.ch)
- [2] ANU Graubünden 2019: Gewässerschutzkarte, abgerufen am 20.11.2019 von [map.geo.gr.ch](http://map.geo.gr.ch)
- [3] ANU Graubünden 2019: Topographische Reliefkarte, abgerufen am 20.11.2019 von [map.geo.gr.ch](http://map.geo.gr.ch)
- [4] ewp AG 2019: Planungsstudie Strassenkorrektur Dieni – Sta. Brida, km 63.8 – 64.9, H19 Oberalpstrasse, Situation und Querprofile September 2019
- [5] CSD Ingenieure AG 2009: Geologische Grundlagen Ausbau Oberalpstrasse, Abschnitt Dieni – Sta. Brida, Bericht GR07312.100
- [6] E. Weber 1962: Geologischer Bericht über das Strassenstück St. Brida, km 65.4 – 65.78 der Oberalpstrasse, 05.03.1962 (km-Angaben entsprechen nicht mehr der heutigen Kilometrierung)

## 1 Ausgangslage und Auftrag

Die Oberalpstrasse zwischen Dieni und Sta. Brides verläuft unmittelbar neben der Matterhorn Gotthard Bahn (MGB). Die Strasse ist schmal, verfügt über Ausweichstellen und soll ausgebaut werden. Aufgrund des überwiegend steilen Geländes sind hierfür Stützmauern und Lehnbrücken erforderlich. Um nicht übermässig viele und aufwendige Kunstbauten planen zu müssen, soll da wo es die Platzverhältnisse zulassen, die Strasse bergwärts verlegt werden. Hierfür wird beim Projektanfang ein grösserer Felsabtrag erforderlich (Anhang 1.4).

Oberhalb der Strasse ist der Fels lokal aufgeschlossen. Der an der Oberfläche auftretende Gehängeschutt ist gemäss [5] lokal instabil. Dies hat bei Kunstbauten der MGB vermeintlich zu Deformationen geführt. Dem Felsen liegt Moräne auf. In dem steilen Gelände ist von einem stark wechselnden Baugrund auszugehen.

Mit Sondierungen sollen der Baugrund detailliert erkundet und die Baugrundgrundlagen für das Ausbauprojekt erarbeitet und in einem geologisch-geotechnischen Bericht dokumentiert werden. Die Lage der Sondierungen war bauseits festgelegt und wurde mit geringen Modifikationen auch so ausgeführt.

## 2 Untersuchungen / Tätigkeiten

Es wurden folgende Untersuchungen vorgenommen:

- Aufnahme und Aufzeichnung von 14 Sondierschlitten, ausgeführt vom 22. - 24.10.2019 durch die Bauunternehmung Loretz AG (Anhang 4). Aufnahme von 6 Handschlitten oberhalb der Strasse.
- Geologische Aufnahmen der Felsaufschlüsse (Anhang 2).
- Aufnahme, Aufzeichnung von 4 Kernbohrungen KB 1 – KB 4, ausgeführt vom 04. - 24.11.2019 durch die Firma CrestaGeo AG auf 8 – 19 m u.T. (Anhang 3). Zusätzlich wurde eine Felsabtastbohrung AB 2 auf eine Tiefe von 16 m abgeteuft (Anhang 1.4). Während der Ausführung der Bohrungen schneite es in Dieni ein, was die Bohrarbeiten erheblich erschwerte. Die Inklinometerköpfe konnten deshalb nicht mehr eingemessen werden, was im Frühjahr 2020 nachzuholen ist. Die Höhenangaben der Bohrungen wurden aus den Querprofilen eruiert. Aufgrund des klaren Baugrundbefunds wurden auf die vorgesehenen Abtastbohrungen AB 1, AB 3 sowie den Sondierschlitz BSW 16 verzichtet. Da die Zugänglichkeit für den Schlitz BSW 7 nicht gegeben war, wurde an dessen Stelle die Kernbohrung KB 4 auf 10 m Tiefe ausgeführt.
- Erstellen einer Siebkurve aus der Moräne der KB 4 durch das GeoBauLabor Chur.
- Erstellen eines Felsabbaukonzeptes (Abschnitt 4.5)
- Datenauswertung und Berichterstattung inkl. Anhänge.

## 3 Baugrundverhältnisse

### 3.1 Geologische Situation

- Der Strassenabschnitt liegt in dem zwischen den Gebirgsblöcken des Gotthard- und des Aarmassiv tektonisch zerquetschten Tavetscher Zwischenmassivs. Der durchwegs steil stehende Fels besteht aus Helloglimmergneisen und –schiefern, aus Grünschiefern, teilweise Hornfels-artig sowie lokalen Amphibolit Linsen [1].
- Der Fels wird von Moräne und diese in den steilen Abhängen von Gehängeschutt überdeckt. Wo vom Gegenhang aus dem Val Vardegt ein Schuttkegel entstand, wurde der Vorderrhein nach NW gedrängt (Anhang 1.3). Der leichte Prallhang begann den steilen Abhang zu destabilisieren, was zu Hangkriechen und zu lokalen Rutschungen führte. Letztere reichen gemäss [6] bis über das Trasse der MGB hinauf. Mit einer in den 60-iger Jahren ausgeführten und grossflächig hinterfüllten, steinverkleideten Beton Wuhrmauer konnte der Vorderrhein an dieser Stelle wieder zu einem graden Verlauf gebracht und die Belastung des Hangfusses erhöht werden ([6], Anhang 9.1). Da seit-her keine Deformationen und Instabilitäten bekannt sind, ist davon auszugehen, dass diese Massnahme wirkungsvoll war.
- Aus den oberhalb der Strasse zwischen 1500 m und 1600 m liegenden Felswänden sind gelegentlich Felsstürze ausgebrochen. Dies führte lokale zu einer Anhäufung von Sturzblöcken.

### 3.2 Ergebnisse Sondierschlitz

- Alle maschinell von der Strasse aus ausgeführten Sondierschlitz erfolgten bei den talseitigen Stützmauern, was die Schlitztiefe auf 2.5 – 3.0 m limitierte. Der Schlitz BSW 5 wurde von unten ausgeführt, da die bestehende Stützmauer zu hoch war. Um sich in dem rolligen Material durch das dichte Buschwerk zum Schlitz hin und zurück bewegen zu können, benötigte der Schreitbagger einen halben Tag. Der Schlitz BSW 7 konnte weder von der Strasse aus noch von unten her ausgeführt werden. Daher wurde an dieser Stelle die Kernbohrung KB 4 abgeteuft. Alle Schlitz konnten ohne Schnee ausgeführt werden.
- In den Sondierschlitz wurden folgende Bodenschichten angetroffen (Anhang 4).

Sondierschlitz	Kote	Endtiefe u.T. [m]	Bodenschicht bis [m] u.T.
BSW 1	1471.2	1.4	1.4 Gehängeschutt > 1.4 Fels
BSW 2	1470.5	3.7	1.7 Gehängeschutt 3.7 Bachablagerungen
BSW 3	1468.8	4.6	4.6 Gehängeschutt
BSW 4	1467.2	2.5	2.5 Gehängeschutt
BSW 5	1463.8	1.7	1.7 Gehängeschutt
BSW 6	1463.8	4.5	4.5 Gehängeschutt
BSW 8	1456.8	3.0	3.0 Gehängeschutt
BSW 9	1456.6	2.6	0.6 Aufschüttung 2.6 Gehängeschutt
BSW 10	1455.2	2.5	2.5 Gehängeschutt

Sondierschlitz	Kote	Endtiefe u.T. [m]	Bodenschicht bis [m] u.T.
BSW 11	1453.2	2.5	2.5 Gehängeschutt
BSW 12	1449.8	1.3	1.3 Gehängeschutt > 1.3 Fels
BSW 13	1452.5	2.4	1.0 Aufschüttung 2.4 Gehängeschutt
BSW 14	1451.9	2.0	2.0 Gehängeschutt > 2. Fels
BSW 15	1450.5	3.1	3.1 Aufschüttung

- In nahezu allen Sondierungen wurde bis in 0.3 m Tiefe eine humose, siltig-sandige Deckschicht vorgefunden.
- In keinem der Sondierungen sind Wassereintritte erfolgt (Ausnahme BSW 1 und 2).
- Der Schlitz BSW 12 wurde in der Wegabfahrt zu der Wuhverbauung am Fusse der Stützmauer der H19 ausgeführt (Anhang 4.11).

In den oberhalb der Wandmauern von Hand und talseitig der RhB ausgeführten Sondierschlitz HS 1 – HS 6 wurden folgende Bodenschichten angetroffen (Anhang 1.4).

Sondierschlitz	Lage	Kote	End Tiefe u.T. [m]	Bodenschicht bis [m] u.T.
HS 1	hinter Wandmauerkrone	1462.5	1.6	1.6 Gehängeschutt
HS 2	unterhalb RhB	1458.6	1.6	1.6 Gehängeschutt
HS 3	hinter Wandmauerkrone	1457.8	0.2	> 0.2 Fels
HS 4	unterhalb RhB	-	-	Fels anstehend
HS 5	hinter Wandmauerkrone	1457.4	1.1	1.1 Moräne
HS 6	unterhalb RhB	1461.2	1.1	1.1 Moräne

- In nahezu allen Sondierungen wurde bis in 0.2 - 0.3 m Tiefe eine humose, siltig-sandige Deckschicht vorgefunden (Anhang 9.4).
- Etwa 5 m westlich des Handschlitzes HS 5 war der Felsen an der Oberfläche anstehend.

### 3.3 Ergebnisse Sondierbohrungen

- Die Kernbohrungen KB 1 und KB 2 wurden in der Rutschung zwischen den QP 670 – 820 abgeteuf und mit Inklinometerrohren ausgestattet. Die KB 3 wurde ebenfalls mit einem Inklinometer ausgerüstet (Anhang 1.4).
- Die Bohrungen wurden im Abhang auf Gerüsten bei Schnee ausgeführt (Anhang 9.2) Seither blieb der Schnee liegen, sodass die Bohrungen und Inklinometerköpfe noch nicht geodätisch eingemessen werden konnten.

In den Sondierbohrungen wurden folgende Bodenschichten angetroffen (Anhang 4).

Sondierschlitz	Kote	End Tiefe u.T. [m]	Bodenschicht bis [m] u.T.
KB 1	1460.0	13.0	4.9 Gehängeschutt 10.9 Moräne 12.0 Fels verwittert 13.0 Fels
KB 2	1459.9	20.0	4.7 Gehängeschutt 20.0 Moräne
KB 3	1449.4	9.0	5.1 Aufschüttung 5.7 Moräne 9.0 Fels
KB 4	1457.9	10.0	3.9 Gehängeschutt 10.0 Moräne

- In allen Sondierungen lag dem Untergrund eine bis 0.3 m starke, humose, siltig-sandige Deckschicht auf.
- Bemerkenswert ist, dass der Gehängeschutt bereits ab Tiefen von ~ 2 m u.T. einen hohen Bohrwiderstand von 2 - 3 erreichte, was einer Lagerungsart von mittel dicht bis dicht entspricht (Anhänge 3, 4).

### 3.4 Baugrund

- Unter der bis 0.3 m starken, humosen, siltig-sandigen Deckschicht wurden in allen Sondierungen folgende Bodenschichten angetroffen.

Bodenschicht	Geotechnische Beschreibung	Lagerungs-dichte	Farbe
<b>A Aufschüttungen</b>	Leicht tonig-siltige Kiessande mit wechselnden Anteilen an Steinen und Blöcken sowie siltiger Grobkies.	mittel dicht	braun, beige, grau
<b>B Gehängeschutt</b>	Leicht tonig-siltige Kiessande mit wechselnden Anteilen an Steinen und Blöcken $\varnothing_{\max.}$ 1.5 m, (eckig)	mittel dicht bis dicht	braun
<b>C Bachablagerungen</b>	Siltige Kiessande mit reichlich Steinen und wenig Blöcken (angerundet – rund)	mittel dicht	braunbeige
<b>D Moräne</b>	Leicht tonig-siltige Kiessande mit wechselnden Anteilen an Steinen und einzelnen Blöcken $\varnothing_{\max.}$ = 2.0 m (kantengerundet).	dicht	beige, beigebraun
<b>E Fels</b>	Hellglimmergneise und -Schiefer	hart	grau

### 3.5 Wasserverhältnisse

Folgende, hydrogeologische Aspekte sind zu beachten:

- In allen Sondierungen wurden keine Wasserzutritte angetroffen (Ausnahme BSW 1/2).
- Die Aufschüttungen A und die Bachablagerungen C sind gut, der Gehängeschutt B ist mässig bis gut durchlässig. Die Moräne D ist schlecht durchlässig. In ihr sind präferenzielle Fliesswege zu erwarten. Der darunter liegende Fels ist ein Wasserstauer.
- Der Instandsetzungsabschnitt liegt ausserhalb von Gewässerschutzbereichen.

### 3.6 Geotechnische Eigenschaften

Aus geotechnischer Sicht präsentieren sich die Baugrundeigenschaften wie folgt:

Baugrund	Geotechnische Eigenschaften hinsichtlich:					
	Tragfähigkeit	Setzungsempfindlichkeit	Standfestigkeit (Böschungen)	Wasserempfindlichkeit *)	Anfälligkeit für Erosion	
					äusser-re	inne-re
<b>A Aufschüttungen</b>	mässig	mässig	mässig	mässig	mässig	gering
<b>B Gehängeschutt</b>	mässig bis hoch	mässig bis gering	mässig	gering	mässig	mässig
<b>C Bachablagerungen</b>	hoch	gering	mässig	gering	hoch	mässig
<b>D Moräne</b>	hoch	gering	hoch	gering	gering	gering
<b>E Fels</b>	hoch	keine	hoch	-	-	-

\*) Reduktion der Scherparameter und damit der Standfestigkeit und Tragfähigkeit;  
Beurteilung in 3-teiliger Skala: gross/hoch; mässig/mittel; gering/wenig.

Die für erdstatische Berechnungen erforderlichen Baugrundwerte können als mittlere Erwartungswerte wie folgt angenommen werden:

Baugrund	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_E$ [MN/m <sup>2</sup> <sup>+) </sup>	$k$ [m/s]
<b>A Aufschüttungen</b>	20.0 ± 1.0	36 ± 2	0	30 ± 10	10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-5</sup>
<b>B Gehängeschutt</b>	20.5 ± 0.5	36 ± 1	5 ± 2	50 ± 10	10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-5</sup>
<b>C Bachablagerungen</b>	21.0 ± 0.5	38 ± 1	0	50 ± 10	10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-4</sup>
<b>D Moräne</b>	21.5 ± 0.5	35 ± 1	15 ± 5	80 ± 10	10 <sup>-5</sup> – 10 <sup>-7</sup>

+) Die  $M_E$ - Werte der Wiederbelastung können um mindestens Faktor 2 höher angenommen werden.

### 3.7 Unsicherheiten und Risiken

- Mit den alle 30 – 40 m ausgeführten Sondierungen ist der **Baugrund** detailliert bekannt. Die Baugrundverhältnisse sind in den 14 ausgeführten Sondierschlitzten und den Bohrungen recht einheitlich. Da der steil stehende Felsen in Richtung Tal in Stufen abfällt (Anhang 9.1), ist damit zu rechnen, dass er vereinzelt auf der Fundamenttiefe von Stützmauern auftreten wird. Sein Verlauf entlang der Strassenachse kann stark variabel sein.
- Eine Unsicherheit besteht in den **Kriech-** und **Rutschaktivitäten** des Abhanges. In dem Geländeeinschnitt zwischen QP 370 und QP 420 wurde die talseitige Fahrbahn auf einer Aufschüttung erstellt. Ob diese auf dem Felsen stabil ist oder ob sie kriecht ist unbekannt. In [5] ist diese Stelle als Rutschung/ instabiles Gelände bezeichnet.

- Ob die alte Rutschung zwischen den QP 660 und QP 820 noch Kriecht oder gar Gleitphänomenen unterworfen ist, ist ebenso unbekannt. Da die Strasse an beiden Stellen kaum Deformationen aufweist, sind grössere Instabilitäten nicht zu erwarten. Die lokal im Strassenbelag auftretenden Längsrisse sind entweder durch Frost oder infolge einer Überbelastung des überalternden Schwarzbelags verursacht. Und bei den alten, verkippten und deformierten Mauern der MGB muss die Frage gestellt werden, ob diese ungenügend dimensioniert sind. Die Inklinometermessungen werden im Laufe des folgenden Jahres die Unsicherheiten hinsichtlich Hangstabilität beseitigen.

### 3.8 Felsverhältnisse

#### 3.8.1 Lithologie

- Im Bereich des zwischen den QP 310 und QP 460 vorgesehenen Felsabtrags treten vorwiegend massige **Hellglimmergneise** auf (Anhang 9.3).
- Zwischen den QP 410 und QP 440 werden die massigen Hellglimmergneise von bis zu 0.5 m Stärke aufweisenden, feinblättrigen **Phylliten** und von **Hellglimmerschiefern** zwischengelagert, wie sie aus dem Tavetscher Zwischenmassiv der Medelserrheinschlucht bekannt sind. Der Geländeeinschnitt zwischen den QP 370 und QP 420 wurde während geologischen Zeiten durch bevorzugte Erosion in den Phylliten und Schiefern gebildet.
- In den **übrigen Streckenabschnitten** tritt der Felsen am bergseitigen Strassenrand nur sporadisch auf. Es handelt sich überwiegend um Hellglimmer- und Schiefergneise. Amphibolit Linsen sind nur vereinzelt anzutreffen.

#### 3.8.2 Felstrennflächen

- Die Hauptschieferung S2 fällt steil in Richtung SSE ein. Die zwei Hauptklüftsysteme stehen ebenfalls steil und verlaufen mit ~ 50° schief zueinander (K1: WNW-ESE, K2: WSW- ENE). Die flach Richtung NE einfallenden K3 Klüfte sind wenig häufig und können infolge ihrer flachen Lage in der Einfallrichtung stark variieren (Anhang 2).
- Die Unterschiede der Trennflächenlage sind in den Gneisen und Schiefern nur gering (Anhang 2.2). Die Schieferung S2 der Schiefer steht fast vertikal und die Hauptklüftungen K1 und K2 sind etwas flacher als bei den Gneisen, wobei die überkippte Klüft K2' stärker ausgebildet ist.

Eine Übersicht der räumlichen Lage, des Durchtrennungsgrads und der Beschaffenheit der Felstrennflächen der Gneise, Schiefer und Phyllite kann nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Schieferung / Klüftung	S2	K1 / K1'	K2 / K2' <sup>2)</sup>	K3
Orientierung <sup>1)</sup> [°]	150 ±10/ 80 ±10	205 ± 5/ 75 ±10	345 ± 5/ 80 ±10 170 ±15/ 55 ± 5	60 ±50/ 40 ±20
Abstand a	0.05 – 0.5 m	0.02 – 4.0 m	0.2 – 5.0 m	0.5 - 5.0 m
a <sub>n</sub> (mittel) <sup>3)</sup>	0.5 m	1.0 m	2.0 m	2.0 m
Ausdehnung	> 10 m	> 10 m	> 10 m	< 5 m
Oberfläche	gestuft, rau	rau, gestuft	rau, gestuft	rau
Welligkeit	kleinwellig	-	-	langwellig

<sup>1)</sup> Einfallrichtung/ Einfallen (auf 5 gerundet); <sup>2)</sup> z.T. Bruchzonen, <sup>3)</sup> a<sub>n</sub> = mittlerer Felstrennflächenabstand.

### 3.8.3 Geotechnische Eigenschaften

- Die nachstehend angegebenen Felskennwerte basieren auf Literaturdaten und auf Erfahrungswerten.

Die für felsmechanische Berechnungen erforderlichen **Felskennwerte** können als mittlere Erwartungswerte wie folgt angenommen werden:

Gesteinstyp	Raumgewicht $\gamma$	Reibungswinkel $\phi'$ *)	Kohäsion $c'$ *)
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[MPa]
<b>Gneise</b>	27.0 ± 0.5	45° ± 5	4.5 ± 1.0
<b>Schiefer, Phyllite</b>	26.0 ± 0.5	30° ± 5	0.4 ± 0.1

\*) für Trennflächen

Gesteinstyp	Druckfestigkeit $\sigma_c$ ( $\perp$ zu $S_2$ )	Spaltzugfestigkeit ( $\parallel$ zu $S_2$ )	E-Modul
	[MPa]	[MPa]	[GPa]
<b>Gneise</b>	90 ± 20	5 ± 1	40 ± 5
<b>Schiefer, Phyllite</b>	35 ± 10	2 ± 2	15 ± 5

## 4 Bautechnische Folgerungen

### 4.1 Foundationen von Kunstbauten

- Für die talseitige Verbreiterung sind innerhalb der **Kunstbauten** überwiegend Stützmauern und untergeordnet Lehenbrücken vorgesehen [4].
- Mit einer für **Stützmauern** zweckmässigen Foundationstiefe werden die Foundationen zwischen den Profilen 470 und 950 überwiegend in den Gehängeschutt B, untergeordnet in die Moräne D und nur ganz vereinzelt in den Felsen F zu liegen kommen. D.h. teilweise muss mit Mischfoundationen zwischen den Schichten B, D und selten mit D, F gerechnet werden. Da der Felsen talwärts in steil abfallenden Stufen verläuft, kann er lokal entlang der Foundationstiefe zufällig auftreten.
- Die Schichten F und D sind setzungsunempfindlich und eignen sich gut für **Foundationen** von hohen Punktlasten. Die kiesigen Bachablagerungen C sind wenig setzungsempfindlich und für Streifenfoundationen gut geeignet. Sie sind ab dem Querprofil 950 lokal anzutreffen. Der teilweise grosse Blöcke enthaltende Gehängeschutt B ist mit zunehmender Tiefe rasch mitteldicht (ab ~ 2.5 m) bis dicht gelagert (ab ~ 4.0 m). Die Blockmauern der Ausweichstellen waren mehrheitlich 2.5 m tief im Gehängeschutt B fundiert. An der Strassenoberfläche sind in den Ausweichstellen keine Belagsschäden zu erkennen (Anhang 8). Die Schicht B kann ab einer Tiefe von 3 - 4 m für das Abtragen von Streifenlasten als geeignet angenommen werden. Die Aufschüttung A ist für Foundationen nicht geeignet.

## 4.2 Baugruben

- Das steile Gelände verfügt kaum über eine nennenswerte Stabilitätsreserve. Unabhängig der auftretenden Bodenschichten sind für Baugruben voraussichtlich **Baugrubensicherungen C** erforderlich.
- In den Schichten B bis C kann für **Ankerkräfte** ungespannter Anker von einem äusseren Tragwiderstand in der Verankerungsstrecke von  $R_a = 35 \text{ kN/m'}$  und für die Schicht D von  $R_a = 45 \text{ kN/m'}$  ausgegangen werden. Für vorgespannte Anker kann ein um Faktor 2.0 – 2.5 höherer Wert angenommen werden. Verlässliche Werte ergeben entsprechende Ankerversuche (SIA 267/1).
- Für den äusseren Tragwiderstand ungespannter Anker kann im **Fels D** von  $R_a = 80 \text{ kN/m'}$  ausgegangen werden.

## 4.3 Geländeinstabilitäten

- In den gemäss [5] angegebenen, potentiell instabilen Zonen der Querprofile 390 – 420 und 670 – 820 werden die **Inklinometermessungen** weisen, ob und in welchem Ausmass mit Geländeverschiebungen gerechnet werden muss. Gemäss der INSAR Daten sind keine Hangverschiebungen registriert.

## 4.4 Erdbebengefährdung

- Das Bauvorhaben liegt in der Erdbeben Zone 2. Der Baugrund kann gemäss SIA Norm 261 der Klasse C zugeordnet werden.

## 4.5 Felsabtrag

### 4.5.1 Allgemeines

- Zwischen den QP 310 und QP 460 sind für die bergseitige Strassenverlegung bis maximal 10 m hohe Felsabträge vorgesehenen. Im Anhang 8 sind in den beiden Felsrippen die Querprofile mit den höchsten Felsabträgen aufgezeichnet [4]. Die Abträge sind von der bestehenden Strassenachse aus schleichend bis hin zu einer maximalen **Abtragstiefe** von ~ 11 m vorgesehen. Es ist eine Abtragsneigung von 3:1 geplant (70°).
- Beim Felsen handelt es sich durchwegs um **Sprengfels**. Die Schiefer und Phyllite können mit dem Spitzhammer abgebaut werden. Die massigen Gneise sind hierfür wenig geeignet. Bei Sprengarbeiten ist auf die umliegende Infrastruktur durch entsprechende Vorsichtsmassnahme Rücksicht zu nehmen (MGB). Über dem Felsen liegt lokal eine wenige dm starke Deckschicht oder Moräne.
- Das mit 70° - 90° fast durchwegs steil sehende **Felstrennflächensystem** liegt für einen Felsabtrag günstig (Abschnitt 3.8.2). Mit einer vorgesehenen Abtragsneigung von 70° werden die Trennflächen kaum unterschritten (Anhang 8). Lediglich in den NE-SW und SE-NW verlaufenden Anschnitten sind die Schieferung S2 bzw. die Klüftung K1 zur Strasse hin geneigt. In den übrigen Anschnitten verlaufen die Trennflächen quer zur Strassenachse oder sind bergwärts einfallend, was das Ausbrechen von Klüftkörpern aus einem Felsanschnitt kaum zulässt.
- Bis zu der vorgesehenen Abtragshöhe von 10 m sind für den Endzustand aus ingenieurgeologischer Sicht keine **Bermen** erforderlich.
- Der Felsen ist standfest. Angesichts des günstigen Felstrennflächensystems sind beim vorgesehenen Felsabtrag weder für den Bau- noch für den Endzustand kaum **Felssi-**

**cherungen** erforderlich. Lokal kann vereinzelt der Einsatz kurzer, ungespannter Anker von 3 - 4 m Länge zur Sicherung ungünstiger Klufkörper erforderlich werden.

- Die Schiefer und Phyllite sind stark erosionsempfindlich. Falls zur Strasse hin kein ausreichender **Fallraum** besteht, kann an diesen Stellen angesichts der Unübersichtlichkeit der Strasse, für den Endzustand ein nach unten geöffneter **Netzvorhang** mit Distanzhaltern zweckmässig sein. Im Bereich der Gneise und Schiefergneise besteht über die Nutzungsdauer keine nennenswerte Steinschlaggefährdung.

#### 4.5.2 Bauausführung

- Der **Verkehr** muss während der Abtragsarbeiten auf die Talspur verlegt und kann nur einspurig geführt werden.
- Die Verkehrsspur ist mit einer temporären **Schutzwand** von der Baustelle abzutrennen und zu schützen. Die Höhe und Stärke der Schutzwand ist dem Abbaukonzept des Unternehmers anzupassen.
- Bei einem von oben nach unten ausgeführten Felsabtrag ist eine vorgängige **Felssäuberung** des heutigen Anschnitts nicht erforderlich. Oberhalb der Arbeitsberme soll die Felsböschung je Etappe laufend maschinell und von Hand gesäubert werden, um den spontanen Steinschlag aus der Wand nach deren Fertigstellung zu minimieren.
- Ein profilgetreuer Felsabtrag erfordert ein **sachgemässes Sprengen**, welches auch allen übrigen, sicherheitsrelevanten Aspekten Rechnung zu tragen hat (Verkehr, MGB, Hochspannungsleitung, etc.). Die zulässigen Bohrtiefen, -Abstände und Lademengen können durch Testsprengungen ermittelt werden.
- Ein **maschineller Felsabtrag** erscheint bei diesen meist massigen Gneisen und angesichts der grossen Abtragskubaturen als wenig geeignet, da damit kaum eine wirtschaftliche Leistung erzielt werden kann.
- Der Abtrag der beiden Felsrippen kann von dem heutigen Ausstellplatz aus mit beidseitig seitlich ansteigenden Rampen angefahren werden. Eine minimale Breite der **Arbeitsberme** von 2.5 m ist einzuhalten. Die zweckmässige Bermenhöhe kann auf der Basis der maschinellen Gerätschaften oder dem Sprengkonzept des Unternehmers gewählt werden. Aus ingenieurgeologischer Sicht gibt es keine Einschränkungen.
- Die maximale **Blockgrösse** des Felsabtrags (Stückigkeit) soll aus Sicherheitsgründen auf 1.0 m<sup>3</sup> beschränkt werden.

#### 4.5.3 Arbeitssicherheit

- Die Gneise sind **quarzhaltig**. Bei Arbeiten die Staub entwickeln sind die Arbeiter vor diesem zu schützen. Ob in den vereinzelt auftretenden Amphibolit Linsen Asbestminerale auftreten ist nicht bekannt. Falls Amphibolite angefahren werden, empfehlen wir mittels Staubmessungen das Auftreten von **Asbest** zu überprüfen.
- Wo Arbeiten nicht maschinell von den Arbeitsbermen aus erfolgen können, ist in der Felsböschung ein **Arbeiten am Seil** erforderlich.
- Während der Sprengarbeiten ist der **Verkehr** entsprechend zu regeln.

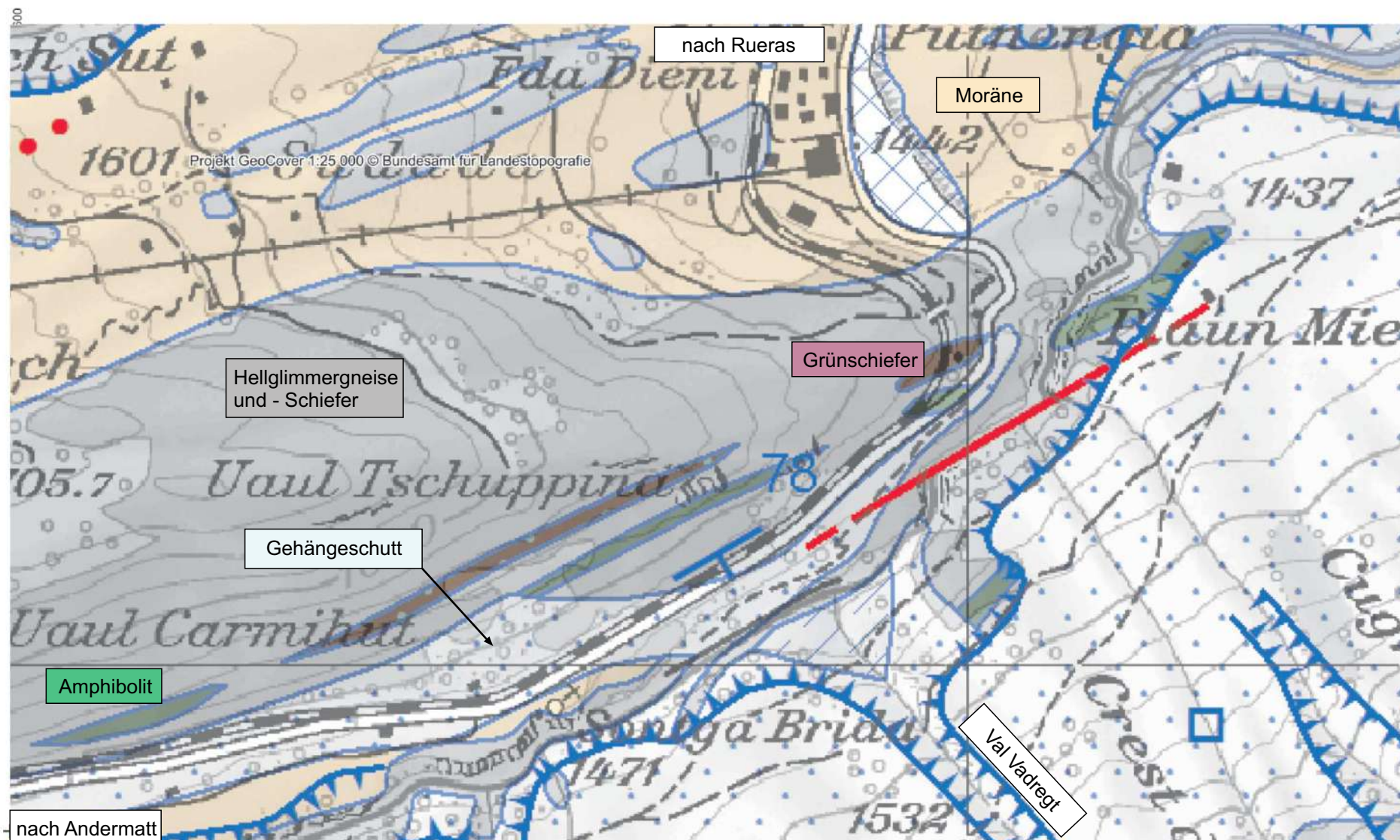
#### 4.5.4 Wiederverwertbarkeit

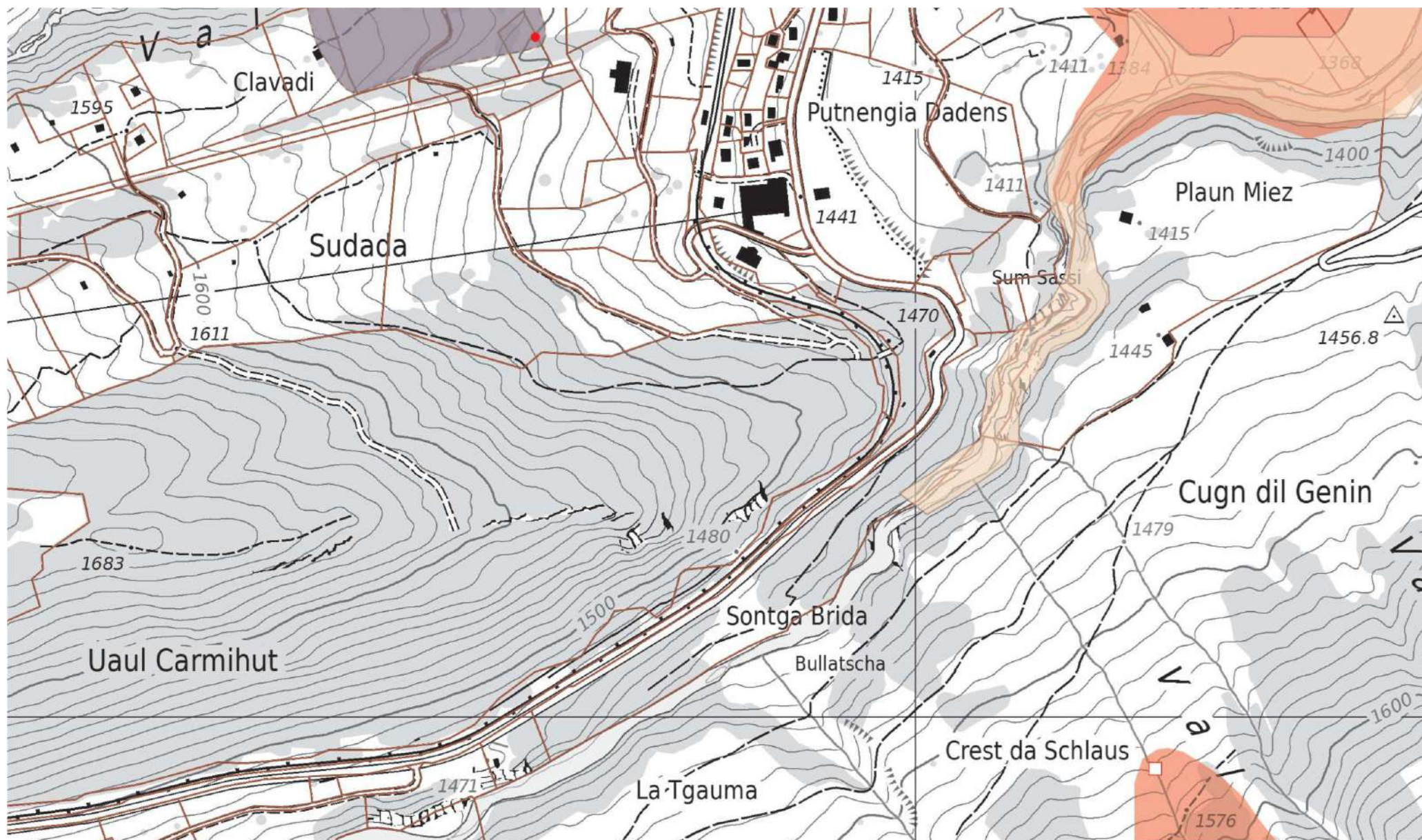
- Die Gneise und Schiefergneise sind für die **Aufbereitung** für Gesteinskörnungen ungebundener Gemische geeignet.
- Eine geeignete Körnung vorausgesetzt, sind alle Gesteine mit Ausnahme der Phyllite für verdichtete **Schüttungen** des Strassenbaus verwendbar.

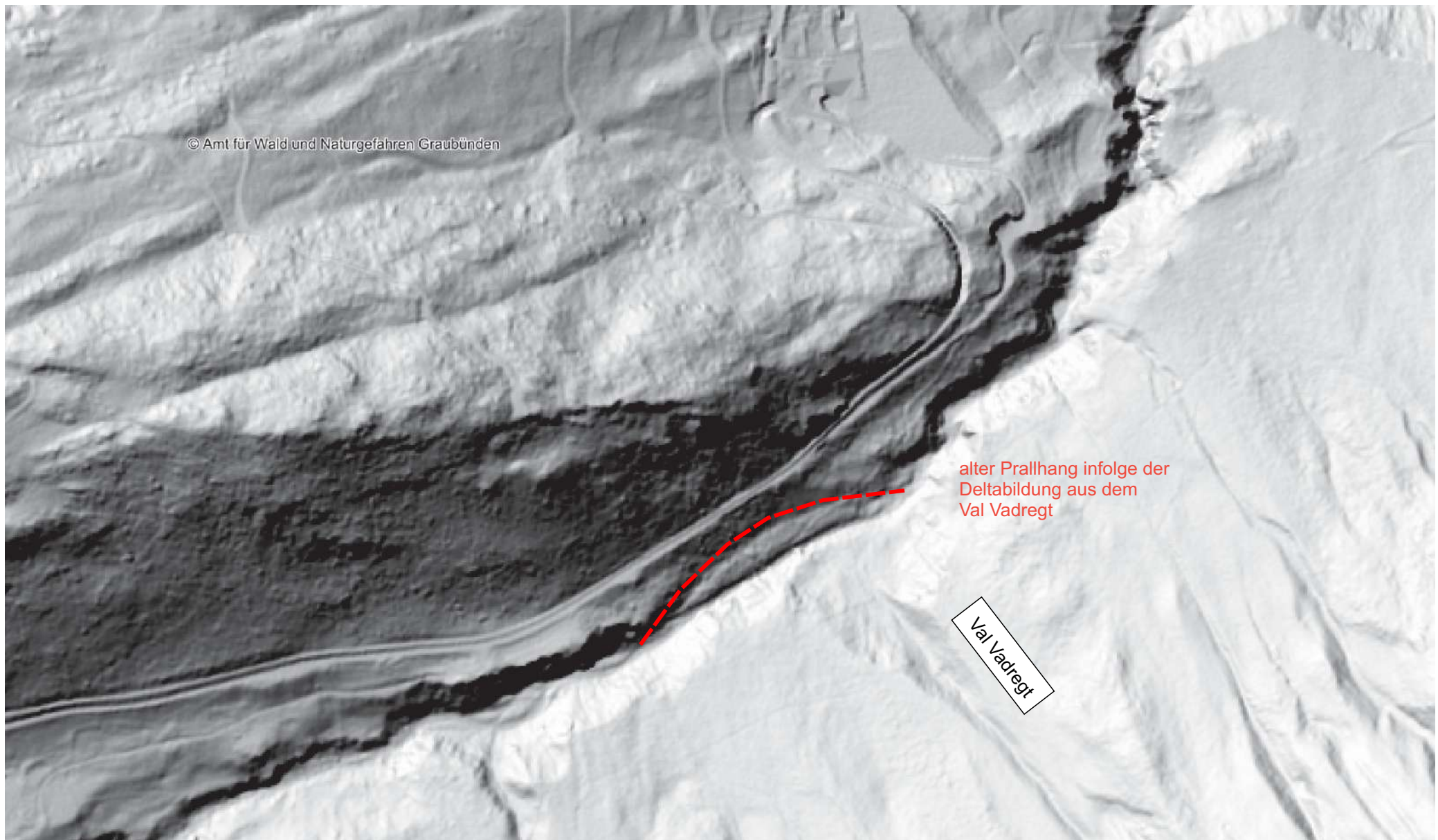
BauGrundRisk GmbH



Dr. Ruedi Krähenbühl

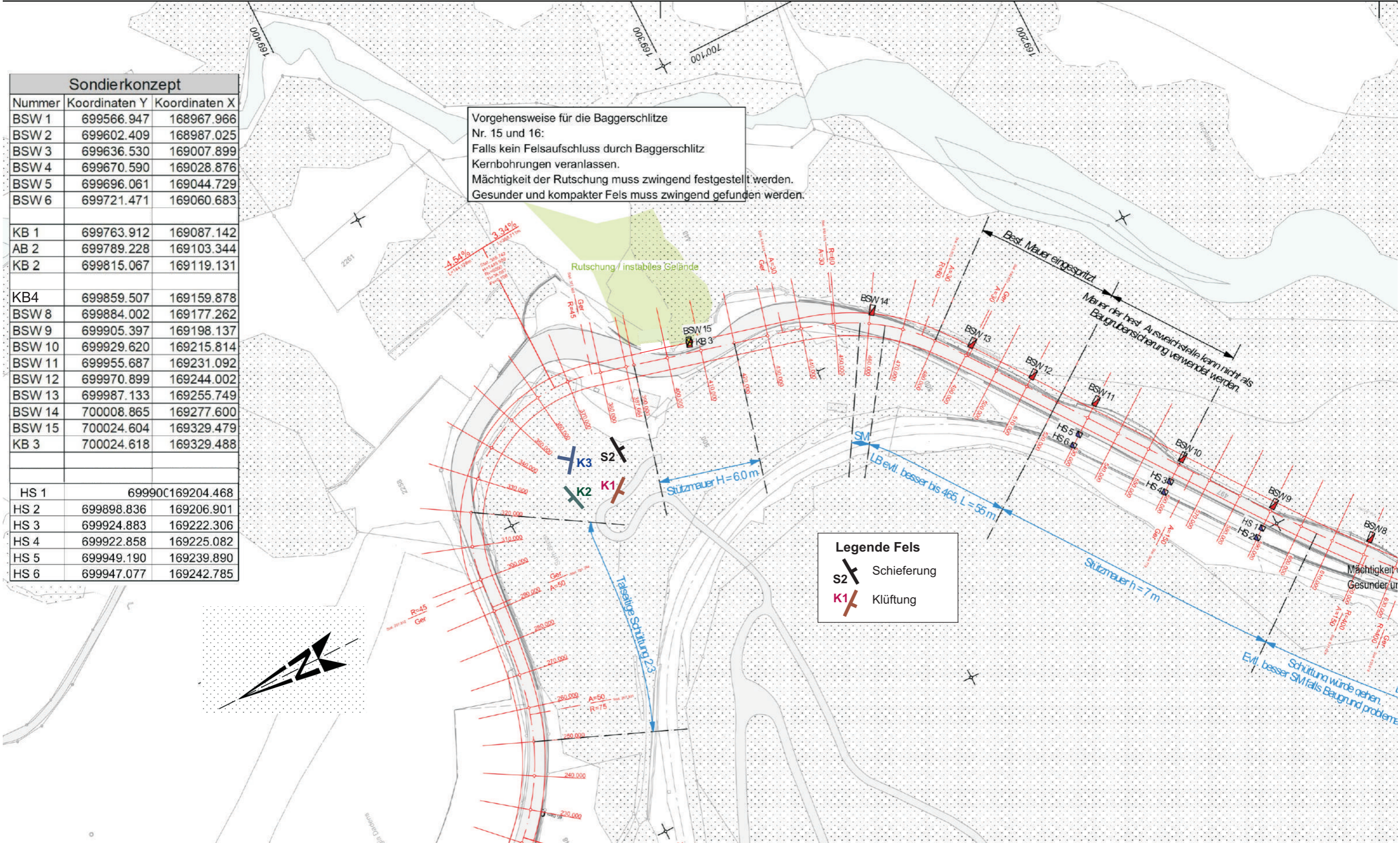


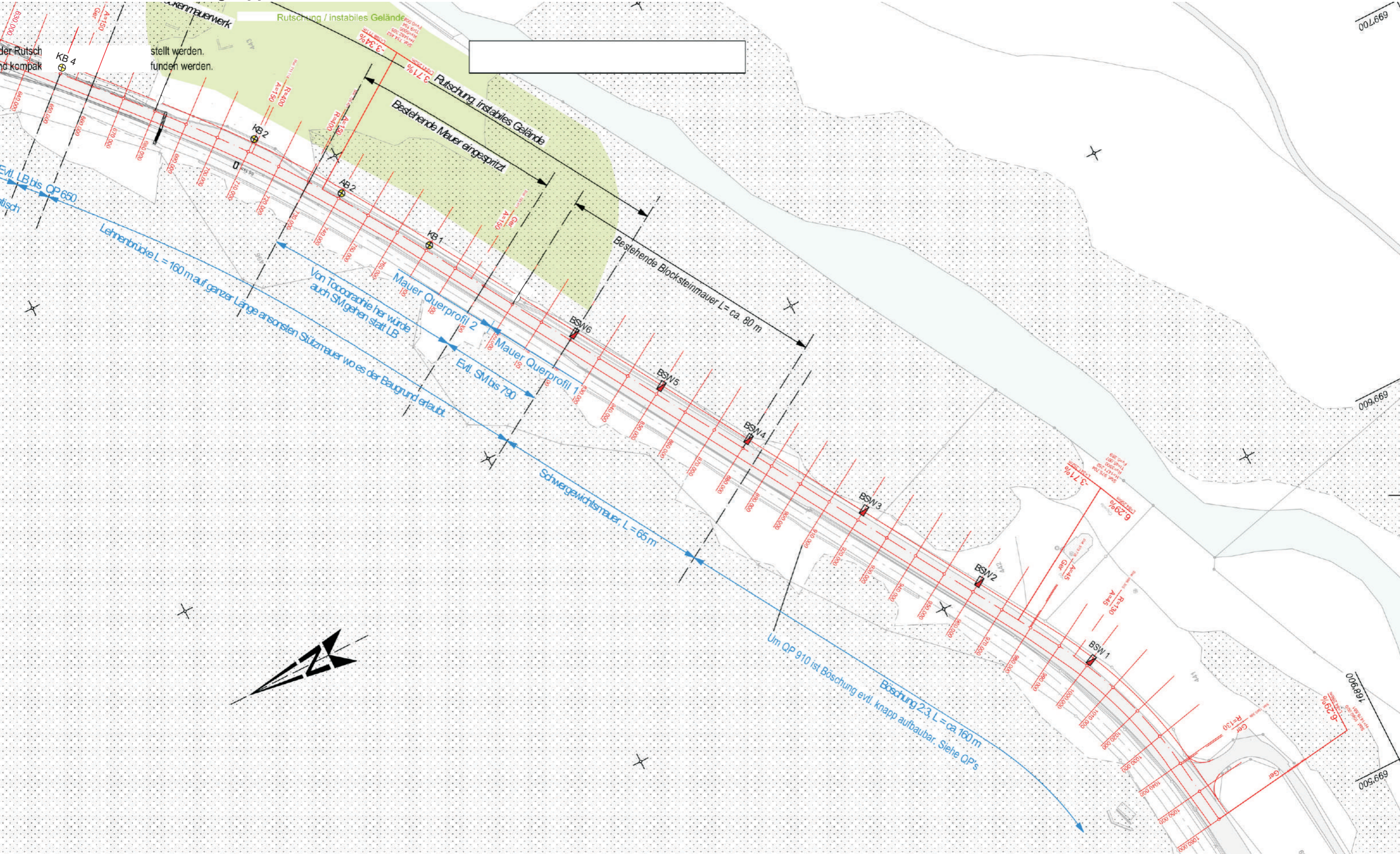




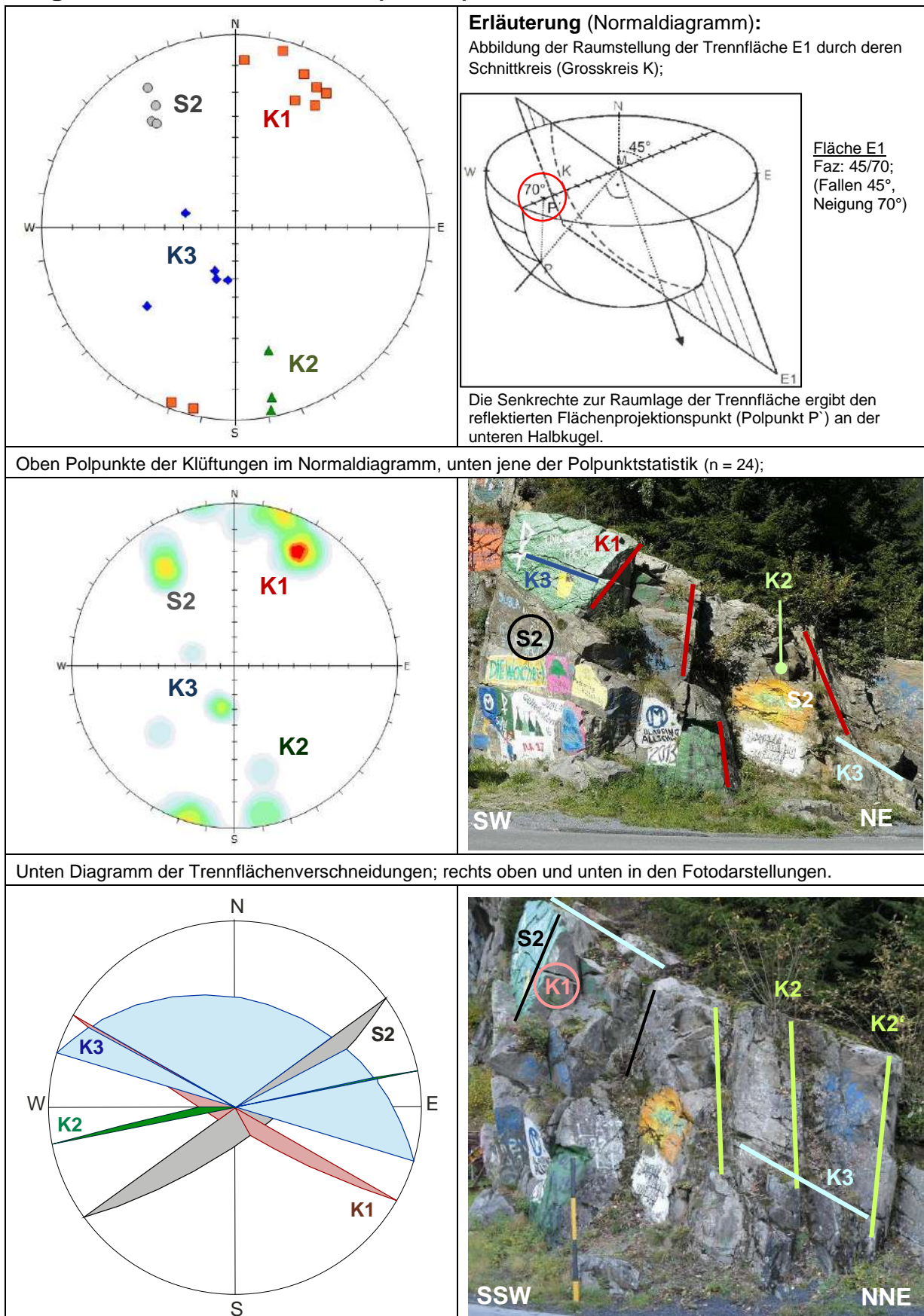
Sondierkonzept		
Nummer	Koordinaten Y	Koordinaten X
BSW 1	699566.947	168967.966
BSW 2	699602.409	168987.025
BSW 3	699636.530	169007.899
BSW 4	699670.590	169028.876
BSW 5	699696.061	169044.729
BSW 6	699721.471	169060.683
KB 1	699763.912	169087.142
AB 2	699789.228	169103.344
KB 2	699815.067	169119.131
KB4	699859.507	169159.878
BSW 8	699884.002	169177.262
BSW 9	699905.397	169198.137
BSW 10	699929.620	169215.814
BSW 11	699955.687	169231.092
BSW 12	699970.899	169244.002
BSW 13	699987.133	169255.749
BSW 14	700008.865	169277.600
BSW 15	700024.604	169329.479
KB 3	700024.618	169329.488
HS 1	69990C169204.468	
HS 2	699898.836	169206.901
HS 3	699924.883	169222.306
HS 4	699922.858	169225.082
HS 5	699949.190	169239.890
HS 6	699947.077	169242.785

Vorgehensweise für die Baggerschlitz  
Nr. 15 und 16:  
Falls kein Felsaufschluss durch Baggerschlitz  
Kernbohrungen veranlassen.  
Mächtigkeit der Rutschung muss zwingend festgestellt werden.  
Gesunder und kompakter Fels muss zwingend gefunden werden.

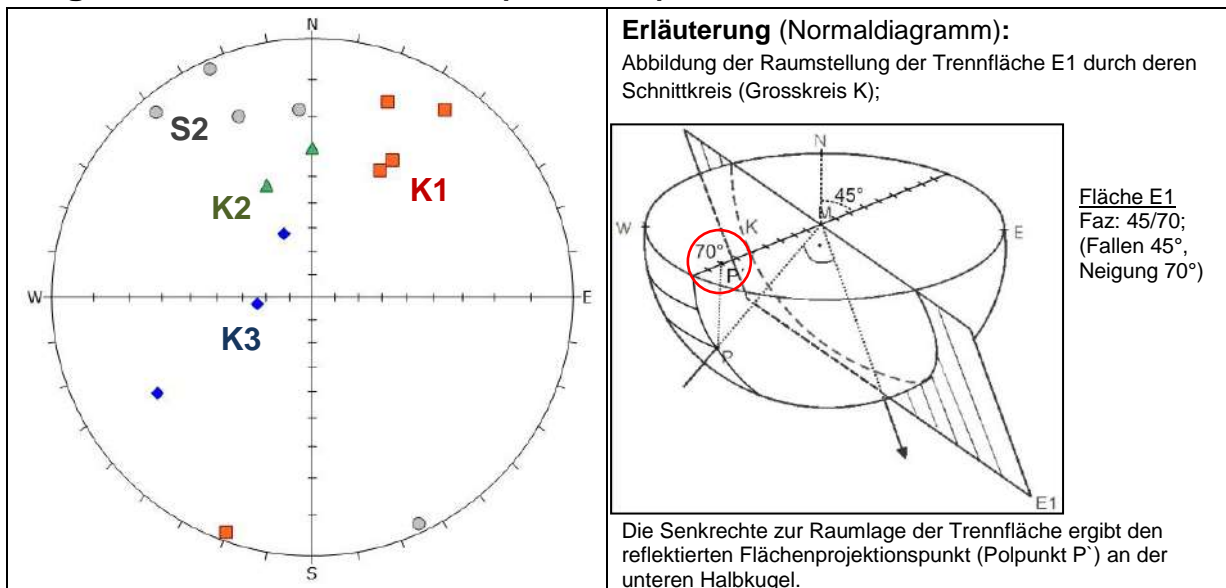




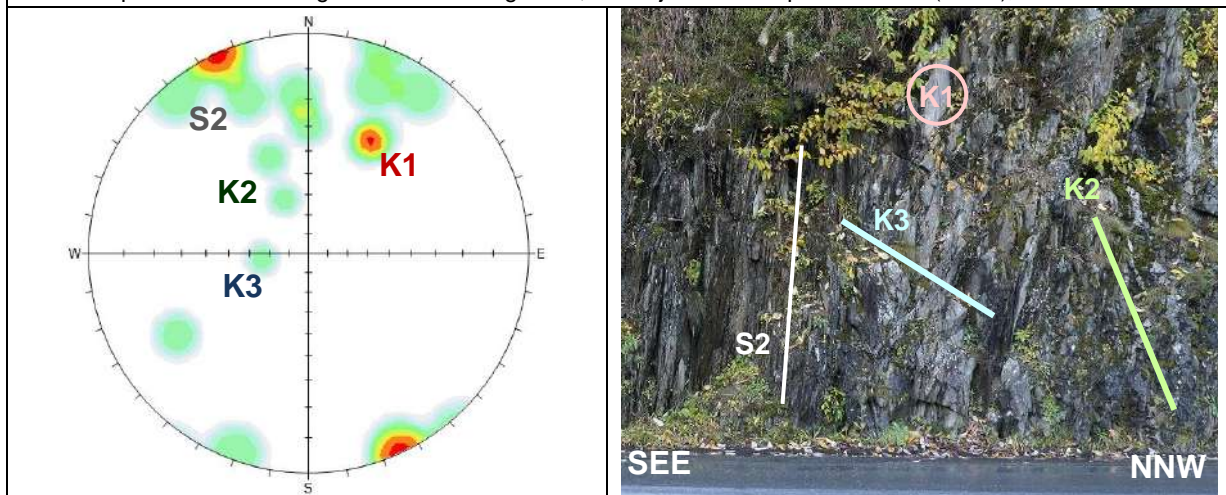
H19 Oberalpstrasse, Dieni – Sta. Brida

**Lage der Felstrennflächen (Gneis)**

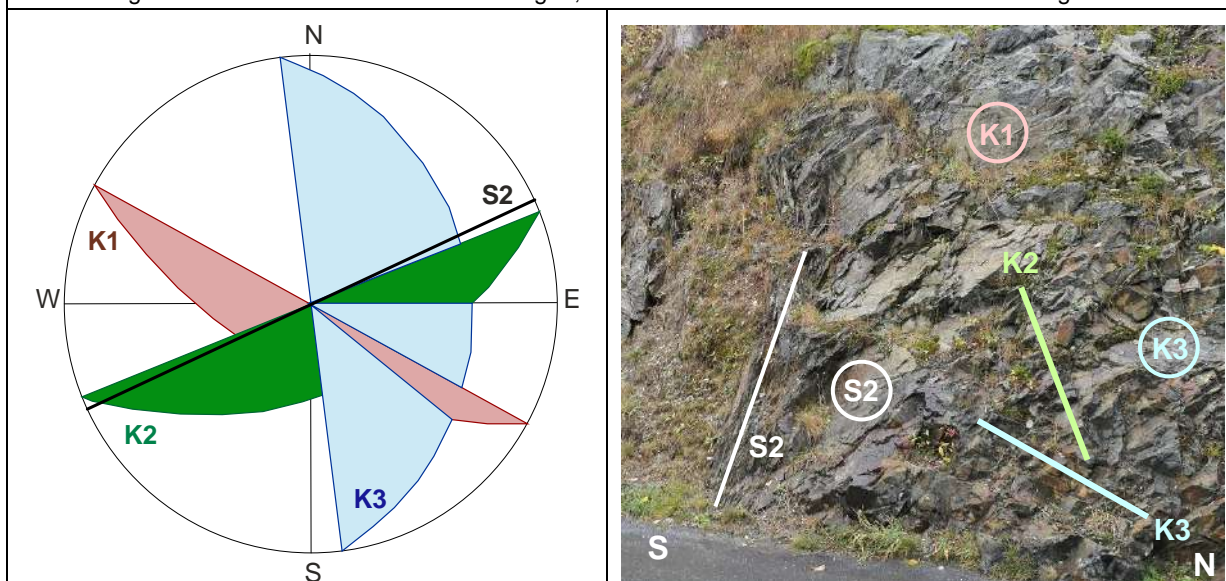
H19 Oberalpstrasse, Dieni – Sta. Brida

**Lage der Felstrennflächen (Schiefer)**

Oben Polpunkte der Klüftungen im Normaldiagramm, unten jene der Polpunktstatistik (n = 14);



Unten Diagramm der Trennflächenverschnitten; rechts oben und unten in den Fotodarstellungen.


















Dieni / Rueras					Sondierbohrung KB 1		Anhang		3.1	
Projekt:		Strassenkorrektion Dieni - Sta. Brida			Bericht	1909363 -1		Chur, 21.01.2020		
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden			Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'763.912/169'087.142			Datum:	04./05.11.2019		11.11.2019		
Höhe:		1460.0	m.ü.M		Firma:	CrestaGeo AG		BauGrundRisk GmbH		
Einbau:		Piezometer:	Ø:	-	Zoll	Bohrmeister:	Enrico Sciuchettii		Dr. R. Krähenbühl	
		Inklinometer:	Ø:	85	mm	Bohrart:	Kernbohrung		Ø:	168/145
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Bohrprofil			Geologie	Einbau	Wasser		
0.0	Mst.:	1:100	Beschreibung Bohrgut							
0.3		0.3	Tonig-siltiger Sand, humos, locker, dunkelbraun			DS				
3.1		2.8	Leicht tonig-siltiger Kiessand mit Wurzelresten, locker bis mittel dicht, dunkelbraun			Gehängeschutt				
4.9		1.8	Leicht tonig-siltiger Sand mit wenig Kies und viel Steinen, Komponenten kantig, mittel dicht bis dicht, braun				Inklinometerrohr d = 85 mm	keine Wasserzutritte		
6.0		1.1	Block, grau, hart							
7.4		1.4	Leicht tonig-siltiger Kiessand, reichlich Steine einzelne Blöcke, kantig bis kantengerundet, dicht, grau-grün							
10.9		3.5	Leicht tonig-siltiger Kiessand, reichlich Steine kantig bis kantengerundet, kompakt, dicht, beige-braun			Moräne				
12.0		1.1	Schiefer, hart, grau-braun			Fels verwittert				
13.0		1.0	Schiefergneis, hart, grau			Fels				








DS: Deckschicht



Dieni / Rueras					Sondierbohrung KB 2		Anhang		3.2	
Projekt:		Strassenkorrektio Dieni - Sta. Brida			Bericht	1909363 -1		Chur, 21.01.2020		
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden			Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'815.067/169'119.131			Datum:	07. - 12.11.2019		11.11.2019		
Höhe:		1459.9	m.ü.M		Firma:	CrestaGeo AG		BauGrundRisk GmbH		
Einbau:		Piezometer:	Ø:	-	Zoll	Bohrmeister:	Enrico Sciuchettii		Dr. R. Krähenbühl	
		Inklinometer:	Ø:	85	mm	Bohrart:	Kernbohrung		Ø:	168/145
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Bohrprofil			Geologie	Einbau	Wasser		
0.0	Mst.:	1:100	Beschreibung Bohrgut							
0.3		0.3	Tonig-siltiger Sand, humos, locker, dunkelbraun			DS				
			Leicht tonig-siltiger Kiessand, reichlich Steine, kantig, locker bis dicht, dunkelbraun			Gehängeschutt				
3.6		3.3								
4.1		0.5	Block, grau, hart							
4.6		0.5	wie 0.3 - 3.6 m, dicht							
5.1		0.5	Block, grau, hart							
						Moräne			<div>keine Wasserzutritte</div> 	
			Leicht tonig-siltiger Kiessand mit einem wechselnden Anteil an Steinen, wenig Blöcke, kantig bis kantengerundet, z.T. kompakt, dicht, grau, beige, braun							
15.2		10.1								
15.7		0.5	Block, grau, hart							
			wie 5.1 - 15.2 m, dicht, beige							
18.8		3.1								
19.2		0.4	Block, grau, hart							
20.0		0.8	wie 5.1 - 15.2 m, dicht, beige							


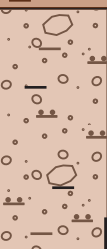

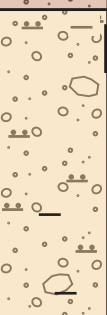



DS: Deckschicht




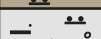




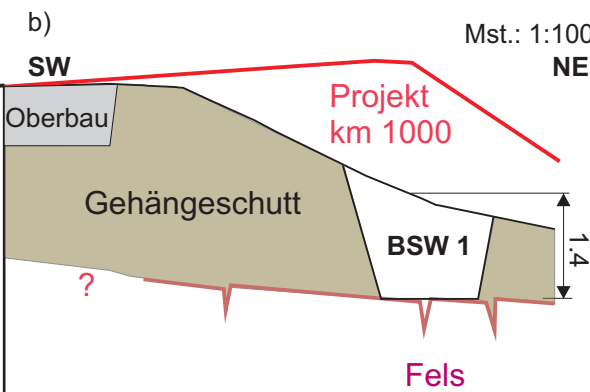
Dieni / Rueras				Sondierbohrung KB 3		Anhang	3.3
Projekt: Strassenkorrektion Dieni - Sta. Brida				Bericht	1909363 -1	Chur, 21.01.2020	
Bauherr:	Tiefbauamt Graubünden			Ausführung		Aufnahme	
Koordinate:	700'024.618/169'329.488			Datum:	14.11.2019	20.11.2019	
Höhe:	1449.4	m.ü.M		Firma:	CrestaGeo AG	BauGrundRisk GmbH	
Einbau:	Piezometer:	Ø:	-	Zoll	Bohrmeister:	Enrico Sciuchettii	Dr. R. Krähenbühl
	Inklinometer:	Ø:	85	mm	Bohrart:	Kernbohrung	Ø: 168/145/116 mm
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Bohrprofil		Geologie	Einbau	Wasser
0.0	Mst.:	1:100	Beschreibung Bohrgut				
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich, dunkelbraun		DS		
5.1		4.8	Leicht tonig-siltiger Kiessand mit reichlich Steinen, Komponenten kantig, z.T. mit Holz- und Ziegelresten, locker bis dicht, dunkelbraun		Aufschüttung	Inklinometerrohr d = 85 mm keine Wasserzutritte	
5.7		0.6	Siltiger Kies, wenig Steine, dicht, beige		Mo		
9.0		3.3	Gneis, hart, grau		Fels		




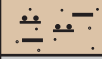
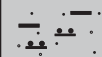



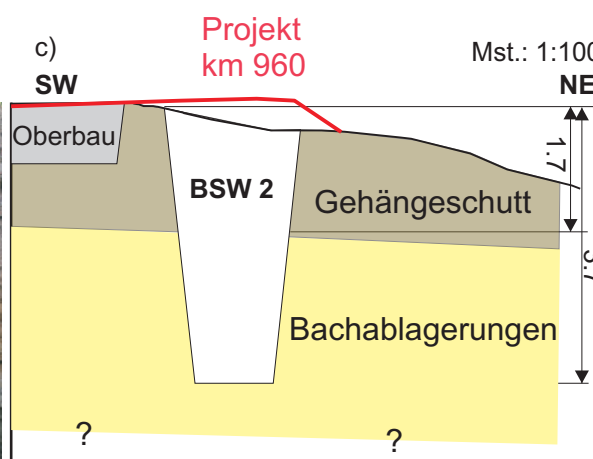
DS: Deckschicht, Mo: Moräne



Dieni / Rueras					Sondierbohrung KB 4		Anhang		3.4	
Projekt:		Strassenkorrektion Dieni - Sta. Brida			Bericht	1909363 -1		Chur, 21.01.2020		
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden			Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'859.507/169'159.878			Datum:	20./21.11.2019		20.11.2019		
Höhe:		1457.9	m.ü.M		Firma:	CrestaGeo AG		BauGrundRisk GmbH		
Einbau:		Piezometer:	Ø:	-	Zoll	Bohrmeister:	Enrico Sciuchettii		Dr. R. Krähenbühl	
		Inklinometer:	Ø:	-	mm	Bohrart:	Kernbohrung		Ø:	168/145
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Bohrprofil				Geologie	Einbau	Wasser	
0.0	Mst.:	1:100	Beschreibung Bohrgut							
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich, dunkelbraun				DS			
			Leicht tonig-siltiger Kiessand mit reichlich Steinen, einzelne Blöcke d <sub>max.</sub> = 0.3 m, Komponenten kantig bis kantengerundet, locker bis mittel dicht, braun				Gehängeschutt			
3.9		3.6								
			Leicht tonig-siltiger Kiessand mit wenig Steinen, einzelne Blöcke, d <sub>max.</sub> = 0.5 m, Komponenten kantig bis kantengerundet, z.T. kompakt, dicht, beige, Probe KB 4, 4-6m, (USCS: SM)				Moräne		keine Wasserzutritte	
8.0		4.1								
10.0		2.0	Block, hart, grau							

DS: Deckschicht

H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 1		Anhang	4.1		
Projekt: Strassenkorrektion Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden	Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'566.947/ 168'967.966		Datum:	22.10.2019	22.10.2019		
Höhe:		~ 1471.2	m.ü.M	Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl		
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.:	1:50	Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
0.8		0.5	Tonig-siltige Sande mit wenig Kies (eckig), wasserführend, locker, beige, grau			Gehängeschutt		
1.4		0.6	Leicht tonig-siltige Kiessande mit reichlich Steinen und einzelnen Blöcken, d <sub>max.</sub> = 0.3 m, (kantengerundet bis angerundet), wasserführend, locker, braunbeige					
			Gneis, hart, grau			Fels		
DS: Deckschicht								
<div><div><div>a)</div></div><div><div>b)</div></div></div>								
a) Baggerschlitz endet auf dem Fels (Kratzspuren); b) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.								

H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 2		Anhang	4.2		
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden	Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'602.409/ 168'987.025	Datum:	22.10.2019	22.10.2019			
Höhe:		~ 1470.5 m.ü.M	Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl			
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.:	1:50	Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
0.8		0.5	Steine (eckig) mit siltigem Kiessand, locker, braun			Gehängeschutt		
1.2		0.4	Tonig-siltige Sande mit wenig Kies (eckig), locker, hellbraun					
1.7		0.5	Tonig-siltige Sande mit wenig Kies (eckig bis angerundet), wasserführend, locker, hellbraun					
3.7		2.0	Siltige Kiessande mit reichlich Steinen und wenig Blöcken dmax. = 0.5 m, (angerundet bis rund), mittel dicht, braunbeige			Bachablagerungen		
DS: Deckschicht								
								
a) Ausgehobenes Material mit angerundeten bis runden Komponenten; b) Baggerschlitz endet in den Bachablagerungen; c) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.								

c)

SW NE

Projekt  
km 920

Mst.: 1:100

Oberbau

BSW 3




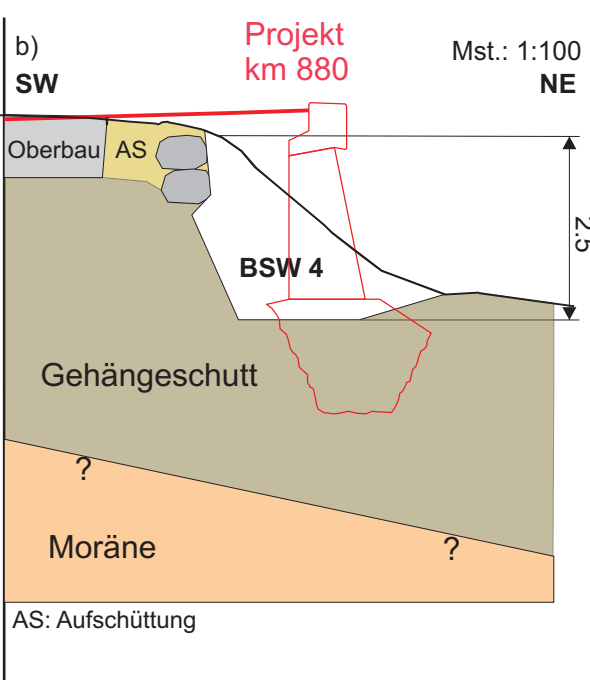
Gehängeschutt




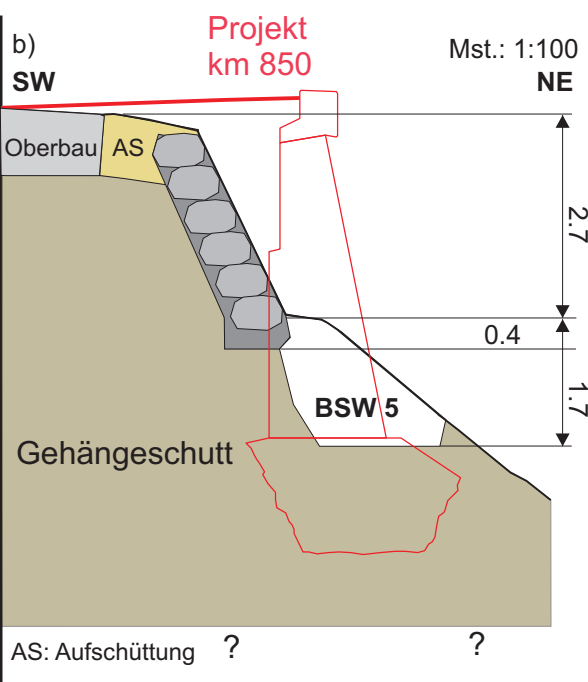
Moräne

4.6

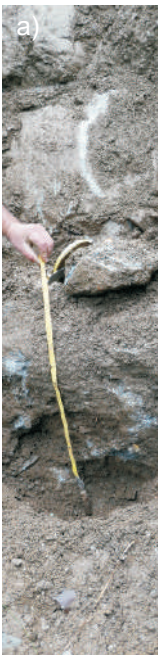
?

?


H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 4		Anhang	4.4		
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden	Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'670.590/ 169'028.876	Datum:	22.10.2019	22.10.2019			
Höhe:		~ 1467.2 m.ü.M	Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl			
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.:	1:50	Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
			Leicht tonig-siltige Kiessande mit reichlich Steinen und Blöcken dmax. = 1.0 m (eckig), locker bis mittel dicht, braun (Blockmauer war ohne Fundament, stürzte ein, daher konnte Schlitz nicht weiter abgeteuft werden)			Gehängeschutt	keine Wasserzutritte	
2.5		2.2						
DS: Deckschicht								
<div><div><div>a)</div><div></div></div><div><div>b)</div><div></div></div></div>								
a) Baggerschlitz endet im Gehängeschutt; oben rechts im Bild verbliebene Blöcke der Blocksteinmauer; b) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.								

H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 5		Anhang	4.5		
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden	Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'696.061/ 169'044.729	Datum:	23.10.2019	23.10.2019			
Höhe:		~ 1463.8 m.ü.M	Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl			
Tiefe [m]	Signatur	Stärke [m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.: 1:50		Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
1.7		1.4	Leicht tonig-siltige Kiessande mit viel Steinen und einzelnen Blöcken dmax. = 0.3 m (eckig), locker bis mittel dicht, braun (Material rollig, Schlitz fällt laufend zusammen)			Gehängeschutt	keine Wasserzutritte	
DS: Deckschicht								
<div><div><p>a)</p></div><div><p>b)</p><p>Projekt km 850</p><p>AS: Aufschüttung ? ?</p></div></div>								
a) Baggerschlitz endet im Gehängeschutt; b) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.								

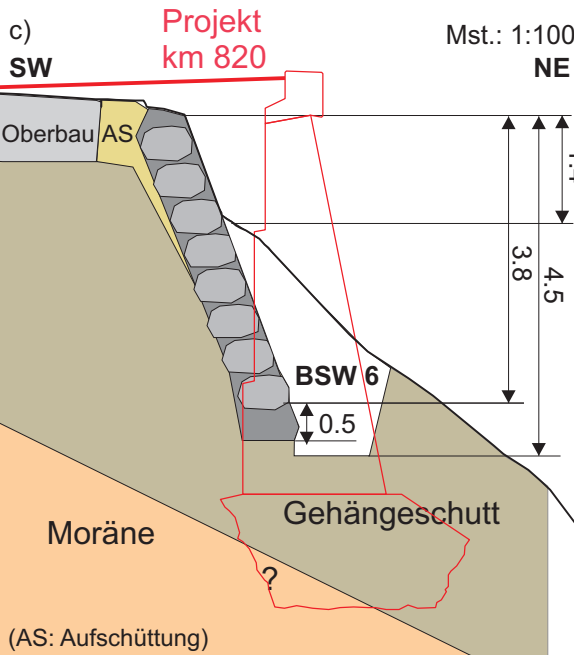
H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 6		Anhang	4.6		
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden		Ausführung		Aufnahme		
Koordinate:		699'721.471/ 169'060.683		Datum:	22.10.2019	22.10.2019		
Höhe:		~ 1463.8 m.ü.M		Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl		
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.:	1:50	Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
4.5		4.2	Leicht tonig-siltige Kiessande mit viel Steinen und einzelnen Blöcken dmax. = 0.3 m (eckig), locker bis dicht, braun  DS: Deckschicht			Gehängeschutt	keine Wasserzutritte	



a)



b)



c)

a) Fundament der bestehenden Blockmauer von 0.5 m Stärke; b) Baggerschlitz endet im Gehängeschutt; c) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.

a) Fundament der bestehenden Blockmauer ist zweiteilig; b) Baggerschlitz endet im Gehängeschutt; c) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.

a) Aushub aus Sondierung mit einzelnen Blöcken; b) Baggerschlitz endet im Gehängeschutt; c) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.

c)

SW

Projekt km 560

Mst.: 1:100

NE

Oberbau

BSW 10


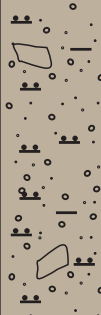


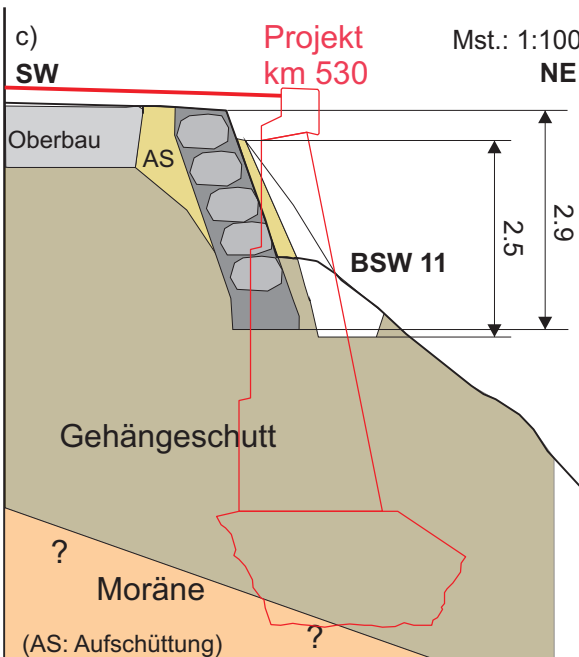
2.6


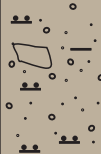

Gehängeschutt

Moräne


?

(AS: Aufschüttung)


H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 11		Anhang	4.10		
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden	Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		699'955.687/ 169'231.092		Datum:	24.10.2019	24.10.2019		
Höhe:		~ 1453.2	m.ü.M	Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl		
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.:	1:50	Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
2.5		2.2	Leicht tonig-siltiger Kiessand, reichlich Steine, einzelne Blöcke (eckig), locker bis mittel dicht, braun			Gehängeschutt	keine Wasserzutritte	
DS: Deckschicht								
<div><div><div>a)</div></div><div><div>b)</div></div><div><div>c)</div></div></div>								

H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 12		Anhang	4.11		
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr: Tiefbauamt Graubünden			Ausführung		Aufnahme			
Koordinate: 699'970.899/ 169'244.002			Datum:	24.10.2019	24.10.2019			
Höhe: ~ 1449.8 m.ü.M			Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl			
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.:	1:50	Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
1.3		1.0	Leicht tonig-siltiger Kiessand, reichlich Steine, einzelne Blöcke d <sub>max.</sub> = 1.5 m (eckig), locker bis mittel dicht, braun			Gehänge-schutt	keine Wasserzutritte	
			Gneis, hart, grau			Fels		

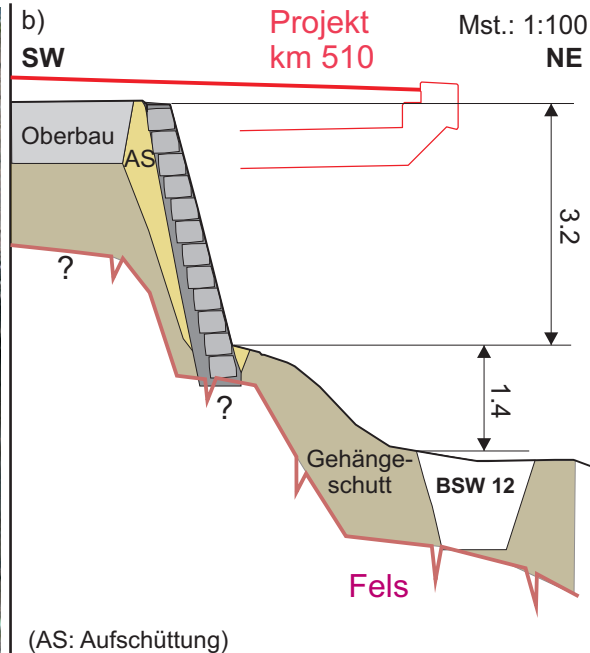
**DS: Deckschicht**



a)




b)



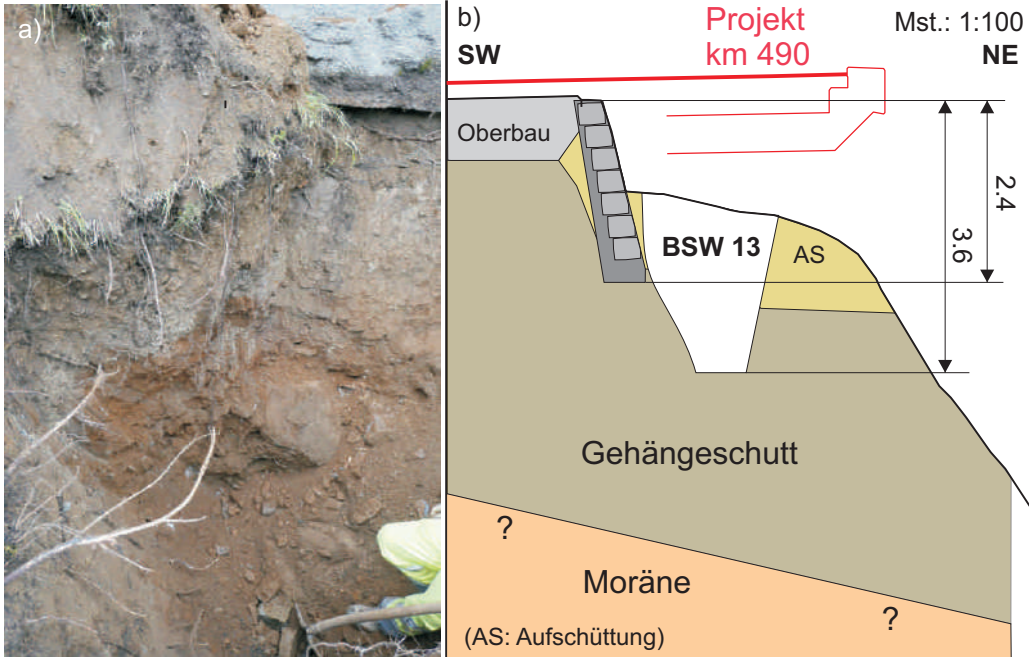
(AS: Aufschüttung)

a) Unter dem Gehängeschutt folgt der Fels; b) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.

H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 13		Anhang	4.12
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020	
<b>Bauherr:</b> Tiefbauamt Graubünden			<b>Ausführung</b>		<b>Aufnahme</b>	
Koordinate: 699'987.133 / 169'255.749			Datum:	23.10.2019	23.10.2019	
Höhe: ~ 1452.5 m.ü.M.			Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhöhl	
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie Wasser Proben
0.0	Mst.: 1:50		Geotechnische Beschreibung			
1.0		1.0	Leicht siltiger Kiessand, reichlich Steine, eckig bis angerundet, locker bis mittel dicht, grau			Aufschüttung
2.4		1.4	Leicht tong-siltiger Kiessand, reichlich Steine, einzelne Blöcke d <sub>max.</sub> = 0.4 m (eckig bis angerundet), locker bis mittel dicht, braun			Gehängeschutt  keine Wasserzutritte





























a) Der Sondierschlitz endet im Gehängeschutt;

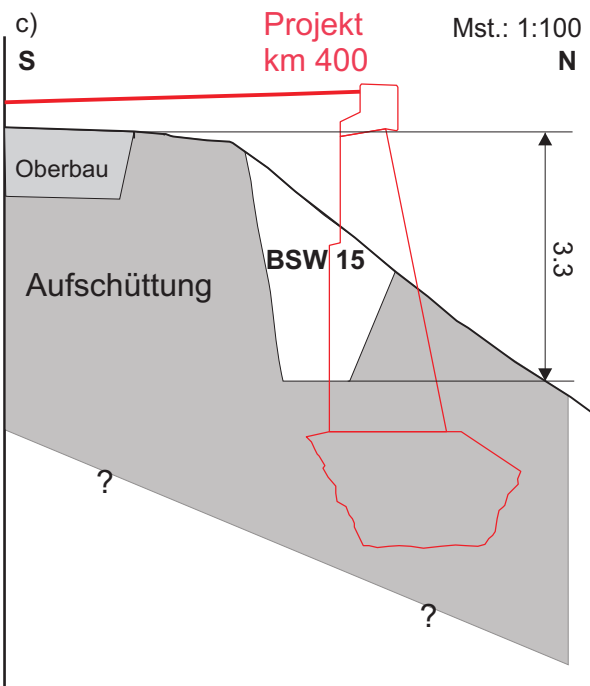




b) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.  
 The diagram shows a cross-section from SW to NE at a scale of 1:100. It identifies the 'Oberbau' (road construction) area, the 'BSW 13' borehole, and the 'AS' (Aufschüttung) or filling material. Below these are layers of 'Gehängeschutt' (hanging soil) and 'Moräne' (moraine). Dimensions indicate a depth of 2.4m to the AS layer and 3.6m to the moraine layer. A red line marks the 'Projekt km 490' location.



H19 Oberalpstrasse			Sondierschlitz BSW 15		Anhang	4.14		
Projekt: Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida, km 63.8 - 64.9			Bericht	1909363-1	Chur, 21.01.2020			
Bauherr:		Tiefbauamt Graubünden	Ausführung		Aufnahme			
Koordinate:		700'026.402/ 169'336.057	Datum:	24.10.2019	24.10.2019			
Höhe:		~ 1450.5 m.ü.M	Firma:	Loretz AG	Dr. R. Krähenhühl			
Tiefe [m]	Signatur	Stärke[m]	Aufzeichnung Sondierschlitz			Geologie	Wasser	Proben
0.0	Mst.:	1:50	Geotechnische Beschreibung					
0.3		0.3	Tonig-sandiger Silt, humos, weich dunkelbraun			DS		
	                        		Leicht tonig-siltiger Kiessand, reichlich Steine, reichlich Blöcke $d_{max.} = 2.0 \text{ m}$ (kantengerundet bis angerundet), locker bis mittel dicht, braun			Aufschüttung	keine Wasserzutritte	
3.1		2.8						

**DS: Deckschicht**











a) Ausgehobenes Material mit kantigen bis angerundeten Komponenten; b) die Sondierung endet in der Aufschüttung; c) schematische Skizze der Sondierung mit Projekt.










**Fotos der Sondierbohrung KB 1** (Fotos überlappend; Längenangaben [m], Grenze bei Stift)

0.0-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0
						
7.0-8.0	8.0-9.0	9.0-10.0	10.0-11.0	11.0-12.0	12.0-13.0	13.0-14.0
						








**Fotos der Sondierbohrung KB 2** (Fotos überlappend; Längenangaben [m], Grenze bei Stift)

0.0-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0
						
7.0-8.0	8.0-9.0	9.0-10.0	10.0-11.0	11.0-12.0	12.0-13.0	13.0-14.0
						

**Fotos der Sondierbohrung KB 3** (Fotos überlappend; Längenangaben [m], Grenze bei Stift)

0.0-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0
						
7.0-8.0	8.0-9.0	9.0-10.0	10.0-11.0	11.0-12.0	12.0-13.0	13.0-14.0
						

**Fotos der Sondierbohrung KB 4** (Fotos überlappend; Längenangaben [m], Grenze bei Stift)

0.0-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0
						
7.0-8.0	8.0-9.0	9.0-10.0	10.0-11.0	11.0-12.0	12.0-13.0	13.0-14.0
						

Kunden-Nr. 1633  
Tiefbauamt GR - Kunstbauten  
KUBA  
Sägenstrasse 78  
7000 Chur

Auftrags-Nr. **19475-1**  
Berichtsdatum 28.11.2019  
Berichtsversion Vers\_01

## Prüfbericht Eigenschaften von Rohmaterial und Böden

### Zusammenstellung der Resultate

#### Korngrößenverteilung nach SN EN 933-1 und SN 670 816a

Probenbezeichnung	Baugrund		
Probennummer	19-2993		
Probennummer extern	--		
Objekt	H19 Dieni - Sta.Brida Rueras		
Probenahmedatum	20.11.2019	Dichte Feststoffsubst [Mg/m³]	2.75
Probenehmer	Auftragerteiler	Maximale Korngrösse [mm]	58
Prüfdatum	25.11.2019	Siebverfahren	Nass
Entnahmestelle	KB4	Masse der Probe [g]	12732.0
Tiefe	4 - 6m	Wassergehalt [M-%]	8.2
Art der Entnahme	--	Bewertungsgrundlage	--

#### Siebanalyse (SN EN 933-1)

Sieb [mm]	Siebdurchgang [M-%]
90	
63	100.0
45	93.8
31.5	90.1
22.4	87.4
16	85.1
11.2	82.7
8	80.2
5.6	76.5
4	73.2
2	66.1
1	57.6
0.5	50.5
0.25	43.4
0.125	35.7
0.063	28.8
0	

#### Schlammanalyse (SN 670 816a)

Sieb [mm]	Schlammwerte [M-% < d]
0.0682	26.8
0.0500	23.2
0.0365	19.8
0.0239	15.7
0.0142	12.2
0.0085	8.6
0.0053	6.0
0.0031	3.8
0.0016	2.4

#### Charakteristische Korndurchmesser

Siebdurchgang bei x-M%	Korngrösse [mm]
D10	0.010
D15	0.022
D20	0.037
D25	0.059
D30	0.085
D50	0.477
D60	1.220
D80	7.801
D85	15.768

#### Krümmungszahl

Cc	0.56
----	------

#### Ungleichförmigkeitsgrad

Cu	117.04
----	--------

#### Berechnete Sieb- und Schlammwerte

Fraktion	[M-%]
<0.0200	14.4
<0.0063	6.9
<0.0020	2.7

#### Konsistenz nach Atterberg

Flie遡grenze wL	nicht bestimmbar
Ausrollgrenze wP	nicht bestimmbar
Plastizitätsindex Ip	nicht bestimmbar

#### USCS Klassifikation (SN 670 004-2b-NA)

SM - Siltiger Sand mit Kies

#### Reibungswinkel (Phi°) nach Dhawan

nicht korrigierter Wert (°) --

#### Frostempfindlichkeitsklasse

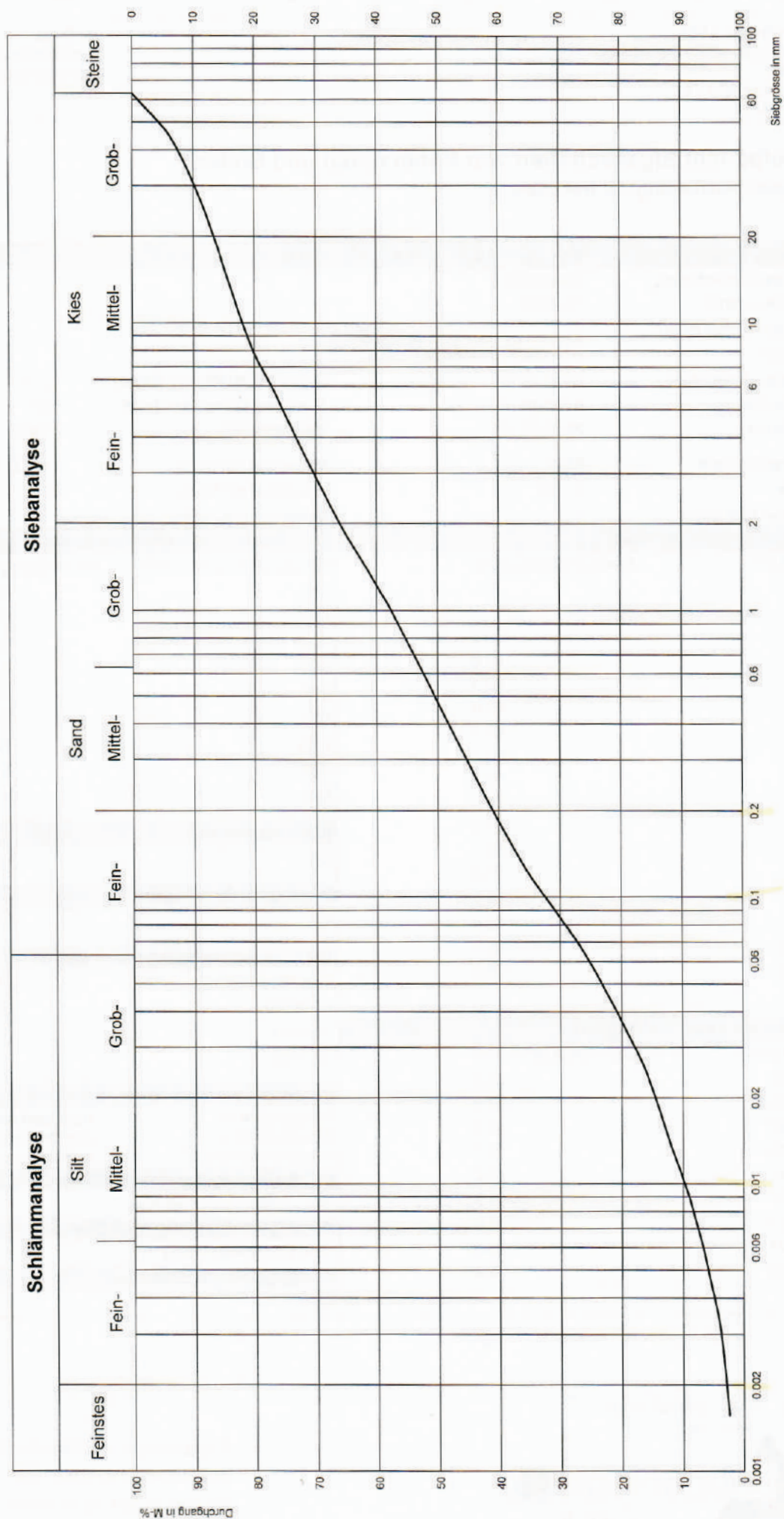
Wert --

Kunden-Nr. 1633  
Tiefbauamt GR - Kunstbauten  
KUBA  
Sägenstrasse 78  
7000 Chur

Auftrags-Nr. 19475-1  
Berichtsdatum 28.11.2019  
Berichtsversion Vers\_01

Baugrund, KB4 4 - 6m  
19-2993

*Probe : 35, 6°*



Kunden-Nr. 1633  
Tiefbauamt GR - Kunstbauten  
KUBA  
Sägenstrasse 78  
7000 Chur


Auftrags-Nr. **19475-1**  
Berichtsdatum 28.11.2019  
Berichtsversion Vers\_01



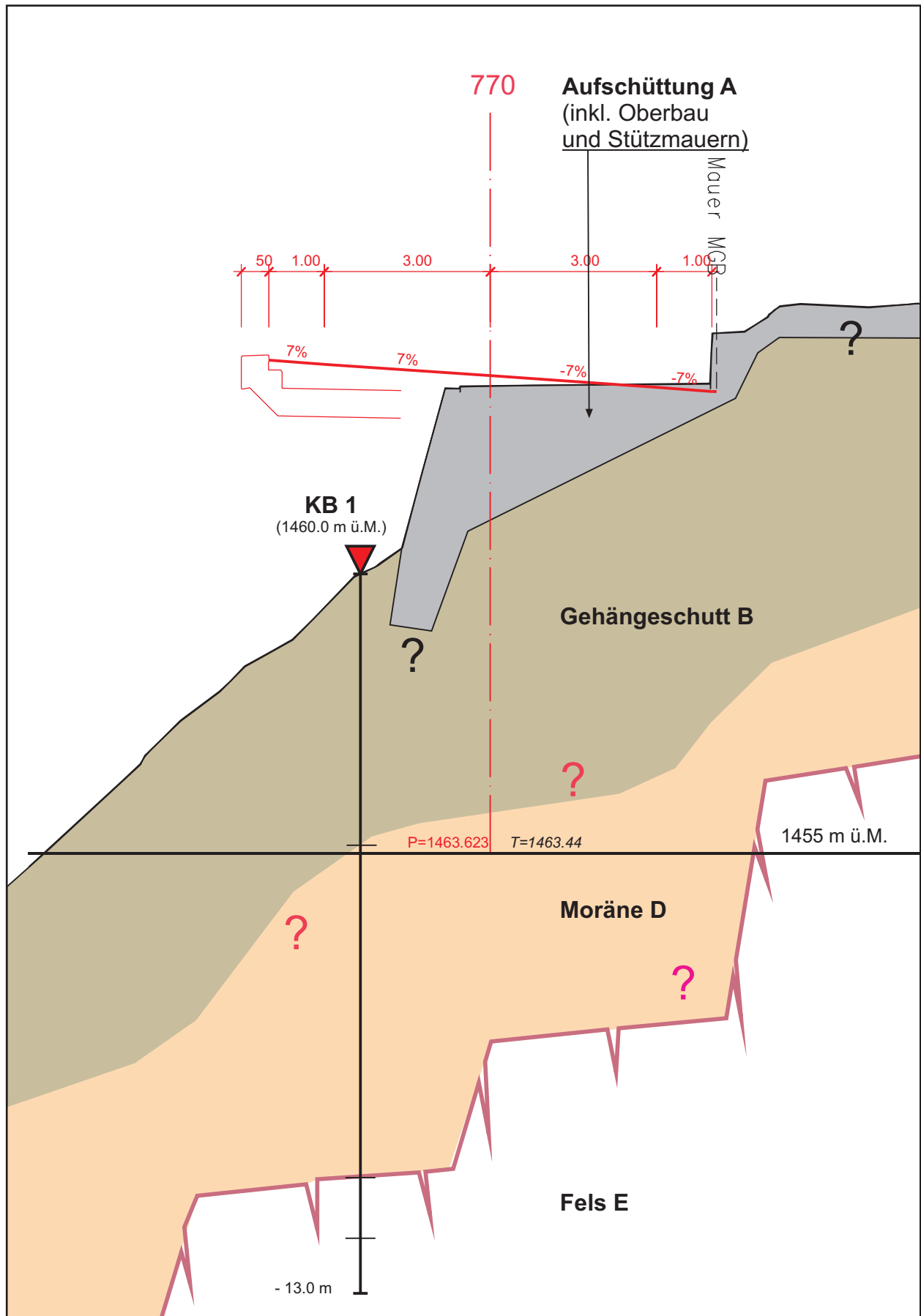
Akkreditierte Prüfstelle für Gesteinskörnungen, rezyklierte  
Baustoffe, Beton, Asphaltbeläge, Böden

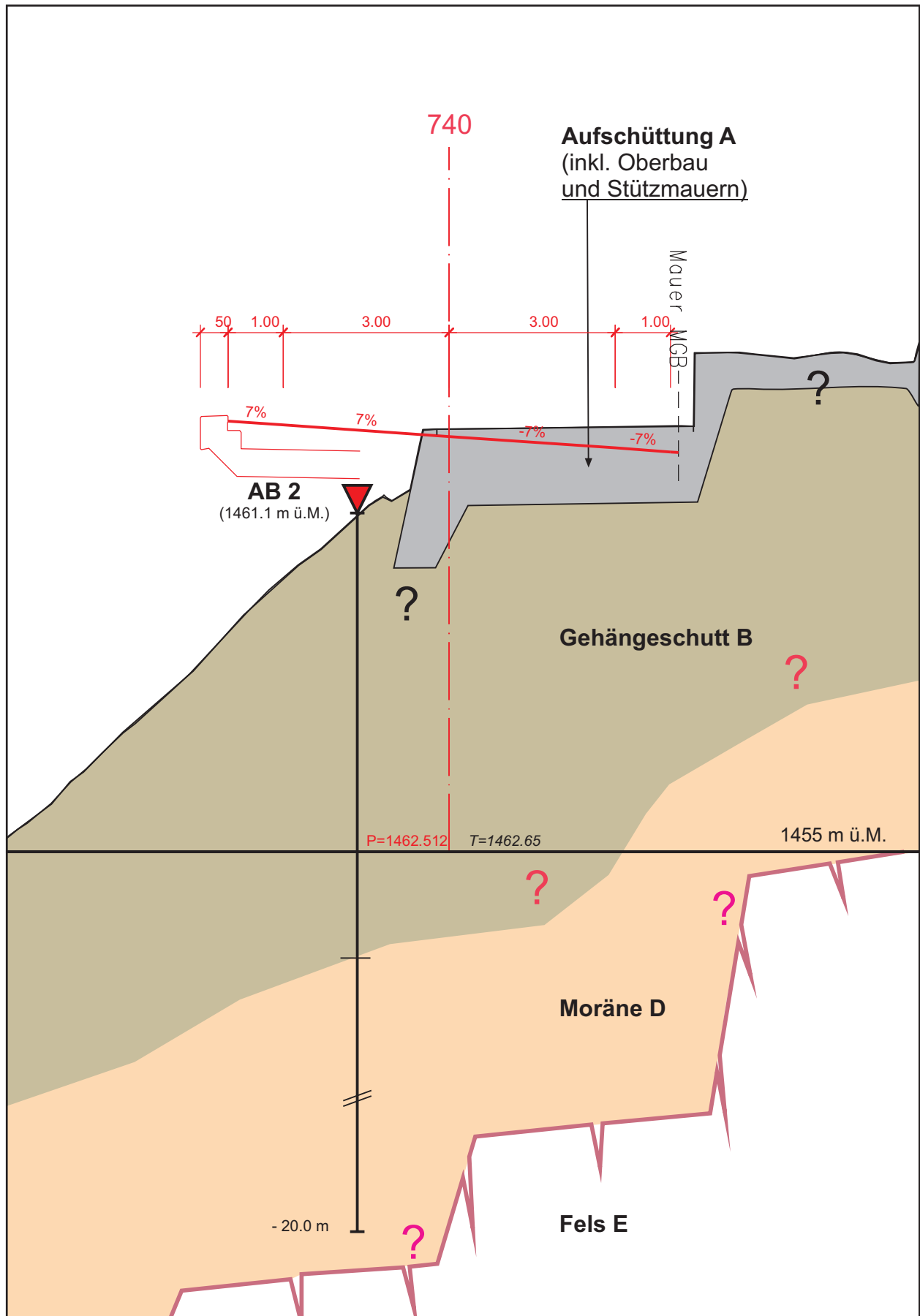
Prüfstelle STS 0342, ISO 17025:2005  
Zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem ISO 9001:2015  
Reg Nr. 12313 (SQS)

Chur, 28.11.2019

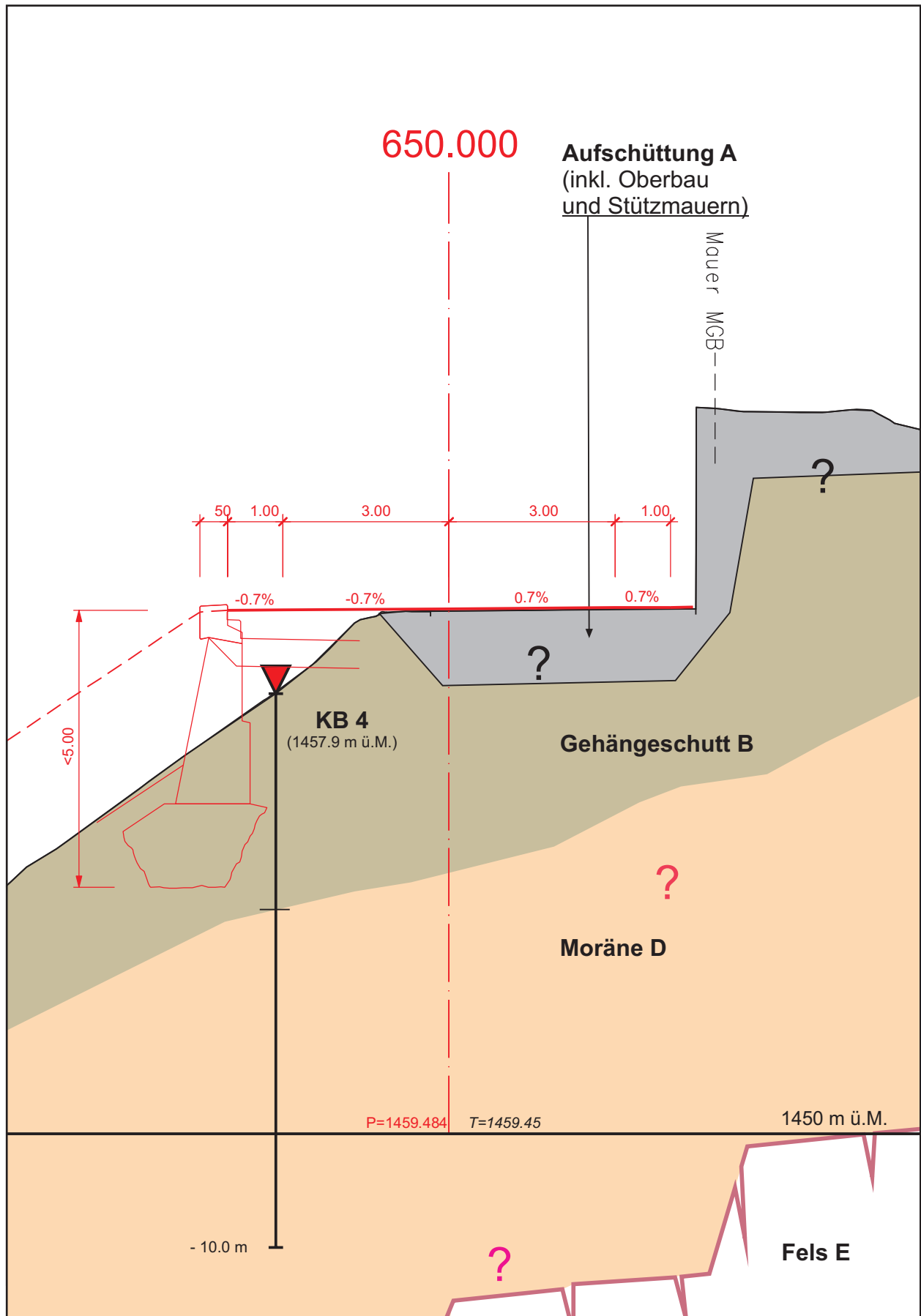
  
Sandro Coray  
Fachbereichsleiter Materialprüfung

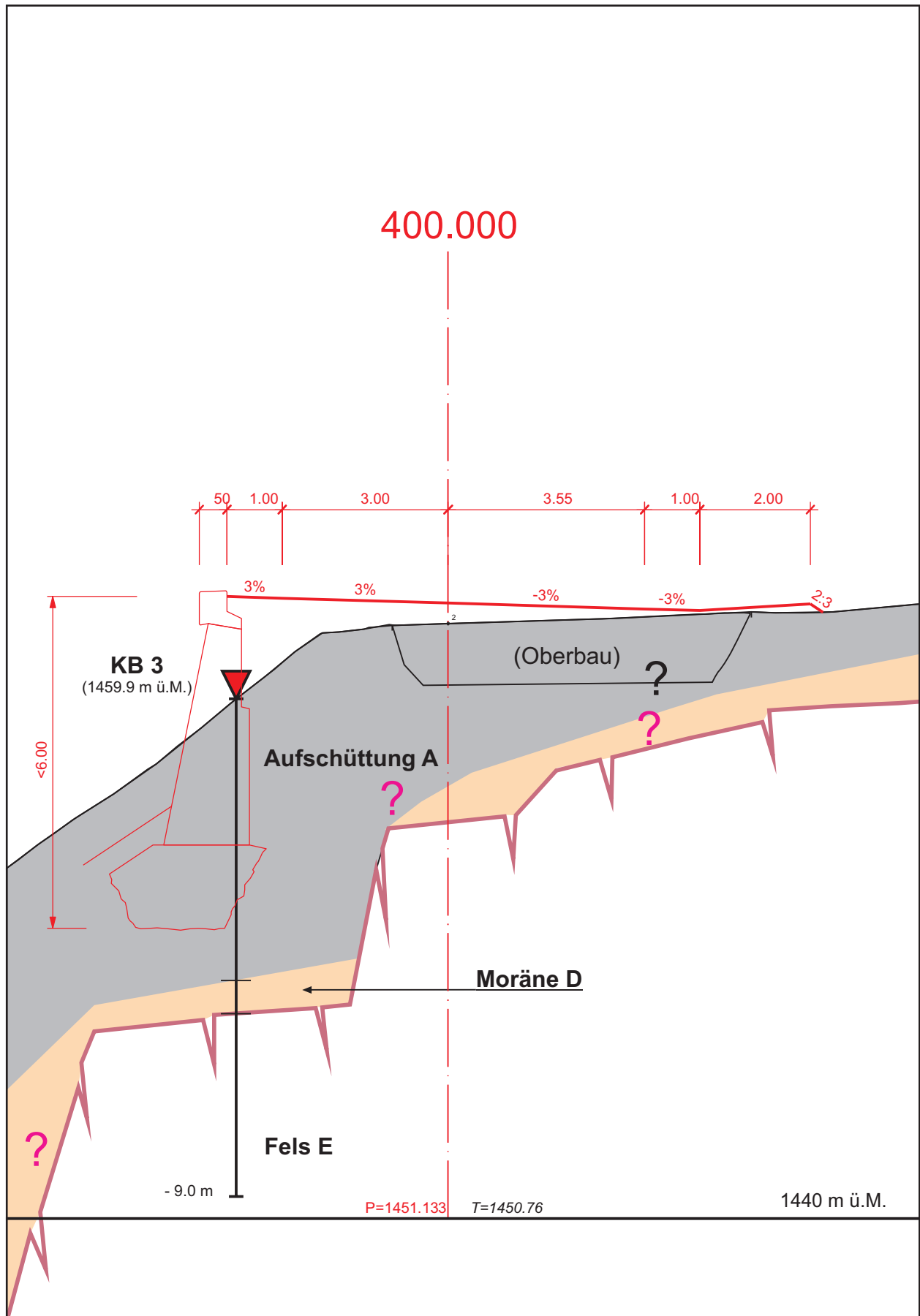
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchten Proben. Ohne schriftliche Genehmigung des Prüflabors darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Berichte mit höherer Versions-Nr. ersetzen alle vorangegangenen Berichtversionen. Auf Anfrage können Messunsicherheiten der Prüfergebnisse und die angewandte Entscheidungsregel bekannt gegeben werden. Aussagen zu Konformität wurden ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit gemacht. Es gelten zudem die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (verfügbar unter [www.baugeologie.ch/AGB](http://www.baugeologie.ch/AGB)).

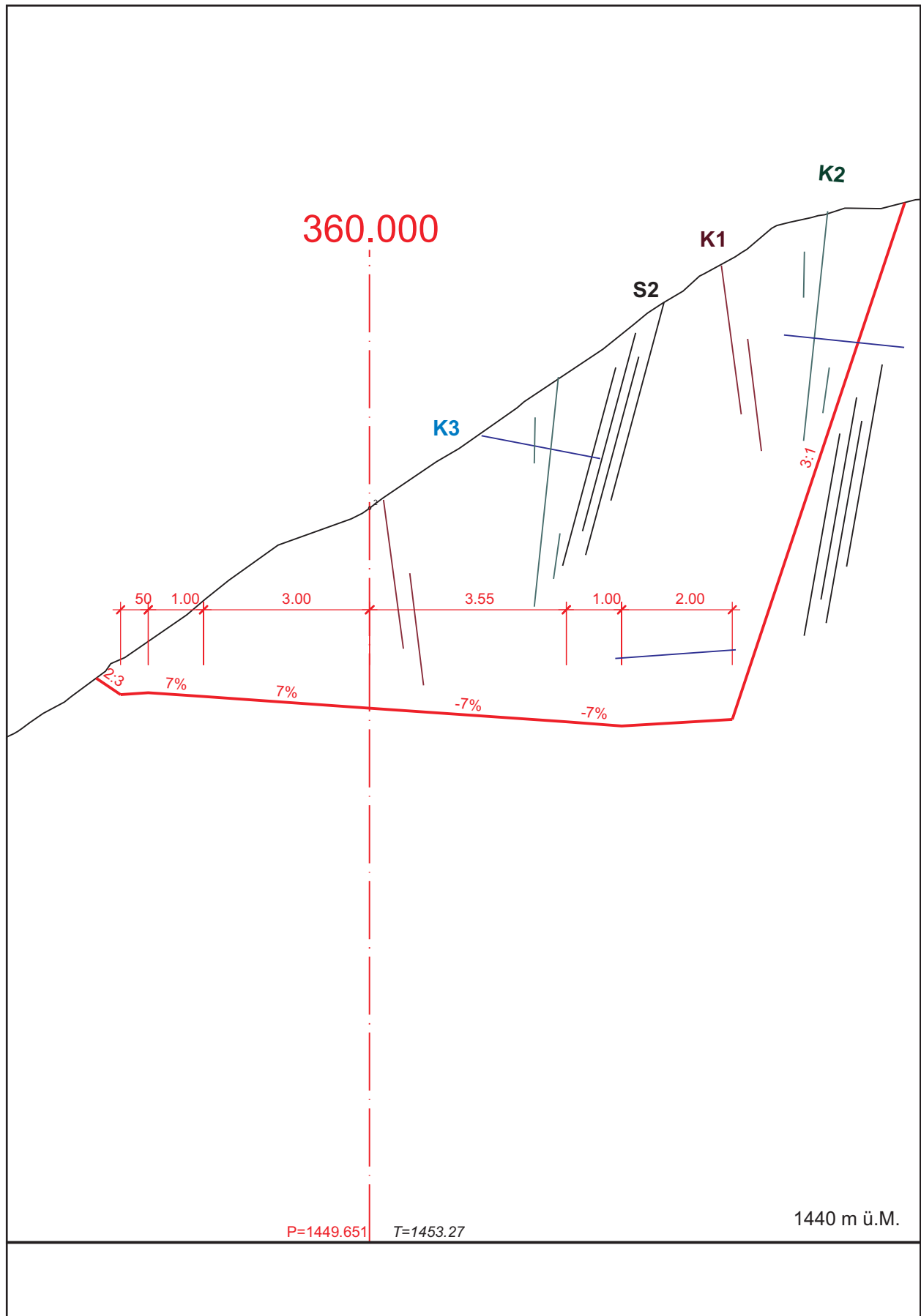


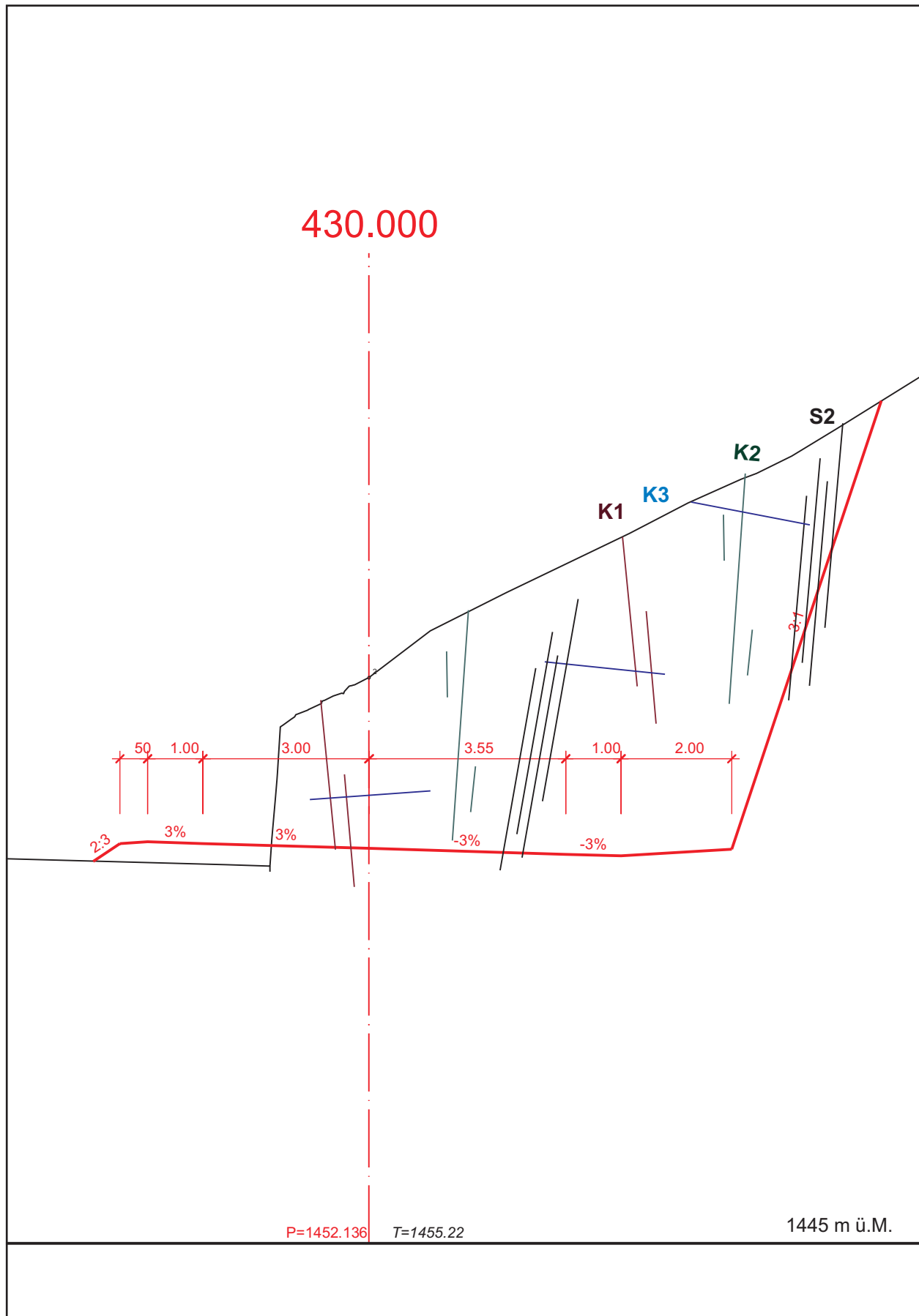












H19 Oberalpstrasse, Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida

## Fotodokumentation



a) Der alte Prallhang des Hinterrheins auf Höhe des Val Vadregt wurde mit einem Wuhr dauerhaft begradigt ; b) der Felsen bildet steil abfallende Stufen, hier südlich der Kapelle bei QP 1000.

H19 Oberalpstrasse, Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida

## Fotodokumentation



a) Ausführung der KB 2 ab einer Arbeitsplattform bei winterlichen Verhältnissen; b) Ausführung Sondierschlitz BSW 5 unter Beanspruchung einer Fahrbahn.

H19 Oberalpstrasse, Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida

## Fotodokumentation



a) Felsrippe zwischen QP 410 und QP 460 mit Gneisen, Schiefergneisen, Schiefern, Phylliten und mit schmalen Amphibolitlinsen; b) Felsrippe zwischen QP 310 und QP 390 mit meist massigen Gneisen und mit Schiefergneisen. Bei diesen beiden Rippen ist ein Felsabtrag vorgesehen.

H19 Oberalpstrasse, Strassenkorrektur Dieni - Sta. Brida

## Fotodokumentation



a) Handschlitz HS 3 bei QP 560; b) oben bei QP 560 ist beim vorgesehenen Handschlitz HS 4 der Felsen an der Oberfläche aufgeschlossen; c) Handschlitz HS 5 bei QP 530 in der Moräne und d) oben HS 6 ebenso.