

Tiefbauamt Graubünden, Chur

748.00 Valserstrasse

Brücke Uorsertobel

Geologische Grundlagen

GEOLOGISCH-GEOTECHNISCHER BERICHT

Bericht Nr.: 5985-1
Datum: 8. Mai 2019
Sachbearbeiter: R. Wanner, Dipl. Natw. ETH, Th. Breitenmoser Dipl. Natw. ETH



Büro für Technische Geologie AG

Grossfeldstrasse 74, Postfach 78, CH-7320 Sargans
Telefon +41 81 720 09 39, Fax +41 81 720 09 30
info@btgeo.ch, www.btgeo.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
1.1.	Auftrag	1
1.2.	Aufgabenstellung	1
1.3.	Verwendete Unterlagen	1
2.	Durchgeführte Untersuchungen	2
3.	Geologisch-hydrogeologischer Überblick	2
4.	Resultate der Untersuchungen	2
4.1.	Topografische Verhältnisse	2
4.2.	Geologisches Profil und Aufsichten	3
4.3.	Durchtrennung des Gebirges	4
4.4.	Hydrogeologie	5
4.5.	Prüfperimeter chemische Bodenbelastungen	5
5.	Beurteilung / Geologisches Modell	6
5.1.	Lithologische Grenzen	6
5.2.	Baugrundwerte / Felskennwerte	6
5.3.	Standortrisiken	7
5.3.1.	Naturgefahren	7
5.3.2.	Erdbeben	7
5.4.	Hydrogeologie	7
5.5.	Kenntnislücken, Unsicherheiten	7
6.	Bauliche Folgerungen	8
6.1.	Allgemeines	8
6.2.	Widerlager Seite Uors	8
6.2.1.	Situation / Stabilitätsverhältnisse	8
6.2.2.	Bauliche Massnahmen	9
6.3.	Widerlager Seite Vals	9
6.3.1.	Situation / Stabilitätsverhältnisse	9
6.3.2.	Bauliche Massnahmen	10
7.	Abschliessende Bemerkungen / Empfehlungen	10

ANHÄNGE

- 1 Übersichtskarte, 1:5'000
- 2 Geologische Karte, 1:2'500
- 3 Situation, 1:1'000
- 4 Geologisches Profil, 1:250
- 5 Aufsicht Felswand Seite Uors
- 6 Aufsicht Felswand Seite Vals
- 7 Statistische Auswertung Gefügemessungen; Stereographische Projektion
- 8 Fotodokumentation

1. EINLEITUNG

1.1. Auftrag

Mit schriftlicher Auftragsvergabe vom 24. Januar 2019 erteilte das Tiefbauamt Graubünden, Chur, unserem Büro den Auftrag zur Erarbeitung der allgemeinen geologischen Grundlagen für die Projektierung der neuen Brücke der Valserstrasse über das Uorsertobel, Gemeinde Lumnezia (mittlere Koordinaten: 2'733'510/1'173'350).

1.2. Aufgabenstellung

Die bestehende Brücke über das Uorsertobel soll im Rahmen des Ausbaus der Valserstrasse durch einen Neubau ersetzt werden. Die neue Brücke ist gegenüber der bestehenden um gut 30 m talwärts versetzt und begradigt die Strasse in diesem Abschnitt. Am neuen Standort quert die Brücke das ca. 50 m tiefe und ca. 45 m breite Uorsertobel, das beidseits durch senkrechte bis leicht überhängende Felswände begrenzt ist.

Für die Projektierung der neuen Brücke, insbesondere deren Foundation in den Widerlager-Bereichen, sollen die allgemeinen geologischen Grundlagen erarbeitet werden.

Die geologischen Grundlagen zum Ausbau der Valserstrasse zwischen dem Uorsertobel und Sontga Catrina sind in unserem Bericht-Nr. 5985-2 [7] erläutert.

1.3. Verwendete Unterlagen

- [1] Schweizer Norm SIA 261 Bauwesen, 2014: Einwirkungen auf Tragwerke (SN 505 261).
- [2] Casutt Wyrsch Zwicky AG, Juni 2017: 748.00 Valserstrasse, Brücke Uorsertobel, Variantenstudium Neubau.
- [3] Casutt Wyrsch Zwicky AG, 10. Juli 2017: 748.00 Valserstrasse, Uorsertobel Sontga Catrina, Variantenstudie, Situation 1:500.
- [4] Tiefbauamt Graubünden (Chr. Nänni), 21. September 2017: 748 Valserstrasse – Brücke Uorsertobel, Machbarkeit aus geologischer Sicht.
- [5] Geoportal der kantonalen Verwaltung Graubünden (map.geo.gr.ch, November 2018): Gewässerschutzkarte, Naturgefahren-Karte, Kataster belastete Standorte, Geocover, Prüfperimeter chemische Bodenbelastungen.
- [6] Geoportal der Schweizer Eidgenossenschaft – swisstopo (map.geo.admin.ch, November 2018): Orthophoto, Landeskarte, Geologische Karte.
- [7] BTG Büro für Technische Geologie AG, Bericht Nr. 5985-2 vom 27. Februar 2019: 748.00 Valserstrasse, Abschnitt Uorsertobel – Sontga Catrina, Geologische Grundlagen, Geologisch-geotechnischer Bericht.

2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Am 6. November 2018 fand eine erste Begehung des Untersuchungsgebietes mit Christoph Nänni (TBA GR) und Thomas Breitenmoser (BTG) statt.

Am 16. November 2018 wurden die geologischen Verhältnisse im Rahmen einer Begehung erfasst und der Bedarf für Begehungen am hängenden Seil definiert. Am 29. November 2018 wurden die geologischen Verhältnisse bei je zwei Abseilstellen im Widerlagerbereich Seiten Uors und Vals aufgenommen. Beim Widerlager Seite Uors wurde die Begehung am hängenden Seil ca. 12 m unter Strassenniveau nach vom Seil ausgelösten Steinschlägen abgebrochen. Der untere Teil der Felswand wurde nur aus der Distanz, von der bestehenden Strasse und vom Gegenhang beurteilt.

3. GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Felsbereiche beidseitig der geplanten neuen Brücke Uorsertobel. Die Schlucht ist an dieser Stelle ca. 50 m tief.

Unterhalb des geplanten Brückenneubaus stehen unter einer geringmächtigen Lockergesteinsbedeckung aus Verwitterungsschutt die Gesteinsformationen der Peidener Schuppenzone an ([5], [6]). Dabei handelt es sich um Sandkalke und tonige Kalkschiefer der Unteren Stgir-Serie sowie sandige Tonschiefer der Inferno-Serie (Anhang 2).

Das Untersuchungsgebiet liegt im Gewässerschutzbereich üB [5]. In der näheren Umgebung sind keine Quellen vorhanden.

4. RESULTATE DER UNTERSUCHUNGEN

4.1. Topografische Verhältnisse

Unter der bestehenden Brücke über das Uorsertobel ist die Schlucht nur ca. 15 m tief und ca. 20 m breit. Die Widerlager sind auf den zum Bach geneigten Schluchtwänden gut abgestützt.

Unmittelbar talseits der Brücke fällt das Tobel in einer ca. 30 m hohen Steilstufe ab. Die ca. 30 m talseits (westlich) geplante neue Brücke (Anhang 3) überquert damit eine ca. 50 m tiefe und 50 m breite Schlucht.

Im Bereich des geplanten Widerlagers Seite Uors fällt die Felswand senkrecht, mit überhängenden, zurückgewitterten Bereichen, ca. 50 m tief zum Bachbett ab. Wenige Meter westlich (talseits) neben der künftigen Fahrbahn bildet die Felswand einen Knick und verläuft anschliessend nahezu parallel zur Fahrbahn. Beim Widerlager besteht ein überhängender Felskopf, der gegen Süden und auch gegen Westen frei steht/hängt.

Beim Widerlager Seite Vals verläuft die Flucht der Felswand nahezu rechtwinklig zur künftigen Strassenachse. Wenige Meter unter Strassenniveau besteht ein 2-4 m

ausladender Überhang. Die Höhe der eigentlichen Felswand beträgt rund 25 m, darunter fällt der Hang steil, mit einigen bis zu 2 m hohen Stufen zum Bachbett ab.

4.2. Geologisches Profil und Aufsichten

Bei der Feldkartierung wurden die Phänomene an der Oberfläche der Felswände kartiert. Die Befunde sind in einem geologischen Profil in Anhang 4 sowie zwei Aufsichten in den Anhängen 5 und 6 dargestellt sowie in Anhang 8 fotografisch dokumentiert.

Die Schichtabfolge in den beiden Felswänden ist grundsätzlich ähnlich, im Detail bestehen aber Abweichungen. Dementsprechend wurde im Profil und den Aufsichten unterschiedliche Bezeichnungen (Widerlager Seite Uors: Ux resp. Widerlager Seite Vals: Vx) gewählt, wobei gleiche Einheiten mit demselben Zahlenindex bezeichnet sind (z.B. Einheit U3 ≈ Einheit V3). Die einzelnen Einheiten sind in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: Gesteinsbeschreibung (vgl. Anhänge 4, 5 und 6)			
Widerlager Seite Uors (Nord) ¹⁾		Widerlager Seite Vals (Süd) ²⁾	
Nr.	Gesteinsbeschreibung	Nr.	Gesteinsbeschreibung
U0	Verwitterungsschutt	V0	Verwitterungsschutt
U1	(nicht vorhanden)	V1	Tonschiefer, dunkelgrau bis schwarz, oberflächlich stark verwittert und entlang Schieferung stark aufgelockert
U2	Tonschiefer mit Quarzit-Einlagerungen, schwarz, entlang Schieferung aufgelockert	V2	Tonschiefer mit Quarzit-Einlagerungen, schwarz, entlang Schieferung aufgelockert
U3	Sandkalk, beige, plattig bis gebankt, steilstehende, zum Teil offene Klüfte parallel zum Uorsertobel sowie rechtwinklig dazu	V3	Sandkalk, beige, plattig bis gebankt vertikale Klüfte parallel zur Oberfläche der Felswand
U4	Tonschiefer/-phyllit, hellbeige, entlang Schieferung stark aufgelockert	V4	(nicht vorhanden)
U5	Tonschiefer, grau, oberflächlich stark verwittert	V5	Tonschiefer, schwarz, entlang Schieferung aufgelockert
U6	Tonschiefer, beige	V6	Serizitschiefer/-phyllit, beige
U7	Tonschiefer, grau	V7	Tonschiefer, grau, entlang Schieferung stark aufgelockert steilstehende Klüfte parallel zur Oberfläche der Felswand
U8	Tonschiefer, beige	V8	(nicht vorhanden)
U9	Hangschutt	V9	Hangschutt (geringmächtig) und Felsstufen (max. 2 – 3 m) aus dunkelgrauen Tonschiefern

¹⁾ Detailaufnahmen nur im oberen Teil der Felswand bis ca. 12 m unter Strassenniveau resp. Einheit Nr. U5; Beurteilung U6 bis U8 nur aus der Distanz

²⁾ Kartierung anhand der Aufnahmen bei zwei Abseilstellen

Die Lockergesteinsbedeckung (Verwitterungsschutt, U0 resp. V0) bei den Brückengewidern ist geringmächtig. So wurde z.B. auch in Baggerschlitz BS1, wenige Meter südlich des Widerlagers Uors im Rahmen der geologischen Untersuchungen

für den Strassenabschnitt Uorsertobel – Sontga Catrina (vgl. Bericht Nr. 5985-2 [7]) die Felsoberfläche bereits in rund 1 m Tiefe angetroffen.

Wie in den Anhängen 5 und 6 ersichtlich, ist die Schieferung 10-20° einheitlich gegen Osten bis Südosten geneigt. Das bedeutet, dass die Schieferung beim Widerlager Seite Uors eher ungünstig talwärts und beim Widerlager Seite Vals eher günstig bergwärts einfällt. Eine Verfallung der Gesteinsvarietäten wurde nicht festgestellt.

Beim Widerlager Seite Uors liegen die Grenzen der Gesteinsvarietäten wegen der Wandausrichtung und der Orientierung der Schieferung quer zur künftigen Brückenachse, am westlichen, talseitigen Rand des geplanten Widerlagers ca. 2-4 m höher als am östlichen Rand. Beim Widerlager Seite Vals ist das Quergefälle der Gesteinsvarietäten bedeutend geringer.

4.3. Durchtrennung des Gebirges

Als relevante Trennflächen treten in erster Linie die Schieferung und untergeordnet die Kluftflächen in Erscheinung. Die Schieferung wird mit s bezeichnet. Die Kluftflächen sind in zwei relevante Kluftscharen eingeteilt und werden mit k1 und k2 bezeichnet. Die Kluftschar k1 ist am stärksten ausgeprägt (Hauptklüftung). Die Kluftschar k2 tritt untergeordnet auf.

Die in der Tabelle 2 aufgeführten Mittelwerte der Trennflächen-Orientierungen basieren auf den für den vorliegenden Bericht „Brücke Uorsertobel“ und für den Bericht „Abschnitt Uorsertobel – Sontga Catrina“ [7] im Feld eingemessenen Trennflächen. Im Anhang 7 findet sich die statistische Auswertung der Gefügemessungen in Form einer stereographischen Projektion.

Tabelle 2: Zusammenstellung der im Projektgebiet vorhandenen Trennflächen (Mittelwert)		
Trennfläche	Fallazimut / Fallwinkel	Eigenschaften
s	90-130 / 10-20	Die Schieferung streicht im Uorsertobel einheitlich N-NE – S-SW und fällt flach bis mittelsteil gegen E-SE ein. Eine Verfallung des Gebirges ist in den Felswänden nicht erkennbar. Die Tonschiefer sind schiefrig bis phyllitisch und die Sandkalke plattig bis gebankt ausgebildet. Die Schieferung ist hochdurchtrennend und tritt als massgebende Trennfläche in Erscheinung.
k1	203/78 bzw. 019/75	Dominierende, steil SSW bzw. NNE einfallende Kluftschar, die senkrecht zur Schieferung steht (ac-Klüfte). Die k1-Klüfte weisen einen kleinen (< 1 m) bis mittleren (1-5 m) Durchtrennungsgrad auf und sind in der Regel auf die Sandkalkbänke beschränkt. Die Kluftflächenabstände sind vorwiegend mittel (0.6-2 m). Die k1-Klüfte sind eben bis wellig, mit rauer Oberfläche, nicht verfüllt und teilweise offen (vgl. z.B. Anhang 8 Foto 13).
k2	279/69	Untergeordnete, steil W einfallende Kluftschar. Die k2-Klüfte weisen einen kleinen (< 1 m) bis mittleren (1-5 m) Durchtrennungsgrad auf. Die Kluftflächenabstände sind in der Regel klein (0.15-0.6 m). Die k2-Klüfte sind eben, mit rauer Oberfläche, nicht verfüllt und teilweise offen.

Die Tonschiefer sind oberflächlich stark verwittert. Die Sandkalkbänke bilden kompakt gelagerte Schichtpakete.

Die Klüfte sind oft nur in den Sandkalken erkennbar, nicht aber in den Tonschiefern. Durch Ausbrüche entlang von k2-Kluftflächen in der Schicht U3 (Seite Uors) und entlang von k1-Kluftflächen in der Schicht V3 (Seite Vals) sind die darüber liegenden Tonschiefer (U2/V1/V2) unterschritten und bilden überhängende Wandbereiche.

In der Felswand unter dem Widerlager Seite Vals wurden in den Sandkalken (V3) mehrere vom Felsverband gelöste Blöcke festgestellt, die wahrscheinlich nur noch geringe Scherfestigkeiten aufweisen (vgl. Anhang 8, Fotos 10, 13, 15, 17).

4.4. Hydrogeologie

Das Uorsertobel wird durch einen Seitenbach des Valser Rheins gebildet. Der Valser Rhein fliesst rund 200 m westlich der Brücke in Richtung Norden.

Bei den Begehungen im November 2018 wurden in den Felswänden unter den künftigen Widerlagern nur geringfügige Wasseraustritte an der Basis der Lockergesteinsbedeckung festgestellt.

4.5. Prüfperimeter chemische Bodenbelastungen

Die Valserstrasse befindet sich talseits und bergseits des Uorsertobels innerhalb des Prüfperimeters für chemische Bodenbelastungen (PBB, [5]). Der PBB umfasst Flächen, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Schadstoffbelastung des Bodens aufweisen. Im Falle der Valserstrasse stellt diese als Verkehrsträger selbst die Belastungsquelle dar. Liegt ein Bauvorhaben ganz oder teilweise im PBB, muss vor Erteilen der Baubewilligung abgeklärt werden, ob und in welchem Rahmen Schadstoffanalysen des Ober- und Unterbodens notwendig sind und wie mit dem anfallenden Bodenmaterial umgegangen wird. Dies geschieht in Absprache mit dem Amt für Natur und Umwelt GR (ANU) und ist in erster Linie davon abhängig, ob das Bodenmaterial vor Ort wiederverwertet oder abtransportiert wird.

Auf der Uorser Seite des Brückenneubaus besteht ein Ausstellplatz und es liegt kaum Bodenmaterial vor. Auf der Valser Seite dürfte vor allem bei der Erstellung von Baustellenzufahrten und/oder Installationsplätzen Bodenmaterial anfallen. Das Ausmass an Bodenaushub hängt somit primär von der Baustellenorganisation ab.

5. BEURTEILUNG / GEOLOGISCHES MODELL

5.1. Lithologische Grenzen

Die Lockergesteinsbedeckung auf beiden Seiten der geplanten Brücke ist geringmächtig (ca. 1 m).

In den Felswänden wechseln sich dunkelgraue bis schwarze Tonschiefer der Stgir- und untergeordnet Inferno-Serie mit gelb-beigen, gebankten Sandkalken der Stgir-Serie ab. Die oberste Tonschiefer-Schicht beim Widerlager Seite Vals (V1) ist der Inferno-Serie zuzuordnen. Darunter folgen wie beim Widerlager Seite Uors die Einheiten der unteren Stgir-Serie.

Die einzelnen Schichtpakete weisen unterschiedliche Mächtigkeiten von 1-15 m auf.

5.2. Baugrundwerte / Felskennwerte

Für felsmechanische Berechnungen können nachfolgende Felskennwerte (mittlere Erwartungswerte mit Streubereich) angenommen werden. Der angegebene Streubereich gibt die mögliche Variation der Eigenschaften innerhalb der einzelnen Einheiten an. Für die geotechnische Projektbearbeitung sind charakteristische Werte festzulegen, die der jeweils zu betrachtenden Bemessungssituation, der Problemstellung und dem verwendeten Modell (z.B. numerischen) angepasst sind.

Die in der Tabelle 3 angegebenen Felskennwerte basieren auf Vergleichen mit Projekten im gleichen oder ähnlichen Gestein.

Tabelle 3: Abschätzung Baugrundwerte Festgestein (Felskennwerte)			
Parameter	Tonschiefer (Stgir- und Inferno-Serie)	Sandkalk (Stgir-Serie)	Bemerkungen
Reibungswinkel Φ [°]	30 ± 5	30 ± 5	Felsverband allgemein
	22 ± 3	25 ± 3	parallel zu den Trennflächen (Schieferung und Klüftung) (*)
Kohäsion c [MN/m ²]	2 ± 1	5 ± 3	Felsverband allgemein
	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	parallel zu den Trennflächen (Schieferung und Klüftung)
Druckfestigkeit σ_u [MN/m ²]	30 ± 10	60 ± 10	senkrecht zur Schieferung
	20 ± 10	40 ± 10	parallel zur Schieferung
Elastizitätsmodul E [GPa]	8 ± 3	18 ± 7	Felsverband allgemein
Raumgewicht γ [kN/m ³]	27 ± 0.2	27 ± 0.2	Gestein

(*) Bemerkung zu Reibungswinkel der Klüftflächen:

- Klüftung k1: da \pm senkrecht auf s stehend und aufgrund der in den Sandkalkbänken oft gestuften Ausbildung ist für Berechnungen eher die obere Bandbreite der angegebenen Werte relevant (25° + 3°).
- Klüftung k2: da \pm parallel zu s streichend und aufgrund planarer Ausbildung ist für Berechnungen eher die untere Bandbreite der angegebenen Werte relevant (25° - 3°).

5.3. Standortrisiken

5.3.1. Naturgefahren

Aus den Felswänden im Bereich der geplanten Widerlager und darunter ist jederzeit (wöchentlich bis monatlich, insbesondere während/nach Niederschlag) mit Steinerschlag zu rechnen (Blockgrösse bis 0.2 m Ø). Häufig (jährlich bis mehrmals jährlich) ist auch mit Ausbrüchen von grösseren Blöcken bis 0.5 m Ø zu rechnen. Bei Eingriffen in die Felswände (Felsreinigungen oder Baumassnahmen) können auch grössere Blöcke bis zu wenigen m³ Volumen ausgelöst werden.

Gemäss Naturgefahrenkarte [5] besteht im Uorsertobel bezüglich des Prozesses Wasser eine grosse Gefährdung.

Diese Gefahren sind für das Projekt relevant, wenn sich während des Baus Personen im Bachbett aufhalten oder dort Installationen vorgenommen werden.

5.3.2. Erdbeben

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Gefährdungszone Z1 und in der Baugrundklasse A [1].

5.4. Hydrogeologie

Wasseraustritte aus der Felswand und dem bergseitigen Hang beschränken sich auf Sickerwasser, das als lokale Hangwasserzutritte in Form von Tropf- und Nässestellen aus der geringmächtigen Lockergesteinsbedeckung an der Oberkante der Felswand und entlang von Klüften aus der Felswand selbst austreten kann. Bei langanhaltenden und/oder starken Niederschlagsereignissen sowie während der Schneeschmelze können solche Hangwasserzutritte vermehrt auftreten.

5.5. Kenntnislücken, Unsicherheiten

Das geologische Modell mit den Baugrundwerten und die daraus für das aktuelle Projekt abgeleiteten baulichen Folgerungen beruhen auf den Resultaten der ausgeführten Untersuchungen und dem aktuellen Kenntnisstand.

Der vorliegende Baugrund (Fels) ist als stark anisotrop und stark inhomogen zu bezeichnen. Auf Grund der Kartierung und der Seilbegehungen der Felswände stufen wir die Kenntnislücken als klein ein. Die Kenntnislücken können mit weiteren Untersuchungen nur wenig reduziert werden. Weitere Sondierungen sind nicht erforderlich. Es verbleibt ein kleines Restrisiko, das mit einem vernünftigen Untersuchungsaufwand nicht weiter reduziert werden kann.

Sollten sich neue Erkenntnisse ergeben oder die Rahmenbedingungen ändern (u.a. Projektänderung), ist der Inhalt dieses Berichtes auf seine Gültigkeit hin neu zu beurteilen.

6. BAULICHE FOLGERUNGEN

6.1. Allgemeines

Grundsätzlich werden die Felswände auf beiden Seiten des Uorsertobels als stabil beurteilt. Es gibt keine Anzeichen für das Vorhandensein von grösseren (mehrere 10er m³), aufgelockerten, vom Felsverband gelösten Gesteinspaketen, die mittel- bis langfristig absturzgefährdet sind.

Die geringmächtige Lockergesteinsbedeckung ist aus Setzungs- und Tragfähigkeitsgründen in den Widerlagerbereichen auf beiden Seiten abzutragen.

6.2. Widerlager Seite Uors

6.2.1. Situation / Stabilitätsverhältnisse

Durch das Einfallen der Schieferung nach E bis SE variiert die Tiefenlage der Schichtgrenzen quer zum Widerlager vom talseitigen zum hangseitigen Fahrbahnrand (Anhang 5). Die Schieferung fällt mässig günstig quer bis leicht zur Schlucht ein.

Die k2-Klüfte fallen ungünstig steil Richtung Schlucht ein. Aufgrund des kleinen bis mittleren Durchtrennungsgrades der Klüfte und ihrer Beschränkung auf die Sandkalke dürften diese für die Gesamtstabilität der Felswand nicht relevant sein. Lokal können sie jedoch zu Ausbrüchen führen. Dadurch können in der Folge neue überhängende Bereiche entstehen.

Gesteinspakete können infolge Erosion und Verwitterung von weichen und/oder zerrütteten Schichten mittel- bis langfristig insbesondere entlang von k2-Klüftflächen abgleiten, wobei durch die Verwitterung weitere Klüfte aktiviert werden können. Ein Abgleiten entlang der Schieferung ist aufgrund der geringen Neigung von 10 – 20° eher unwahrscheinlich. Die Schieferung wirkt allerdings als obere Begrenzung für entlang von k2-Klüftflächen abgleitende Klüftkörper und trägt damit zur Bildung von überhängenden Bereichen bei.

Das oberste Felspaket aus entlang von Schieferungs- und k2-Klüftflächen stark aufgelockerten Tonschiefern (U2) bildet im Bereich des geplanten Widerlagers einen 1-3 m ausladenden Überhang über dem darunter liegenden ca. 3 m mächtigen Paket aus Sandkalcken (U3). Der Überhang entstand durch Ausbrüche aus den parallel zur Wand geklüfteten Sandkalcken und Verwitterung/Erosion in den darunter liegenden Einheiten U4 und U5. Bis auf die Basis der Einheit U5 ist die mittel- bis langfristige Stabilität ohne bauliche Massnahmen als gering einzustufen. Vertikale Lasteinwirkungen auf diese Einheiten sind ungünstig.

Weiter ist zu beachten, dass die Felswand unmittelbar westlich (talseitig) der geplanten neuen Brücke nach NW bis N abbiegt und damit nur in geringer Distanz schleifend zur Strasse verläuft. Beim Aushub für das Widerlager bleibt somit voraussichtlich nur ein Pfeiler mit geringer Breite stehen, und es können weitere Klüfte aktiviert werden.

6.2.2. Bauliche Massnahmen

Der überhängende Felskopf ist ungeeignet, um die Lasten des Widerlagers aufzunehmen. Zudem sind die überhängenden Felsbereiche mittel- bis langfristig absturzgefährdet. Entsprechend sind beim Bau Massnahmen zu ergreifen, die eine langfristige Gebrauchstauglichkeit des Widerlagers sicherstellen und eine Rückerosion der Felsbereiche unterhalb und rheinseits des Widerlagers minimieren resp. verhindern. Diese Massnahmen sind z.B.:

- Abtrag des überhängenden Felskopfes in der Einheit U2 (Anhänge 4 und 5)
- Felsreinigung bis mindestens auf die Basis der Einheit U5
- Anbringen eines Erosionsschutzes

Zudem sollte die dreidimensionale Struktur der Felsoberfläche auch talseits (rheinseitig) des Widerlagers, im Bereich des schleifenden Schnitts der Felswand mit der Strasse, mittels geodätischer Aufnahmen erfasst werden. Anschliessend kann beurteilt werden, ob allenfalls auch hier noch temporäre oder permanente Sicherungsmassnahmen vorzusehen sind.

Es empfiehlt sich, den Lasteintrag des Widerlagers möglichst nicht vertikal, sondern schräg ins Gebirge hinein auszuführen (möglichst rechtwinklig zu den Trennflächen, insbesondere den k2-Kluffflächen). Damit kann ein Abgleiten von Gesteinspaketen entlang der k2-Kluffflächen aus der Felswand verhindert werden.

6.3. Widerlager Seite Vals

6.3.1. Situation / Stabilitätsverhältnisse

Im Widerlagerbereich Seite Vals ist die Schieferung gegenüber der Situation beim Widerlager Seite Uors eher günstig quer bis leicht bergwärts geneigt. Zudem verläuft die Felswand nahezu rechtwinklig zum neu geplanten Strassenverlauf.

Hier sind die k1-Klüfte \pm parallel zur Felswand orientiert, fallen aber günstiger bergwärts ein. Für die Gesamtstabilität der Felswand dürften die k1-Klüfte nicht relevant sein (kleiner bis mittlerer Durchtrennungsgrad, Beschränkung auf Sandkalkbänke).

Gesteinspakete können infolge Erosion und Verwitterung mittel- bis langfristig entlang von k1-Kluffflächen herauskippen, wobei neue unterschchnittene Felsbereiche freigelegt werden können. Ein Abgleiten entlang der Trennflächen wie auf der Seite Uors ist aufgrund der Trennflächenanordnung nicht möglich.

Die oberflächlich stark aufgelockerten Tonschiefer-Einheiten V1 und V2 sind unterschritten. Der Überhang beträgt bis zu 4 m.

In der vertikalen Felswand (Sandkalke, V3) unter den Überhängen sind mehrere zumindest teilweise entlang von k1-Kluffflächen vom Felsverband gelöste Blöcke und Felspakete vorhanden.

6.3.2. Bauliche Massnahmen

Es wird empfohlen, die unterschrittenen Felspakete (V1 / V2) im Widerlager-Bereich abzutragen. Allenfalls sind im Anschluss einzelne Bereiche zu sichern, um langfristig weitere Ausbrüche, die die Felswand destabilisieren können, zu verhindern.

Das Widerlager sollte in den unverwitterten Fels abgestellt werden.

7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN / EMPFEHLUNGEN

Die geplante neue Brücke über das Uorsertobel ist am vorgesehenen Standort aus geologischer Sicht machbar. Beim Widerlager Seite Vals sind die Verhältnisse aufgrund der günstigeren Orientierung von Schieferungs- und Kluftflächen etwas einfacher als beim Widerlager Seite Uors.

Da die Felstrennflächen hinsichtlich der Widerlagerplatzierung und -stabilität vor allem klein- und mittlräumig relevant sind, empfehlen wir, den Geologen bei der Detailplanung und der Ausführung beizuziehen.

Sofern sich im Tobel unter den Felswänden während des Baus häufig Personen aufhalten müssen oder dort Geräte gelagert werden, sind beidseits Felsreinigungen und allenfalls zusätzliche Sicherungen notwendig.

Sargans, 8. Mai 2019

BTG Büro für Technische Geologie AG



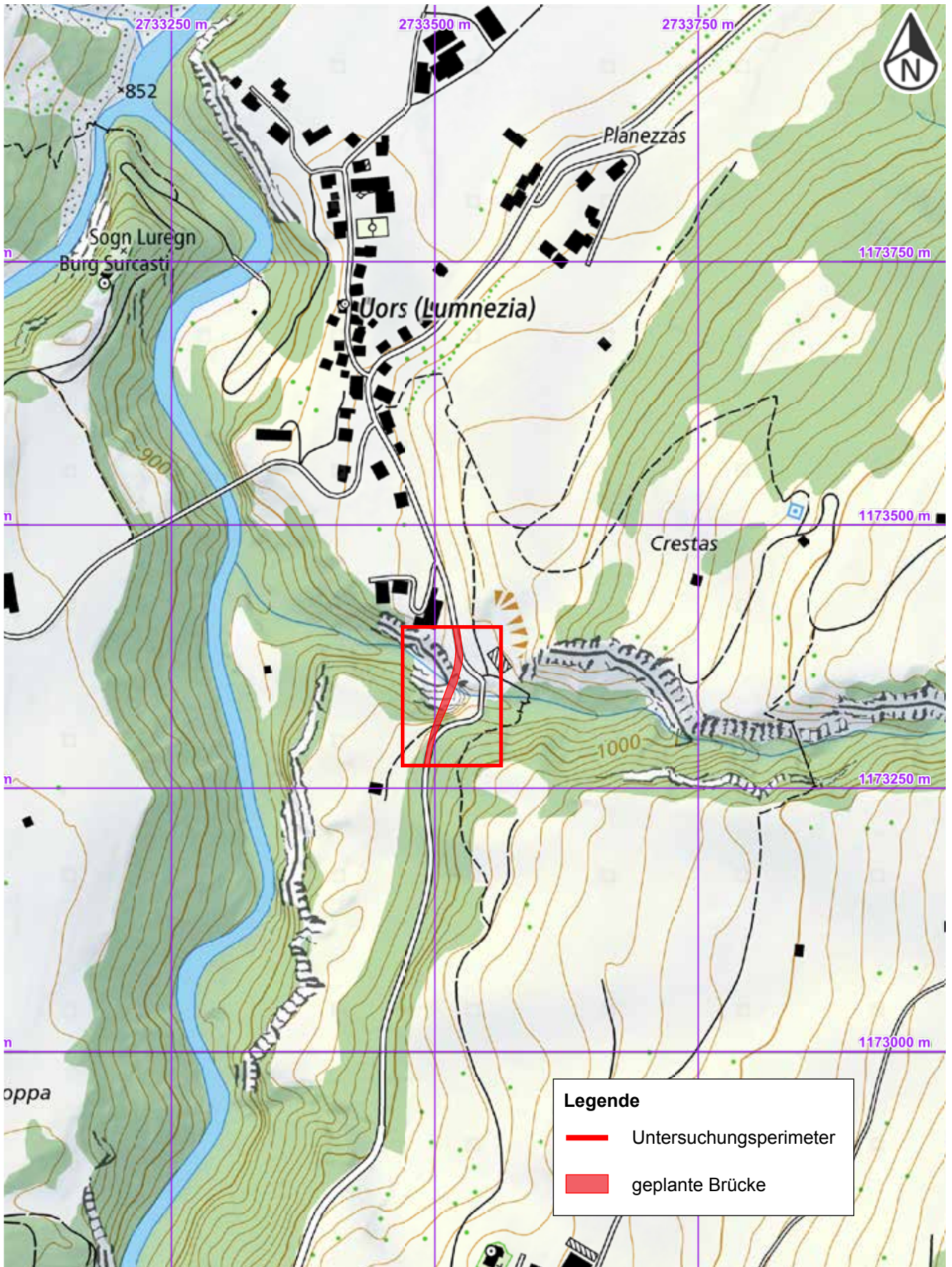
Thomas Breitenmoser

Reto Wanner

Anhang 1

Übersichtskarte

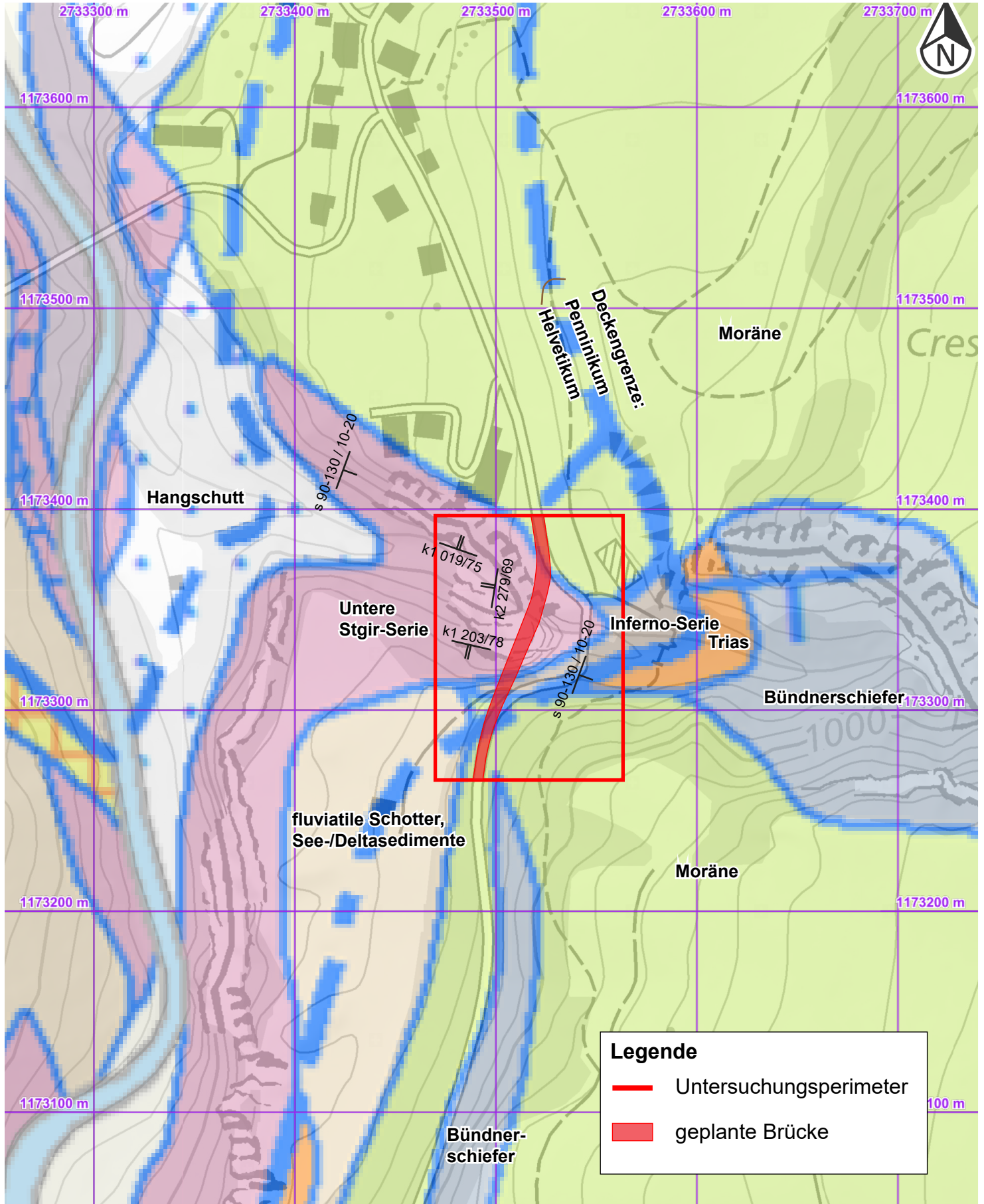
1:5'000



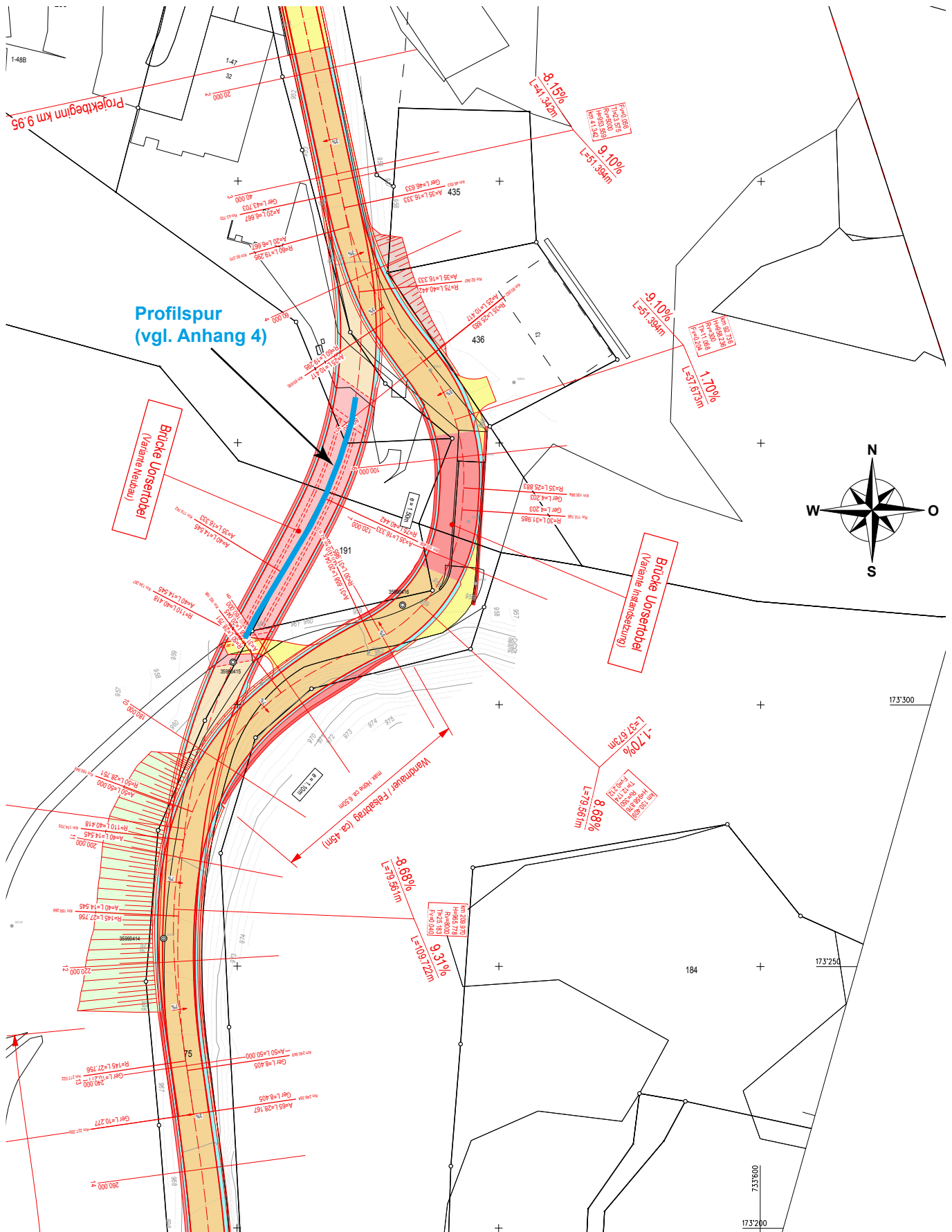
Anhang 2

Geologische Karte

1:2'500

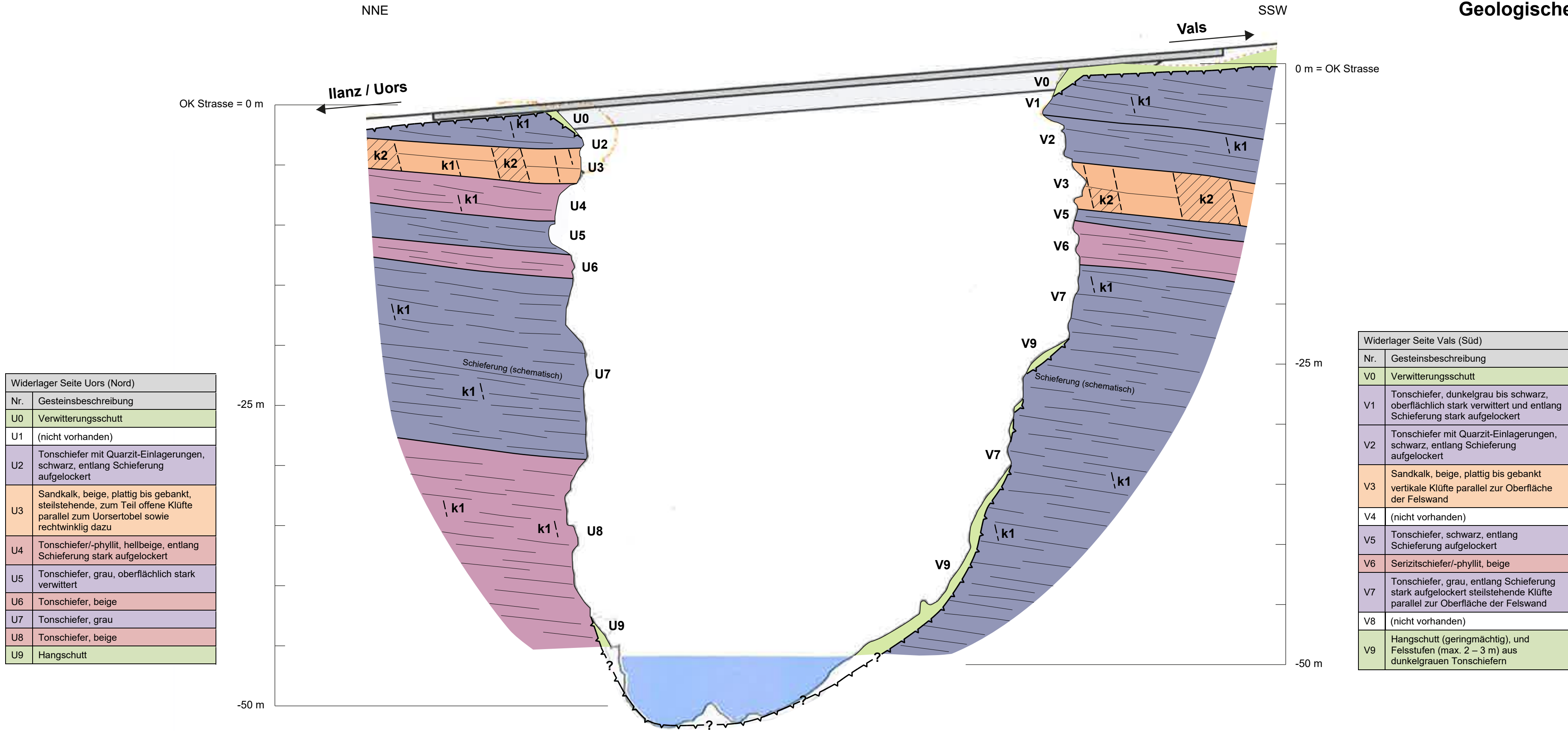


Anhang 3 Situation 1:1'000



Quelle: Casutt Wyrsh Zwickly AG, 10. Juli 2017: 748.00 Valserstrasse, Uorsertobel Sontga Catrina, Variantenstudie, Situation 1:500

Anhang 4
Geologische Profil
1:250



Plangrundlage: Casutt Wyrsh Zwicky AG, Juni 2017: 748.00 Valsenstrasse, Brücke Uorsertobel, Variantenstudium Neubau
Profil ungefähr auf Achse Fahrbahnrand West (Topografie anhand Feldbefund geringfügig angepasst)

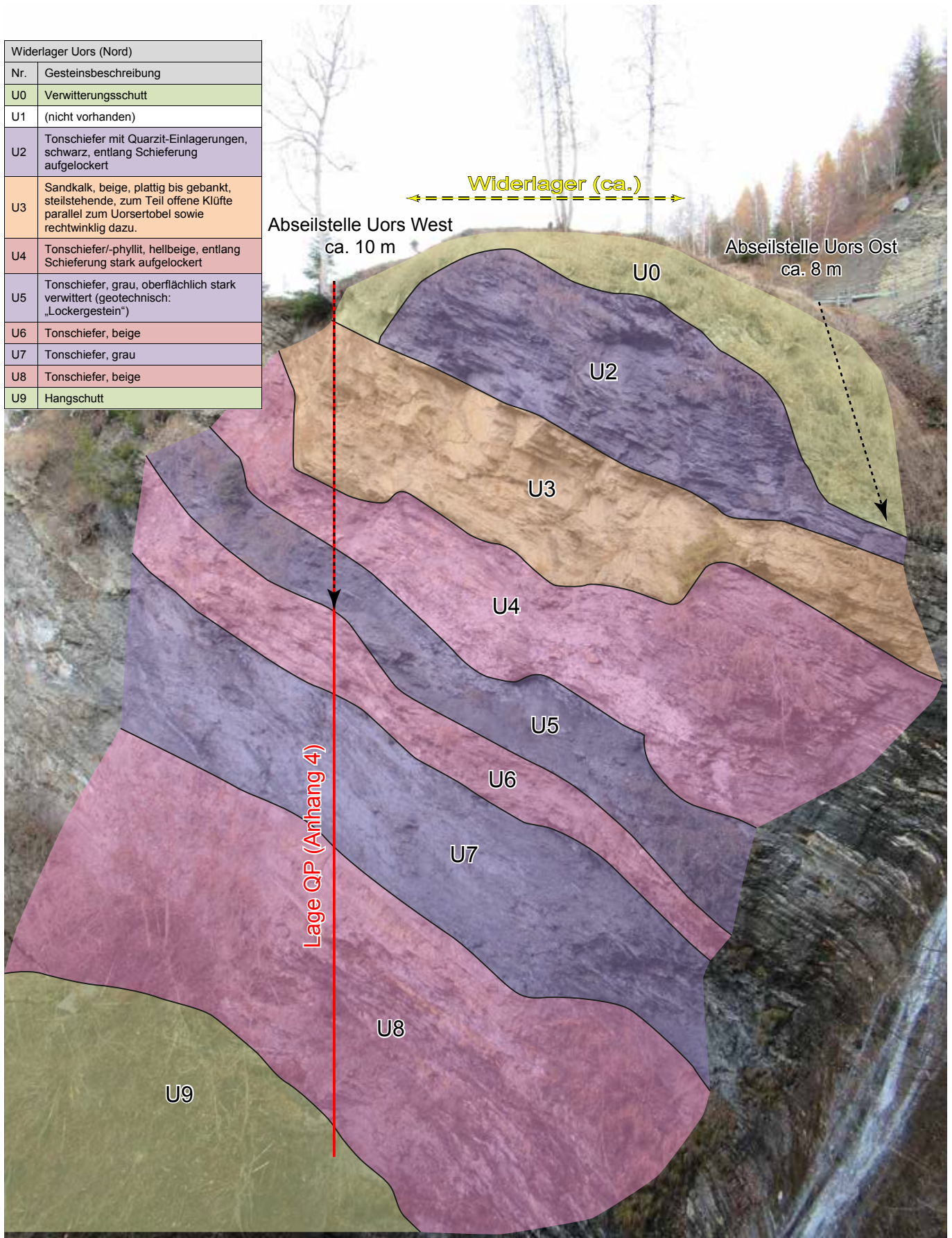
S:\Auftraege\5985_Geol_Valsenstrasse_Ausbau_Uorsertobel-Sontga-Catrina\Berichte\5985-1_geol_Grundlagen_Bruecke_Uorsertobel\5985-1_An4_GeolProfil_250.ai

Anhang 5

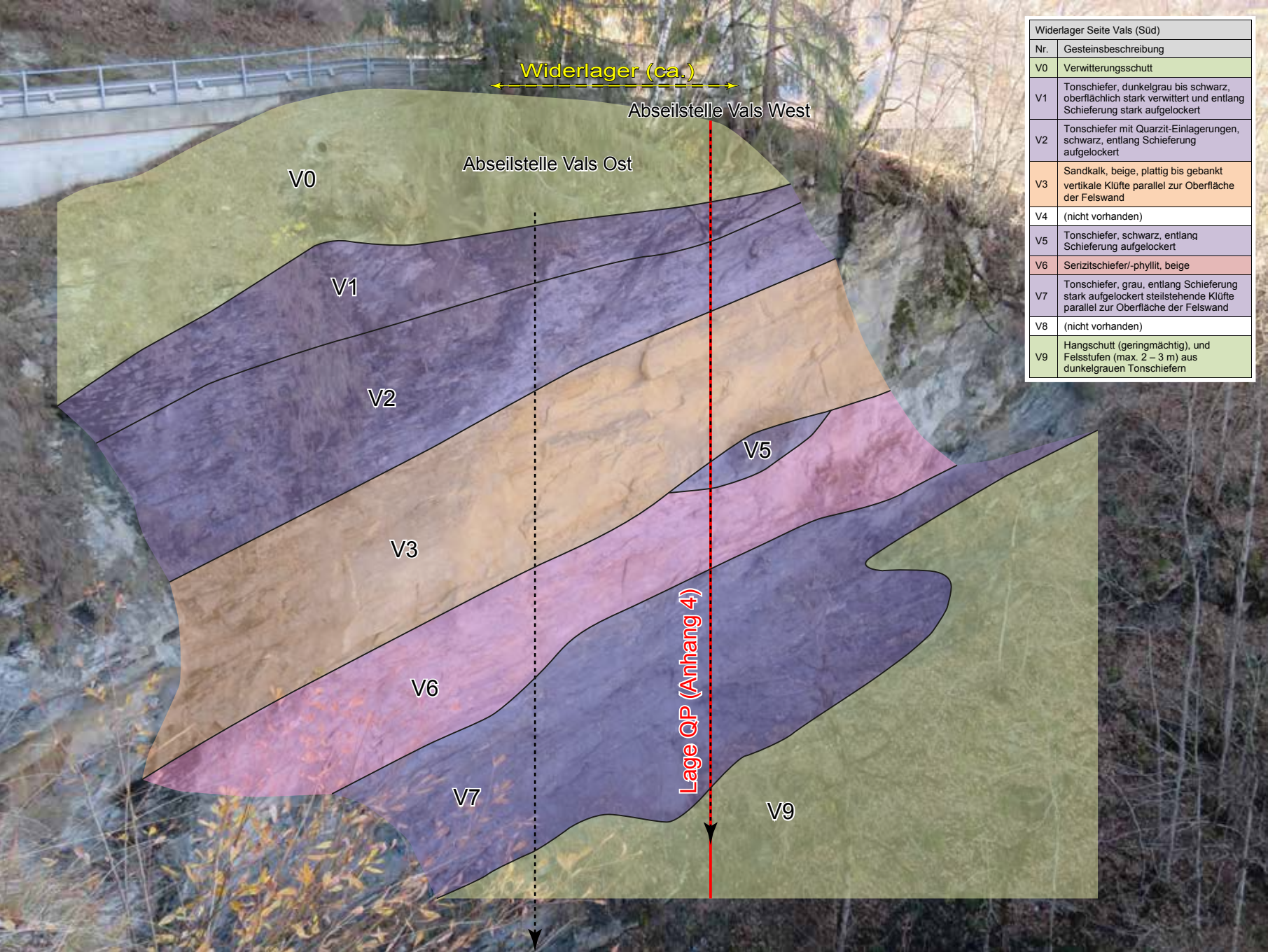
Aufsicht Felswand Seite Uors

(Blickrichtung N / NW)

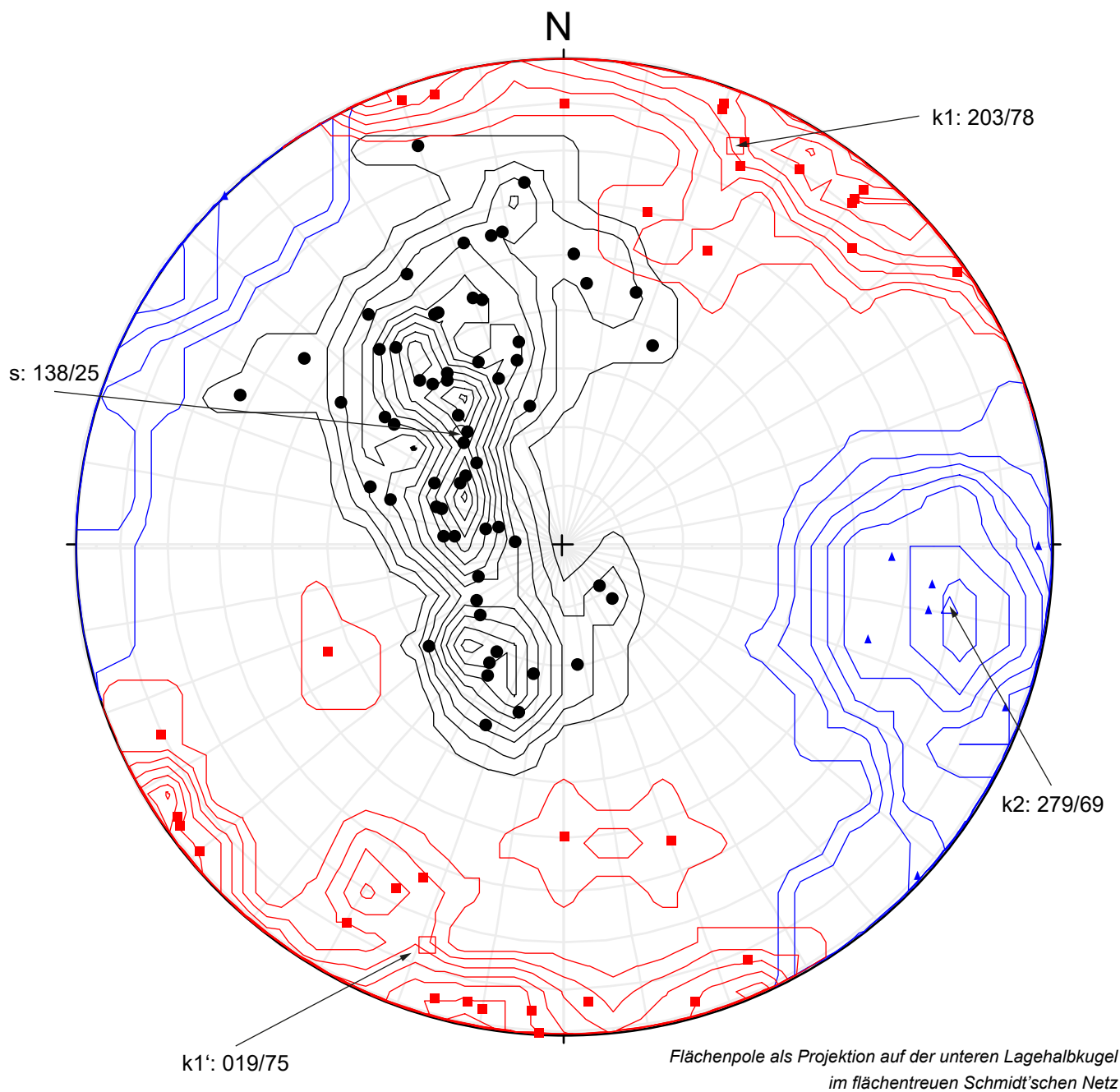
Widerlager Uors (Nord)	
Nr.	Gesteinsbeschreibung
U0	Verwitterungsschutt
U1	(nicht vorhanden)
U2	Tonschiefer mit Quarzit-Einlagerungen, schwarz, entlang Schieferung aufgelockert
U3	Sandkalk, beige, plattig bis gebankt, steilstehende, zum Teil offene Klüfte parallel zum Uorsertobel sowie rechtwinklig dazu.
U4	Tonschiefer-/phyllit, hellbeige, entlang Schieferung stark aufgelockert
U5	Tonschiefer, grau, oberflächlich stark verwittert (geotechnisch: „Lockergestein“)
U6	Tonschiefer, beige
U7	Tonschiefer, grau
U8	Tonschiefer, beige
U9	Hangschutt



Anhang 6 Aufsicht Felswand Seite Vals (Blickrichtung SW)



Statistische Auswertung Gefügemessungen; Stereographische Projektion



Anzahl Messpunkte:

●	Schieferung s	60
■	Klüftung k1	33
▲	Klüftung k2	8
Total		101

Stereoplot der Trennflächenmessungen
für die BTG-Berichte Nr. 5985-1 und 5985-2

Dargestellt sind die Flächenpole als Projektion der unteren Lagehalbkugel in ihre Äquatorebene (Normalnetz, flächentreu). Mit dem Programm Stereonet 9 (R. Allmendinger, 2011-2016) wurden die relative Dichte der Flächenpole (Anzahl Pole pro Flächeneinheit) mit der Kamb-Methode dargestellt. Die Mittelwerte der Schieferungs- und Klüffflächen wurde mit der Fisherverteilung errechnet.

Fotodokumentation

Aufnahmen: Thomas Breitenmoser, Reto Wanner

Datum: 6., 16. und 29. November 2018

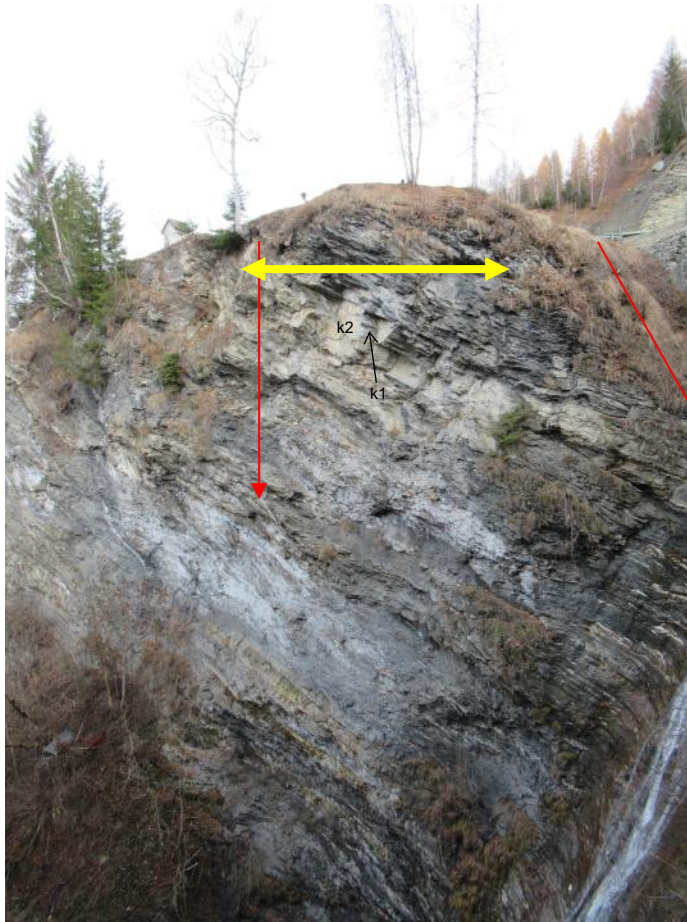


Foto 1: Felswand unterhalb Widerlager Seite Uors mit Abseilstellen Uors West und Uors Ost vom 29.11.2019 (→) und ungefähre Lage des Widerlagers (↔).

Schieferung fällt ungefähr parallel zum Streichen der Wand mit ca. 20° nach Ost bis Südost (bergwärts) ein.

Unmittelbar westlich (im Bild links) des Widerlagers biegt die Felswand nach Nordwesten ab.



Foto 2: Felswand unterhalb Widerlager Seite Uors mit Abseilstellen Uors West und Uors Ost vom 29.11.2019 (→)

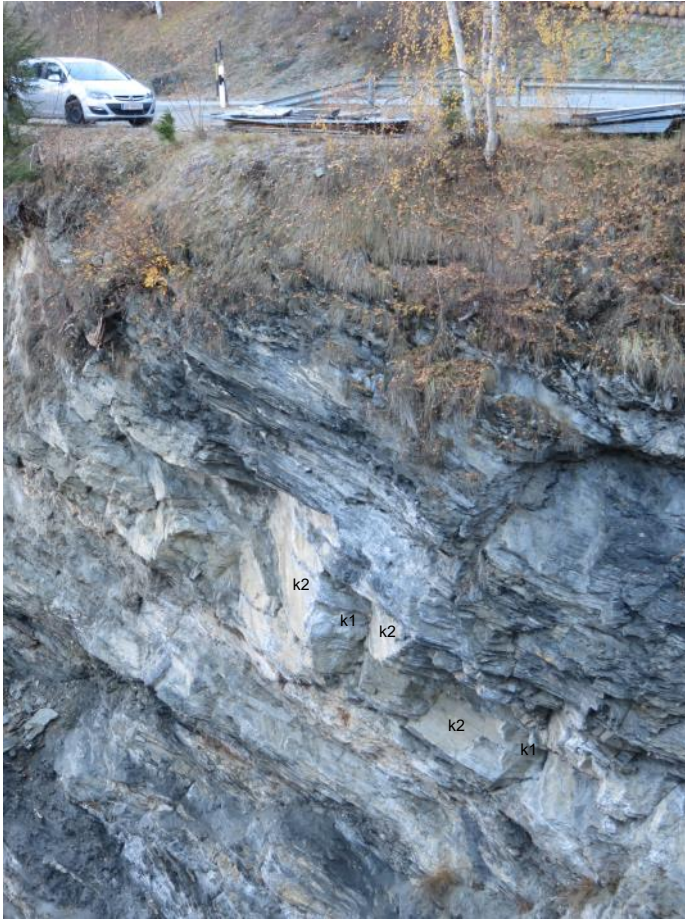


Foto 3: Felswand Seite Uors: oberster Wandbereich unter der zukünftigen Fahrbahn.



Foto 4: Felswand Seite Uors (oberer Wandteil von unten); im Bereich unter der geplanten Strasse besteht ein überhängender Felskopf (O).



Foto 5: Felswand Seite Uors, Abseilstelle Uors West; massiger Sandkalk ca. 3 -6 m unter Strassenniveau.

Hauptklüftung k1 parallel zur Felswand, steilstehende weitere Klüfte k2 (---).



Foto 6: Felswand Seite Uors, Abseilstelle Uors West; stark verwitterte Tonschiefer 6 – 8 m unter Strassenniveau.



Foto 7: Felswand Seite Uors, Abseilstelle Uors West; Tonschiefer 6 – 8 m unter Strassenniveau oberflächlich stark aufgelockert.



Foto 8: Felswand Seite Uors, Abseilstelle Uors Ost; hellgrauer Kalkschiefer ca. 12 m unter Strassenniveau, Durchtrennung entlang Schieferung deutlich geringer als in den schwarzen Tonschiefern.



Foto 9: Felswand Seite Uors, Abseilstelle Uors Ost; hellgrauer Kalkschiefer, steilstehende Kluft k2 ca. rechtwinklig zur Felsoberfläche, ca. 12 m unter Strassenniveau.



Foto 10: Felswand unterhalb Widerlager Seite Vals mit Abseilstellen Vals Ost und Vals West vom 29.11.2019 (→) mit ungefährr Lage des Widerlagers(↔) und entlang k1-Klüften losgelösten Blöcken (○)



Foto 11: Felswand Seite Vals vom Wandfuss (ca. 22 m unter Strassen-niveau).



Foto 12: Felswand Seite Vals: aufgelockerte schwarze Tonschiefer am Wandfuss (ca. 22 m unter Strassen-niveau); Schichtung / Schieferung 10 – 20° bergwärts geneigt.



Foto 13: Felswand Seite Vals, Abseilstelle Vals Ost; schwarze Tonschiefer über gelbem Sandkalk mit entlang k1-Kluft losgelöstem Block.



Foto 14: Felswand Seite Vals, Abseilstelle Vals Ost; schwarze Tonschiefer mit mässiger Auflockerung ca. 7 – 12 m unter Strassenniveau. Schieferung ca. 20° zur Wand geneigt.



Foto 15: Felswand Seite Vals, Abseilstelle Vals Ost, unterer Wandbereich mit Wechsellagerungen von gelbem gebanktem Sandkalk mit steilstehenden Klüften und grauen bis schwarzen Tonschiefern.



Foto 16: Felswand Seite Vals, Abseilstelle Vals Ost, oberer und mittlerer Wandteil; oben schwarze Schiefer, stark verwittert, darunter gelbe Sandkalke (gebankt, hart) und gelbe Schiefer/Phyllite (Triasschuppe?).



Foto 17: Felswand Seite Vals, Abseilstelle Vals West, oberer und mittlerer Wandteil; oben schwarze Schiefer, stark verwittert, darunter gelbe Sandkalke (gebankt, hart), mit steilstehenden Klüften.



Foto 18: Felswand Seite Vals, Abseilstelle Vals West, mittlerer Wandteil (12 – 13 m unter Strassenniveau): schwarze Schiefer, wenig verwittert, darunter graue Tonschiefer, stark verwittert.



Foto 19: Felswand Seite Vals, Abseilstelle Vals West, gesamte Wand von unten; im obersten Bereich (bis ca. 8 m unter Strassenniveau) stark überhängend.