

Kanton Glarus - Bau und Umwelt

---

## KLÖNTALERSTRASSE

### INSTANDSETZUNG STÜTZMAUER / STRASSENPROJEKT VORDER RUESTELKOPF

# GEOLOGISCH-GEOTECHNISCHER BERICHT

Bericht Nr.: 6162-1  
Datum: 23. Dezember 2021  
Sachbearbeiter: D. Figi, Dipl. Natw. ETH, MEng Civil-Engineering

---



**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

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1.	Auftrag	1
1.2.	Aufgabenstellung	1
1.3.	Projekt	1
1.4.	Verwendete Unterlagen	1
<b>2.</b>	<b>Durchgeführte Untersuchungen</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Geologisch-hydrogeologischer Überblick</b>	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b>Resultate der Untersuchungen</b>	<b>3</b>
4.1.	Kartierung, Geologische Verhältnisse	3
4.1.1.	Fels	3
4.1.2.	Lockergestein	4
4.2.	Trennflächenanalyse	4
4.3.	Kinematische und stereographische Analysen	5
4.3.1.	Allgemeines	5
4.3.2.	Resultate	6
4.4.	Hydrogeologie	7
<b>5.</b>	<b>Beurteilung / Geologisches Modell</b>	<b>7</b>
5.1.	Allgemeines / Lithologische Grenzen	7
5.2.	Baugrundwerte	7
5.3.	Kenntnislücken	8
<b>6.</b>	<b>Bauliche Folgerungen</b>	<b>8</b>
6.1.	Bergseitiger Felsabtrag	8
6.2.	Foundation Stützmauer	9

## **ANHÄNGE**

- 1 Übersicht, 1:25'000
- 2 Statistische Auswertung Gefügemessungen
  - a. Stereographische Projektionen
  - b. Kinematische Analysen
- 3 Drohnenaufnahmen mit Felsaufschlüssen,
  - a. ca. Pm 30 – 100
  - b. ca. Pm 115 – 165
  - c. ca. Pm 160 – 230
  - d. ca. Pm 190 – 290
- 4 Fotodokumentation

## **BEILAGEN**

- 1 Geologische Situation, 1:200
  - a. Pm 0 – 115
  - b. Pm 115 - 213
  - c. Pm 213 – 341
- 2 Geologische Querprofile, Pm 0 – 341, 1:200

## **1. EINLEITUNG**

### **1.1. Auftrag**

Mit Schreiben vom 15. September 2021 erteilte das Departement Bau und Umwelt, Abteilung Tiefbau des Kantons Glarus, unserem Büro den Auftrag zur Erarbeitung der geologischen Grundlagen beim Strassenprojekt sowie der Instandsetzung der Stützmauer Vorder Ruestelkopf, Klöntal, Gemeinde Glarus (mittlere Koordinaten: 2'718'250 / 1'210'600).

### **1.2. Aufgabenstellung**

Entlang der Klöntalerstrasse im Bereich Vorder Ruestlkopf ist Anfang Juli 2021 die talseitige Stützmauer auf einer Länge von knapp 10 m abgerutscht. Der Streckenabschnitt wurde mit einer Hilfsbrücke umfahren. Der abgerutschte Stützmauerabschnitt wurde im Herbst 2021 gesichert und instandgesetzt. Westlich sowie östlich daran angrenzend soll anschliessend (2022) in einer 1. Etappe ein rund 115 m langer Abschnitt der Stützmauer instandgesetzt werden.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wird zurzeit ein generelles Projekt mit dem Strassenverlauf im gesamten Abschnitt des Vorder Ruestelkopfs (ca. 340 m lang) ausgearbeitet.

Für die Ausarbeitung des Strassenprojekts sind die geologischen Grundlagen zu erarbeiten.

### **1.3. Projekt**

Der abgerutschte Stützmauerabschnitt wurde unterfangen resp. wieder aufgebaut (Hohlräume mit Füllbeton geschlossen) und mittels Zugpfähle zurückgebunden sowie mittels Druckanker fundiert (vgl. Beilage 2, Schnitt G). Daran angrenzende Stützmauerbereiche (Beilage 2, Schnitt E) der Etappe 1 sollen analog gesichert werden.

Die bestehende Stützmauer im Bereich der Etappen 2 und 3 ist in überwiegend gutem Zustand und soll nach Möglichkeit so belassen werden. Im Zusammenhang mit der Erstellung einer talseitigen Auskragung/Brücke für Fussgänger, soll der Kordon fahrbahnseitig mittels Mikropfählen gesichert werden [7].

### **1.4. Verwendete Unterlagen**

- [1] Goodman R.E., 1980: Introduction to rock mechanics, 1nd edn. Wiley, New York, 478 pp.
- [2] Hudson A., Harrison, J. 1997: Engineering Rock Mechanics, An introduction to principles, Pergamo.
- [3] BTG Büro für Technische Geologie AG, Bericht Nr. 5060-7 vom 23. April 2007: Projekt Pumpspeicherwerk Linthal 2015, Geologie Muttseegebiet, Untersuchungskampagne 2006, Geologischer Bericht



- [4] BTG Büro für Technische Geologie AG, Bericht Nr. 6065-3 vom 7. Juni 2020: Steinschlagschutz Vorder Ruestelchopf, Klöntal, Ausführungsprojekt Pläne
- [5] Schweizer Norm SIA 261 Bauwesen, 2014: Einwirkungen auf Tragwerke (SN 505 261).
- [6] Geoportal des Kantons Glarus: Naturgefahrenkarte, Grundwasserkarte, Gewässerschutzkarte ([www.geo.gl.ch](http://www.geo.gl.ch)).
- [7] Conzett Bronzini Partner AG: Klöntalerstrasse, Wegverbindung Vorder Ruestelchopf, Vorprojekt, Instandsetzung und Verstärkung Stützmauer Etappe 1 bis Etappe 3; Normalquerschnitte
- [8] Geoportal der Schweizer Eidgenossenschaft: GeoCover, geologische Karten, swissALTI3D ([www.map.geo.admin.ch](http://www.map.geo.admin.ch)), Stand November 2021
- [9] [www.pronetstal.ch](http://www.pronetstal.ch): Geschichte des Kraftwerks am Löntsch

## 2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Am 8. Oktober 2021 haben wir den 340 m langen Strassenabschnitt begangen und die Verhältnisse unterhalb der Strasse sowie oberhalb (im Bereich der projektierten Felsabträge) geologisch beurteilt. Dabei wurden insbesondere die Felsaufschlüsse kartiert und charakterisiert sowie das Felstrennflächengefüge, die Lockergesteinsüberdeckung (falls vorhanden), die morphologischen und die hydrogeologischen Gegebenheiten aufgenommen.

## 3. GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Die Klöntalerstrasse verläuft im Projektgebiet direkt angrenzend ans linke Ufer des Klöntalersees, welcher durch den Schuttkegel eines prähistorischen Bergsturzes entstanden ist und beim Bau des Kraftwerks Löntsch weiter aufgestaut wurde.

Der Strassenabschnitt wurde zwischen 1905 und 1908 im Zusammenhang mit Bau des Krafwerks am Löntsch erstellt (vgl. Anhang 4) und verläuft im Bereich Vorder Ruestelkopf entlang von steilen bis senkrechten Felswänden die aus verschiedenen helvetischen Gesteinseinheiten (Seewen-Fm, Bürgen-Fm, Öhrli-Fm, Betlis-Fm, helvetischer Kieselkalk, Schrattenkalk) bestehen [8].

Beim Bau der Strasse waren insbesondere im westlichen Abschnitt (Pm 30 – Pm 200) z.T. grössere Felsabträge resp. -einschnitte erforderlich. Talseits der Strasse wurde fast durchgehend eine Stützmauer (Trockenmauer) erstellt, die mehrheitlich auf dem Fels, lokal aber auch auf Blockschutt oder allenfalls Felsausbruch fundiert ist.

Der Untersuchungsperimeter liegt vollständig im Gewässerschutzbereich A<sub>U</sub> [6]. Quellen mit rechtsgültig ausgeschiedenen Schutzzonen sind im Projektgebiet keine vorhanden.

## 4. RESULTATE DER UNTERSUCHUNGEN

### 4.1. Kartierung, Geologische Verhältnisse

Im Rahmen der geologischen Feldkartierung wurde das Gelände beidseitig der Strasse kartiert. Die Befunde sind in den geologischen Karten der Etappe 1 (Beilage 1a), Etappe 2 (Beilage 1b) und Etappe 3 (Beilage 1c) dargestellt. Die relevanten Beobachtungen sind im Anhang 3 und 4 mit Fotos dokumentiert.

#### 4.1.1. Fels

Entlang des untersuchten Strassenabschnitts sind drei verschiedene lithostratigraphische Gesteinsformationen aufgeschlossen. Diese sind in der Tabelle 1 zusammenfassend beschrieben und geologisch-geotechnisch charakterisiert. Die vorhandenen Unterschiede sind für die Fragestellung bezüglich Foundation eher von untergeordneter Bedeutung, sie sind aber betreffend der Aufgabenstellung Felsabtrag zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Beschreibung und Charakterisierung der im Projektgebiet aufgeschlossenen Gesteinsformationen			
Lithostratigraphische Formation	Gesteinstyp	Beschreibung Gestein	Geologisch-geotechnische Charakterisierung
Öhrli-Formation	Kalk	hellgrau anwitternder, spätiger Kalk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufig grob gebankt bis massig, nur lokal gebankt <sup>i)</sup></li> <li>• gering bis mässig geklüftet <sup>ii)</sup></li> <li>• regelmässig gelagert, Bankungsflächen planar</li> </ul>
Bürgen-/Stad-Formation	Mergel/ Kalksandstein/	glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dünn gebankt bis mehrheitlich gebankt, untergeordnet plattig</li> <li>• gering geklüftet</li> <li>• regelmässig gelagert, Bankungsflächen planar</li> </ul>
Seewen-Formation	Mergel / Kalk	Grauer, mergeliger bis mikritischer Kalk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• plattig bis gebankt</li> <li>• mässig geklüftet</li> <li>• regelmässig gelagert, Bankungsflächen planar</li> </ul>

i. *Einstufung der s-Flächen nach Trennflächenabständen (Bankung/Schichtung/Schieferung): massig > 200 cm, grob gebankt 60-200 cm, gebankt 20-60 cm, dünn gebankt 5-20 cm, plattig 0.5-5 cm, schiefrig < 0.5 cm*

ii. *Einstufung der Durchtrennung Klüftung:*

1. *ungeklüftet: Klüfte fehlend*
2. *gering: wenige unsystematische Klüfte, oder nur Kleinklüfte*
3. *grob –sehr grob: grosser Durchtrennungsgrad, mittlerer bis grosser Abstand*
4. *mässig: oft unregelmässig, nicht systematisch, kleiner bis mittlerer Durchtrennungsgrad*
5. *intensiv: meist systematisch, kleiner Abstand (3-10 dm), mehrere Klüftscharen*
6. *sehr intensiv: kleiner bis sehr kleiner Durchtrennungsgrad, mehrere Klüftscharen*

#### 4.1.2. Lockergestein

Im Bereich des westlichen (Pm 0-90) und östlichen (Pm 230-340) Projektperimeters ist talseits der Strasse eine mit max. 2 – 3 m geringmächtige Lockergesteinsbedeckung vorhanden. Dabei handelt es sich um blockigen Hangschutt (viele Steinen und Blöcke) mit wenig Feinanteil (ausgeschwemmt).

#### 4.2. Trennflächenanalyse

Die bei der Feldkartierung erhobenen Gefügemessungen wurden stereographisch ausgewertet und in verschiedene Trennflächenscharen unterteilt (vgl. Anhang 2a).

Die relevanten Felstrennflächen sind die Schichtungs- und die Kluffflächen. Bei den Kluffflächen sind drei verschiedene Kluffscharen (K1, K2 und K3) beobachtet worden.

Die im Projektgebiet während der Feldkartierung beobachteten und eingemessenen Trennflächen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt und im Anhang 2a stereographisch dargestellt.

Die geometrischen und geotechnischen Eigenschaften der einzelnen Trennflächen werden in der folgenden Tabelle 2 zusammenfassend beschrieben

Tabelle 2: Zusammenstellung der im Projektgebiet vorhandenen Trennflächen			
Trennfläche	mittlerer Fallazimut / Fallwinkel	Eigenschaften	Prozess
S	239/18	Die Schichtung fällt im Mittel flach bis lokal mässig steil in Richtung W bis S ein. Die Schichtflächen sind i.d.R. als Trennflächen mit mittlerem bis häufig grossem Durchtrennungsgrad ausgebildet. Die Bankmächtigkeiten sind Lithologie-bedingt variabel (vgl. Tabelle 1), aber oft gebankt bis grob gebankt.  Die Schichtflächen sind häufig planar bis leicht gewellt und mässig rau. Lokal können sie im cm-Massstab geöffnet sein.	vereinzelt als Gleitfläche wirksam (bei lokal genügend vorhandenen Freiheitsgraden und genügender Steilheit) resp. in Intersektion mit Klüften
K1 (K1')	210/85 (030/85)	Die K1-Klüfte fallen sehr steil in Richtung SW bis lokal überkippt NE ein und verlaufen somit häufig quer bis rechtwinklig zur Terrainoberfläche. Sie sind die am häufigsten beobachteten Klüfte und oft mittel- (Abstand 0.5 bis 2.0 m) bis weitständig (>2 m) sowie mit einem mittleren (Längen 1 – 5 m) bis selten auch grossen (> 5 m) Durchtrennungsgrad ausgebildet.	Bei senkrechten Felswänden lokal als Gleitfläche oder Ablösefläche wirksam
K2	278/80	K2-Klüfte fallen sehr steil in Richtung W und somit bergwärts und annähernd senkrecht zu K1 ein. Die i.d.R. mittel durchtrennenden K2-Klüfte sind immer weitständig (Abstand > 2.0 m)	Im Verschnitt mit weiteren Trennflächen als Gleitfläche wirksam (keilförmiges Gleiten)

K3	160/83	<p>Die k3-Klüfte fallen sehr steil mit 80 – 90 ° in Richtung SSE ein und sind über das gesamte Untersuchungsgebiet die am wenigsten häufig auftretende Trennfläche.</p> <p>Die k3-Klüfte sind vereinzelt engständig, in der Regel aber mittel- bis weitständig und vorwiegend mit einem mittleren (2- 5 m) bis selten grossen Durchtrennungsgrad (&gt; 5 m) ausgebildet.</p>	Bei senkrechten Felswänden lokal als Gleitfläche oder Ablösefläche wirksam
----	--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

### 4.3. Kinematische und stereographische Analysen

#### 4.3.1. Allgemeines

Zur Beurteilung der Stabilität der Felsböschungen (u.a. bei Felsabträgen) sowie zur Identifizierung der möglichen Bewegungs-/Versagensmechanismen wurden mittels stereographischer Auswertungen kinematische Analysen der massgebenden Felstrennflächen (Schichtung, Klüftung) durchgeführt (vgl. Anhang 2b). Die Methode beruht auf der vereinfachten Annahme von starren Bruch-/Kluftkörpern, bei welchen die Felstrenn- resp. Ablöseflächen als vollständig persistent, kohäsionslos und trocken angenommen werden [2]. Die Methode eignet sich deshalb insbesondere zur Beurteilung, welche Bewegungsmechanismen bei den vorhandenen Felstrennflächen und Hangneigungen und unter Berücksichtigung des Reibungswiderstandes kinematisch möglich resp. plausibel sind.

Für die Felsböschungen wurden Block-Kippen (toppling), planares Gleiten (planar sliding) und Keilgleiten (wedge sliding) mit Reibungswinkeln von 35° untersucht. Die Analysen wurden für die Etappen 2 und 3 und somit für zwei (leicht) abweichende Hangexpositionen und -neigungen durchgeführt (vgl. Tabelle 3).

In Übereinstimmung mit Goodman [1] wurde angenommen, dass ein Kippen nur möglich ist, wenn die Pole der Diskontinuitäten, die das Umkippen steuern, Azimute haben, die weniger als 30° von der Hangneigungsrichtung abweichen. Ähnlich wie beim Kippen wurde beim Gleiten eine Umhüllende die um 20° von der Hangneigungsrichtung abweicht, berücksichtigt [2].

In der Tabelle 3 sind die für die Analysen angenommen Eingabeparameter aufgeführt.

Projekt-Km	Geologische Einheit	Hanglage (Azimut/ Einfallen)	Reibungs-winkel	Trennfläche (Azimut/ Einfallen)			
				S	K1	K2	K3
0-115	Öhrli-Formation	Keine Felsabträge geplant					
115-213	Bürgen-Formation	155/75	35°	239/18	210/85	278/80	160/83
	Seewen-Formation						
213-341	Seewen-Formation	160/85					

### 4.3.2. Resultate

In der Tabelle 4 sind die Resultate der kinematischen Analysen zusammengefasst. Im Anhang 2b sind die den kinematischen Analysen zu Grunde liegenden stereographischen Auswertungen dargestellt.

Tabelle 4: Resultate kinematische Analysen / Bewegungsmechanismen						
Lokalität	geo- logische Einheit	Bewegungsmechanismus				Anhang 2b
		Gleiten		Kippen		
		planar	keilförmig	Blockkippen	Biegekippen	
115-213	Bürgen- Formation	kinematisch nicht möglich	unwahr- scheinlich	kinematisch nicht möglich	-	Abb. 1
	Seewen- Formation					
213-341	Seewen- Formation	entlang von K3-Klüften möglich	entlang Ver- schneidung von K1 oder K2 mit K3 möglich	entlang von K3 (Ablöse- flächen) möglich	-	Abb. 2

Im Bereich der Öhrli-Formation (Pm 0 – 115) sind gemäss derzeitigem Projektstand keine Felsabträge geplant (vgl. Beilage 1 a). Die bisherigen Erfahrungen im Zusammenhang mit dem Projekt SSV Ruestelkopf [4] zeigen, dass sich der überwiegend grob gebankte, häufig gering geklüftete Fels der Öhrli-Formation bei Abträgen generell standfest verhält.

Im Projektabschnitt Pm 115-213 (Bürgen-/Seewen-Formation) ist ein planares und keilförmiges Gleiten kinematisch nicht möglich (Reibungswinkel > Einfallen Schichtung). Ein Kippen ist kinematisch möglich, wird aber als unwahrscheinlich eingestuft (zu wenig seitliche Freiheitsgrade resp. Ablöseflächen vorhanden). Bei den geplanten Felsabträgen ist generell mit standfesten Verhältnissen zu rechnen.

Im Bereich der Seewen-Formation (Pm 213 – 314) ist kinematisch sowohl ein planares und keilförmiges Gleiten als auch ein Kippen möglich. Die Schichtung als massgebende Trennfläche ist horizontal bis flach bergwärts einfallend und in die theoretisch möglichen Bewegungsmechanismen nicht involviert. Lokal auftretende, potenziell instabile Kluffkeile (keilförmiges Gleiten) sind beim Felsabtrag bei genügender Durchtrennung der Kluffflächen möglich.

#### **4.4. Hydrogeologie**

Der Strassenabschnitt liegt komplett im Gewässerschutzbereich Au.

Das grobkörnige bis grobblockige, locker gelagerte Lockergestein ist überwiegend gut durchlässig. Der darunter lagernde, vorwiegend gering durchlässige Fels (intakt) ist als Stauhorizont zu betrachten, d.h. bei entsprechender Witterung kann sich eine Sickerströmung entlang der Felsoberfläche einstellen. Ein zusammenhängender Hang- oder Bergwasserspiegel existiert jedoch nicht.

Aufgrund der Morphologie des Ruestelkopfs ist das Einzugsgebiet für oberflächliches Niederschlagswasser relativ bescheiden.

Entlang von offenen Felstrennflächen kann auch der Fels lokal gut durchlässig sein. Grundsätzlich ist im Bereich von Geländemulden mit mehr Hangwasser zu rechnen als auf Rippen.

Während der Begehungen konnten weder im Bereich der Felsaufschlüsse noch im Lockergestein Wasseraustritte festgestellt werden.

### **5. BEURTEILUNG / GEOLOGISCHES MODELL**

#### **5.1. Allgemeines / Lithologische Grenzen**

Das anhand der Feldaufnahmen erstellte geologische Modell ist in der Situation (Beilagen 1a bis 1c) und in den geologischen Querprofilen (Beilage 2) dargestellt. Der Fels liegt entlang des gesamten Projektperimeters überwiegend oberflächennah.

#### **5.2. Baugrundwerte**

In der Tabelle 5 sind die Felskennwerte für die Festgesteine der Öhrli-Formation, Stad- / Bürgen-Formation und Seewen-Formation aufgeführt. Angegeben werden der Mittelwert und in Klammern der Streubereich (Extremwerte). Die Felskennwerte basieren auf Erfahrungswerten [3]. Es wurden keine Laborversuche durchgeführt.

Tabelle 5: Abschätzung Baugrundwerte Festgestein (Felskennwerte)								
Fels	Druckfestigkeit	E-Modul	Feuchtraumgewicht	Reibungswinkel		Kohäsion		Äusserer Tragwiderstand (Verankerung)
	$\sigma_c$	E	$\gamma$	$\varphi'$		c'		$R_{ak}$
	MPa	GPa	kN/m <sup>3</sup>	°		MPa		kN/m; kN
				Gestein	Trennfläche	Gestein	Trennfläche	
Öhrl-Formation	100 (± 30)	25 (± 5)	27 (± 0.2)	38 (± 5)	32 (± 3)	5 (± 1.0)	0.2 (± 0.1)	Zug: 110 Schub mind. 100
Bürgen-/Stad-Formation	75 (± 35)	18 (± 5)	27 (± 0.2)	34 (± 5)	30 (± 3)	3.5 (± 0.5)	0.1 (± 0.1)	
Seewen-Formation	60 (± 25)	15 (± 5)	27 (± 0.2)	33 (± 3)	30 (± 3)	3.0 (± 1)	0.1 (± 0.1)	

Bemerkung:

- Bei den angegebenen Kennwerten (Druckfestigkeit und E-Modul) handelt es sich um Gesteinskennwerte. Die Gebirgskennwerte sind um 20 – 50 % vermindert.
- Für den gesunden Fels sind hinsichtlich Reibungswinkel und Kohäsion die Werte für das Gestein und für die aufgelockerte rund 1.5 m mächtige Felsoberflächenzone die unteren Grenzwerte der Trennflächenwerte zu verwenden.
- Äusserer Tragwiderstand fürs Lockergestein:  $R_{a,k} = 45$  kN/m (Zug) resp.  $R_{a,k} = 55$  kN (Schub) (→ beachte Kap. 6.2)

### 5.3. Kenntnislücken

Der Verlauf der Felsoberfläche wurde zwischen den vorhandenen Felsaufschlüssen interpoliert. Auf die eingezeichnete Felslinie in der Beilage 2 veranschlagen wir eine Höhenabweichung von +/- 1 m. Dies ist bei Ausschreibung der Verankerungen (vgl. Kap. 6) zu berücksichtigen.

## 6. BAULICHE FOLGERUNGEN

### 6.1. Bergseitiger Felsabtrag

Wie die aufgeschlossenen Felswände zeigen, sind die steilen bis senkrechten Felsanschnitte (unabhängig von der lithostratigraphischen Gesteinsformationen) grundsätzlich standfest.

Die kinematische Analyse (vgl. Kap. 4.3) zeigt, dass die Schichtung als wichtigste (persistente) Trennfläche nicht als theoretische Gleitfläche fungiert.

Die Felsabträge im Bereich der Etappen 2 und 3 können ohne Sicherung mit den geplanten Neigungen (75-85°, vgl. Beilage 2) und Böschungshöhen ausgeführt werden.

Allenfalls müssen infolge der oberflächlichen Auflockerung lokal im Bereich des Böschungskopfs die obersten Dezimeter abgetragen werden.

Im Bereich der Etappe 2 (wenig wahrscheinlich) und der Etappe 3 ist die Bildung von lokal instabilen Kluffkeilen möglich. Solche Kluffkeile sollen abgetragen werden.

## 6.2. Foundation Stützmauer

Im Bereich der Etappe 2 (Pm 115 – 213) sowie den unmittelbar westlich resp. östlich angrenzenden Bereichen ist der Fels am Fuss der bestehenden Stützmauer aufgeschlossen resp. lokal mit geringmächtigem Lockergestein (Blockschutt) bedeckt. Die Stützmauer ist auf dem gesunden, vorwiegend kompakten Fels fundiert. Es sind keine zusätzlichen Sicherungen erforderlich.

In den Bereichen der Etappen 1 und 3, in welchen die Stützmauer nicht direkt auf dem Fels aufliegt, ist die Stützmauer zur Gewährleistung der langfristigen Stabilität mittels Mikropfählen zu verstärken. Wir empfehlen, die Mikropfähle mind. 2 m im Fels einzubinden.

Sargans, 23. Dezember 2021

**BTG Büro für Technische Geologie AG**



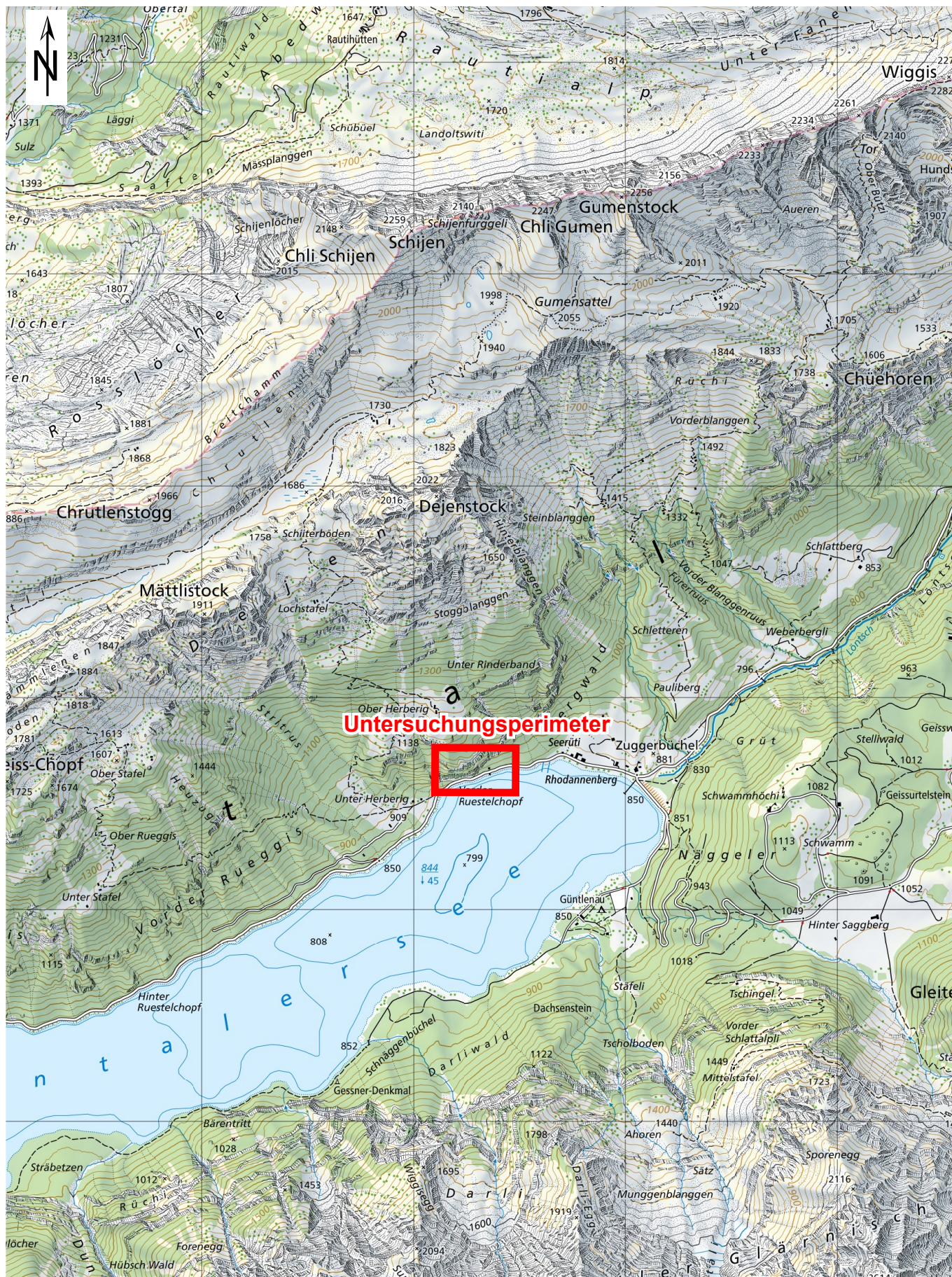
D. Figi



M. Forrer

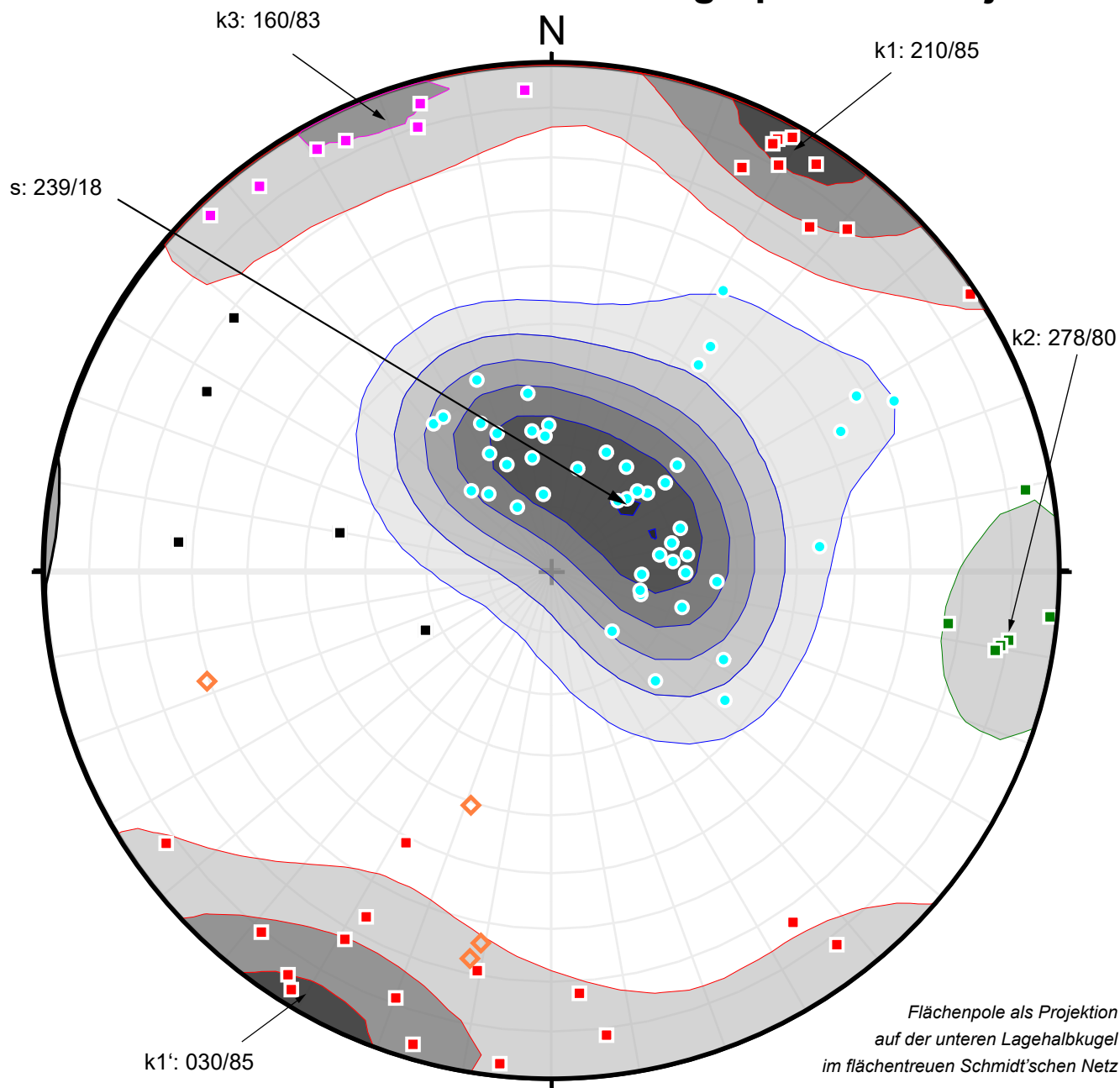


# Anhang 1 Übersicht 1:25'000





# Statistische Auswertung Gefügemessungen; Stereographische Projektion



## Anzahl Messpunkte:

●	Schichtung s	47
■	Kluftschar k1	25
■	Kluftschar k2	6
■	Kluftschar k3	7
■	Einzelklüfte	5
◆	Störungen	4
<b>Total</b>		<b>94</b>

Dargestellt sind die Flächenpole als Projektion der unteren Lagehalbkugel in ihre Äquatorebene (Normalnetz, flächentreu). Mit dem Programm Stereonet 11 (R. Allmendinger, 2011-2021) wurden die relative Dichte der Flächenpole (Anzahl Pole pro Flächeneinheit) mit der Kamb-Methode dargestellt.

# **Kinematische Analysen**

## Legende

Rot eingefärbt ist die kritische Vektorpolzone: falls Flächenpole (1 Trennfläche) oder Intersektionslineare (Verschnitt von 2 Trennflächen) im Bereich der roten Fläche liegen, ist der jeweilige Mechanismus kinematisch möglich.

Nachfolgendes Beispiel mit Erläuterung für eine mit  $70^\circ$  nach Norden ( $000/70$ ) einfallende Hangneigung (Felswand) und Trennflächen mit einem Reibungswinkel von  $30^\circ$ :

<p>Grosskreis Felswand Kleinkreis Reibungskegel W E S N Laterale Grenze daylight envelope</p>	<p>Grosskreis Felswand Kleinkreis Reibungskegel W E S N</p>
<p><b>Planares Gleiten:</b> Die kritische Zone für planares Versagen wird durch Pole definiert, die sich (a) ausserhalb des Polreibungskreises, und (b) innerhalb der <i>daylight envelope</i> (Raum in dem freies Gleiten möglich ist) befinden.</p>	<p><b>keilförmiges Gleiten:</b> Die kritische Zone für Keilgleiten ist der halbmond-förmige Bereich innerhalb des ebenen Reibungskegels und ausserhalb der Hangebene. Schnittpunkte, die in dieser Zone liegen, stellen Keile dar, welche die reibungstechnischen und kinematischen Bedingungen für das Gleiten erfüllen.</p>
<p>Grosskreis Felswand Kleinkreis Reibungskegel W E S N reines Kippen Kippen / Gleiten 90°-Reibungswinkel Laterale Grenze</p>	<p>Grosskreis Felswand Kleinkreis Reibungskegel W E S N Einfallswinkel Felswand-Reibungswinkel Laterale Grenze</p>
<p><b>(Block-) Kippen:</b> zwei Diskontinuitäten müssen sich so schneiden, dass die Schnittlinien bergwärts einfallen und einzelne Kippblöcke bilden können. Eine dritte Diskontinuität fungiert als Auslöse- oder Gleitebene und ermöglicht das Kippen der Blöcke.</p>	<p><b>Biege-Kippen:</b> Eine Diskontinuität ist kritisch für das <i>flexural toppling</i>, wenn es sich (a) um eine bergwärts einfallende Hangdiskontinuität handelt und (b) die Neigung <math>&lt; 90^\circ - \text{Neigung} + \text{Reibungswinkel}</math> ist. → <b>Biege-Kippen</b> wurde nachfolgend nicht behandelt (für Fragestellung / vorl, Lithologien nicht relevant)</p>

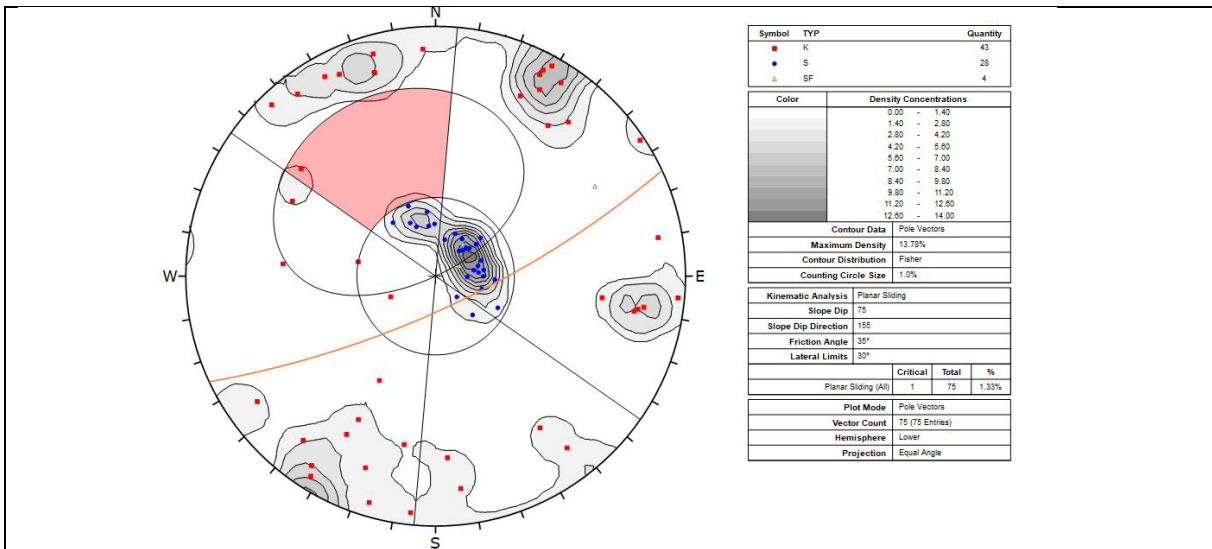


Abb. 1a: Pm 115-213: Kinematische Analyse planares Gleiten für südsüdöstliche (155/75) Felswandneigungen.

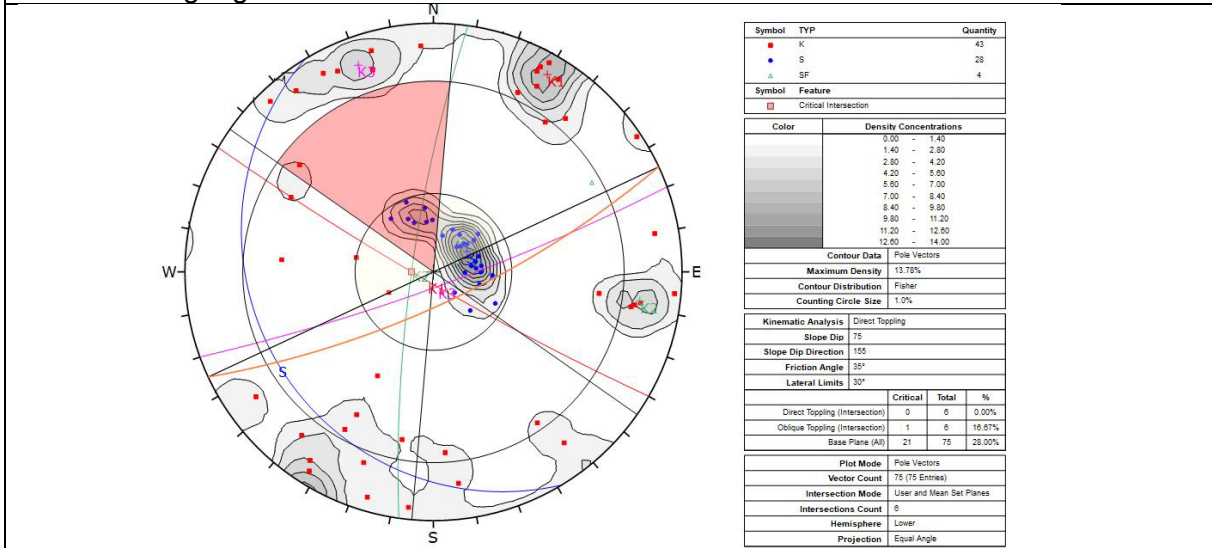


Abb. 1b: Pm 115-213: Kinematische Analyse (Block-) Kippen für südsüdöstliche (155/75) Felswandneigungen.

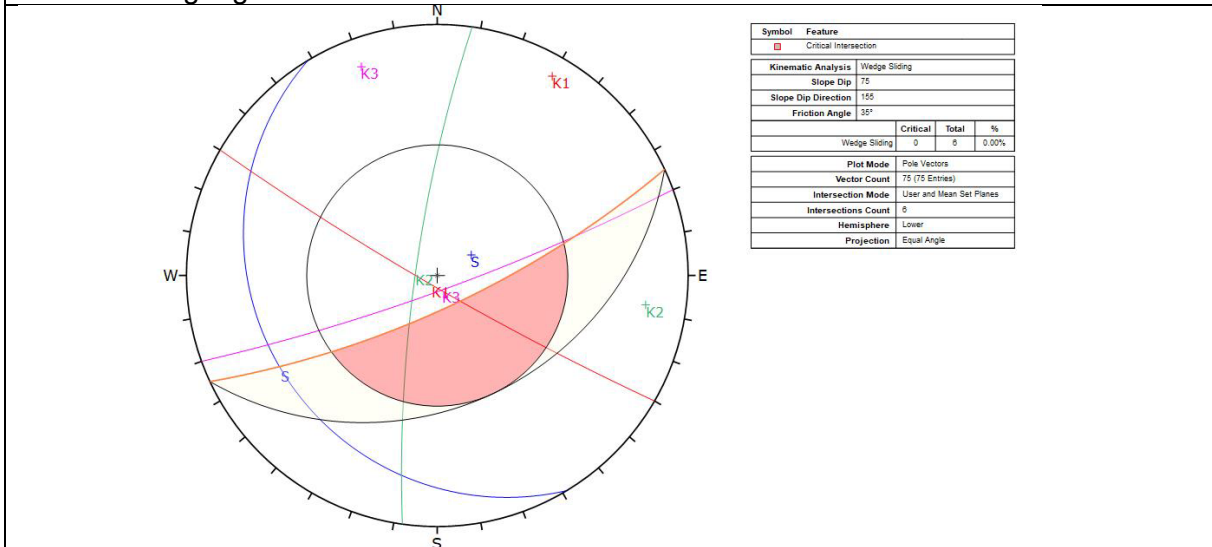


Abb. 1c: Pm 115-213: Kinematische Analyse keilförmiges Gleiten für südsüdöstliche (155/75) Felswandneigungen.

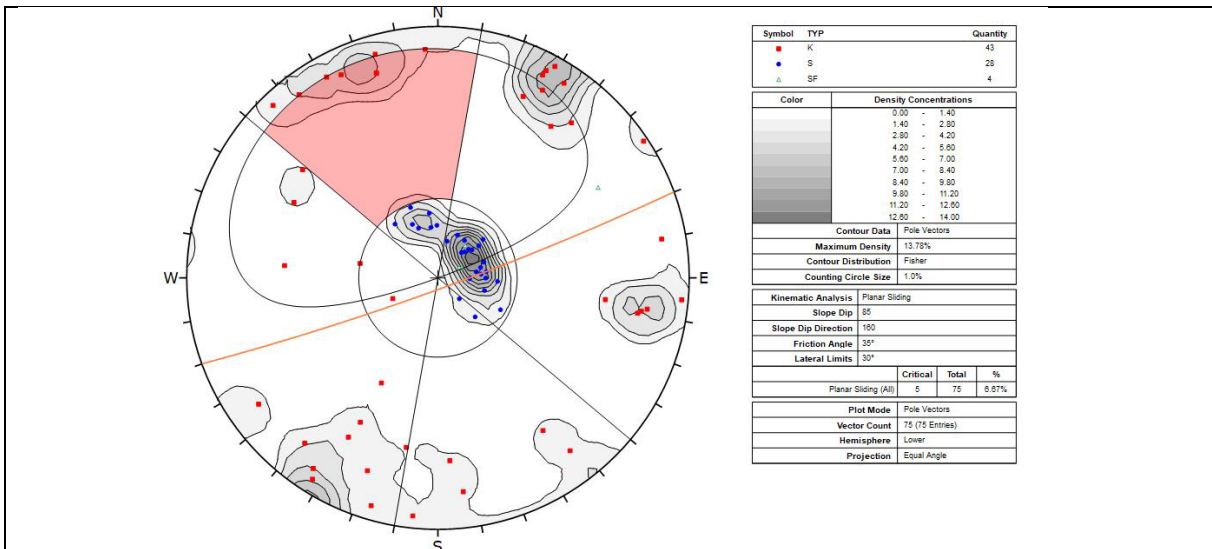


Abb. 2a: Pm 213-341: Kinematische Analyse planares Gleiten für südsüdöstliche (160/85) Felswandneigungen.

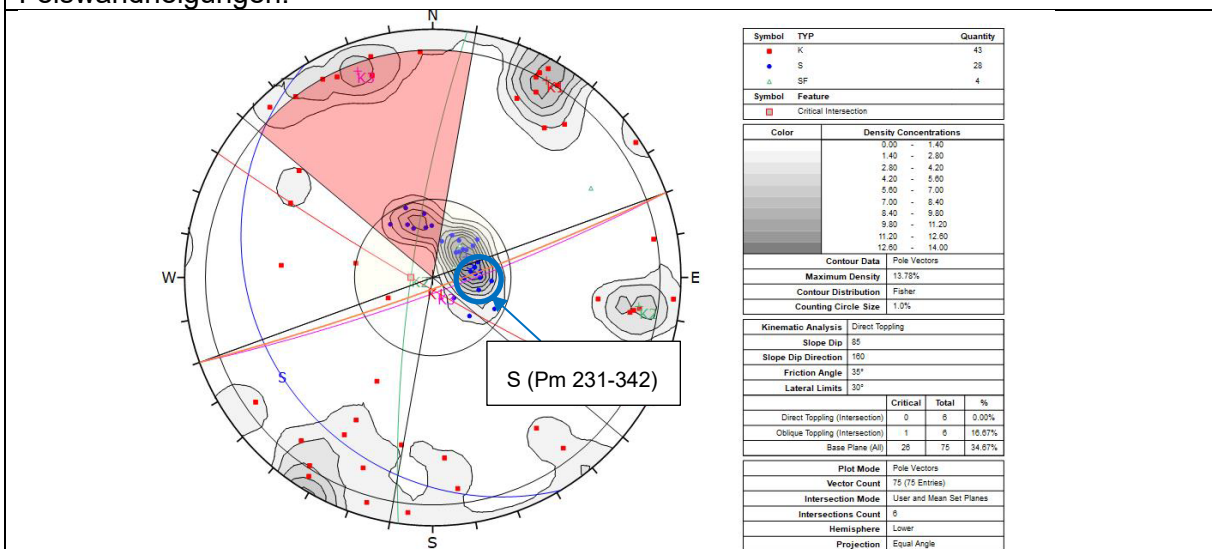


Abb. 2b: Pm 213-341: Kinematische Analyse (Block-) Kippen für südsüdöstliche (160/85) Felswandneigungen.

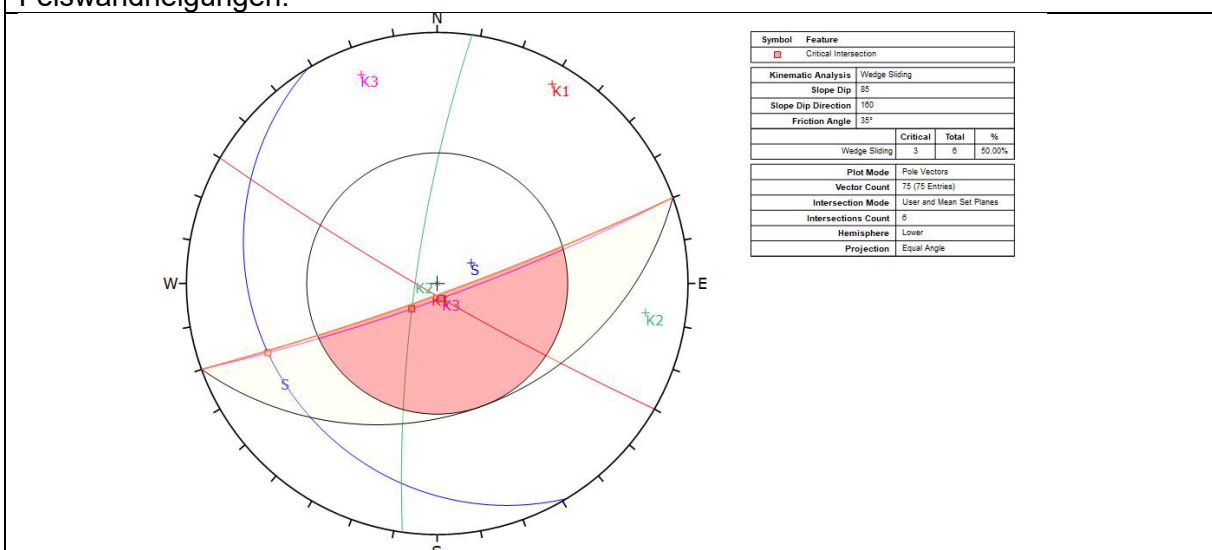


Abb. 2c: Pm 213-341: Kinematische Analyse keilförmiges Gleiten für südsüdöstliche (160/85) Felswandneigungen.





**Legende**

- Fels (Öhrli-Formation: hellgrau anwitternder, späterer Kalk)
- Fels (Bürgen- und Stad-Formation / glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel)
- Schichtung / Bankung
- K1-Kluft
- K2-Kluft





**Legende**

- Fels (Öhrli-Formation: hellgrau anwitternder, späterer Kalk)
- Fels (Bürgen- und Stad-Formation / glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel)
- Fels (Seewen-Formation, grauer, gebankter, mergeliger bis mikritischer Kalk)
- Schichtung / Bankung
- K1-Kluft
- K2-Kluft
- K3-Kluft





**Legende**

- Fels (Öhrli-Formation: hellgrau anwitternder, späterer Kalk)
- Fels (Bürgen- und Stad-Formation / glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel)
- Fels (Seewen-Formation, grauer, gebankter, mergeliger bis mikritischer Kalk)
- Schichtung / Bankung
- K1-Kluft
- K3-Kluft
- Störung





**Legende**

- Fels (Seewen-Formation: grauer, gebankter, mikritischer Kalk)
- Schichtung / Bankung
- K3-Kluft
- Störung



# **Fotodokumentation**

**Aufnahmen Fotos 3 bis 9: Daniel Figi**

Datum: 8. Oktober 2021



**Foto 1:** Fotoaufnahme des Rüestelkopfs (roter Kreis), während Bauzeit des Kraftwerks am Löntsch [5].



**Foto 2:** Fotoaufnahmen vom Strassenbau [5].



**Foto 3:** Talseitige Böschung Pm 0 – 115, grösstenteils aus Blockschutt bestehend, rund 30° bis lokal 35° steil.





**Foto 4:** kleiner Felsaufschluss sowie angrenzende Betonunterfangung westlich der gut erkennbaren kollabierten Stützmauer..



**Foto 5:** talseitiger Felsaufschluss ca. Pm 80-100 (rote Pfeile).





**Foto 6:** bergseitiger Felsaufschluss ca. Pm 150 – 180.



**Foto 7:** bergseitiger Felsaufschluss ca. Pm 230 – 250.





**Foto 8:** bergseitiger Felsaufschluss ca. Pm 300 – 330.

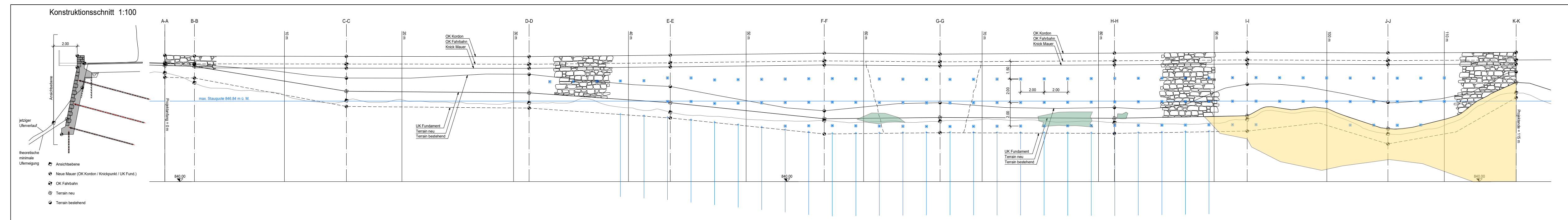
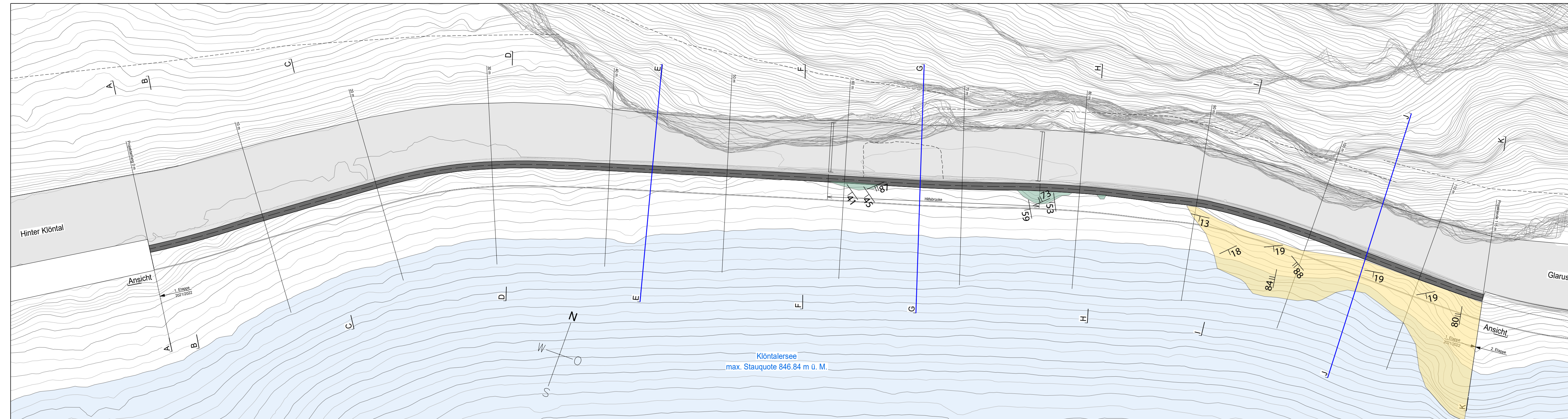


**Foto 9:** Talseitige Böschung Pm 315 – 215, grösstenteils aus Blockschutt bestehend, rund 20° bis 30° steil.



**Legende**

- Fels (Öhri-Formation: hellgrau anwitternder, späterer Kalk)
- Fels (Bürgen- und Stad-Formation glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel)
- Fels (Seewen-Formation, grauer, gebankter, mergeliger bis mikritischer Kalk)
- Schichtung (Fallwinkel)
- Klüftung (Fallwinkel)
- Profilinie Querprofil (vgl. Beilage 2)



Kanton Glarus - Bau und Umwelt

**Klöntalerstrasse**  
**Instandsetzung Stützmauer / Strassenprojekt Vorder Ruestelkopf**

**Geologische Situation, Pm 0 - 115**

**1:200**

**BTG** 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

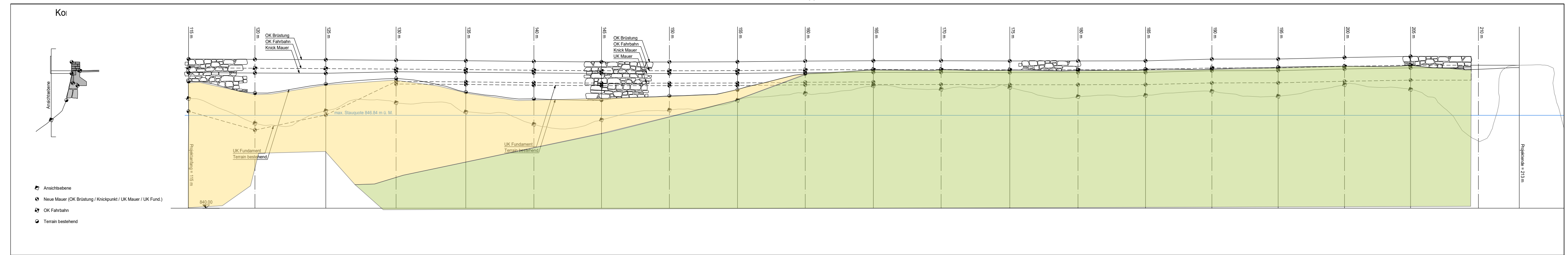
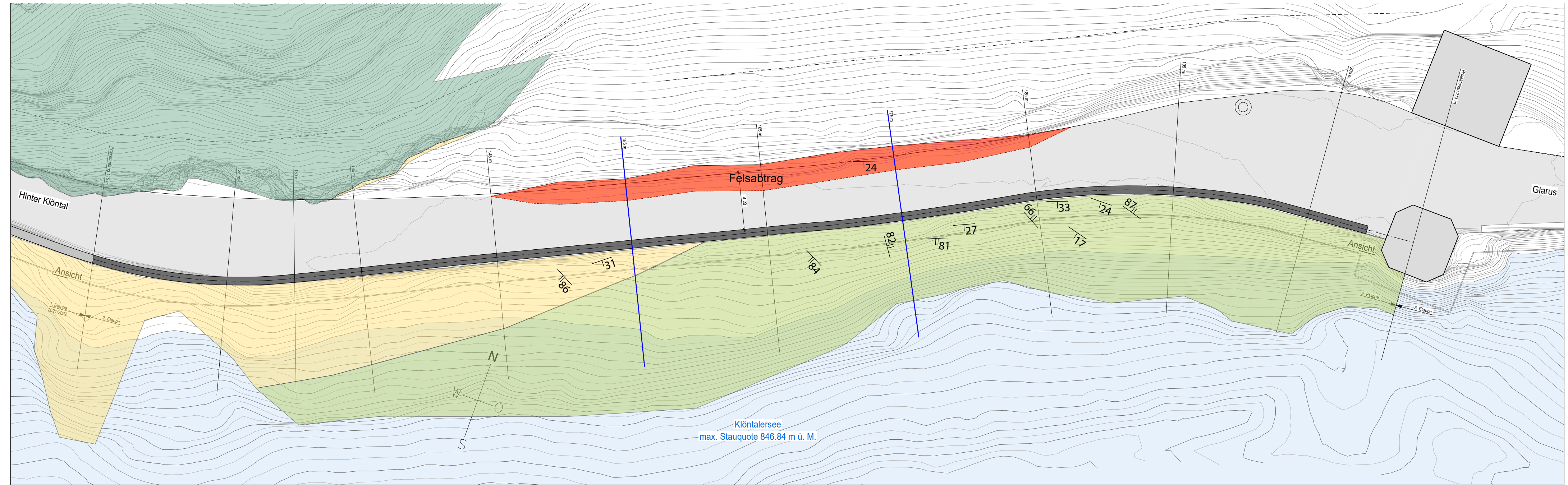
Bericht Nr.: 6162-1  
 Beilage 1a

Datum	Erstellt	Geprüft
- 23. Dez. 2021	fi	fo
A		
B		
C		



**Legende**

- Fels (Öhrli-Formation: hellgrau anwitternder, späterer Kalk)
- Fels (Bürgen- und Stad-Formation glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel)
- Fels (Seewen-Formation, grauer, gebankter, mergeliger bis mikritischer Kalk)
- Schichtung (Fallwinkel)
- Klüftung (Fallwinkel)
- Profillinie Querprofil (vgl. Beilage 2)



Kanton Glarus - Bau und Umwelt

**Klöntalerstrasse  
Instandsetzung Stützmauer / Strassenprojekt Vorder Ruestelkopf**

**Geologische Situation, Pm 115 - 213**

**1:200**

**BTG** 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

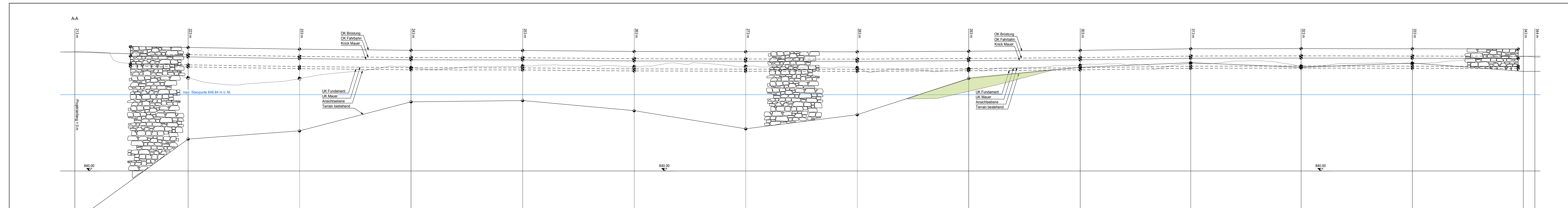
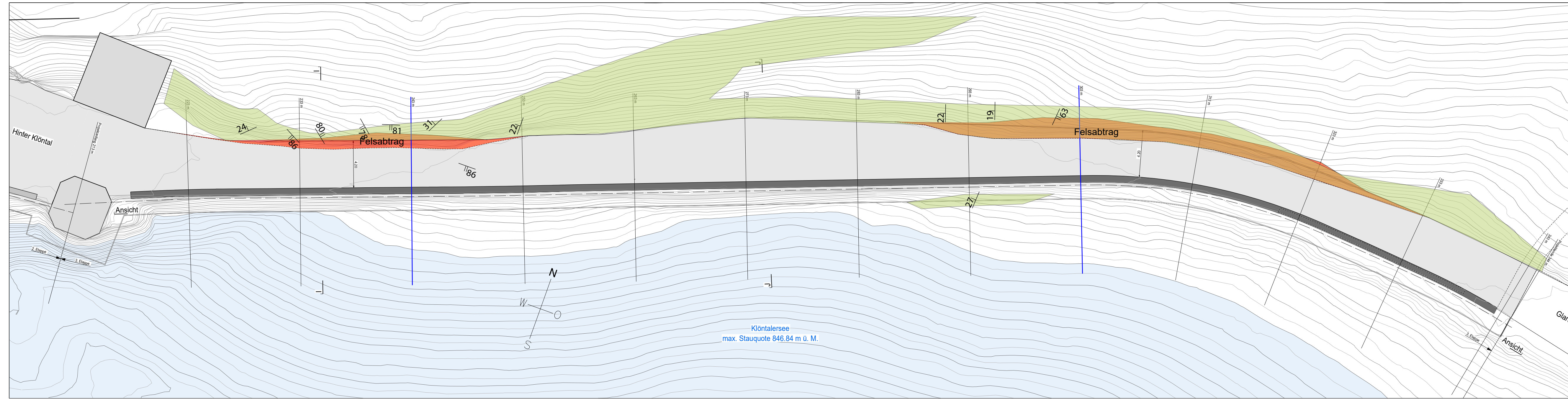
Bericht Nr.: 6162-1  
Beilage 1b

Datum	Erstellt	Geprüft
- 23. Dez. 2021	fi	fo
A		
B		
C		



**Legende**

- Fels (Öhrli-Formation: hellgrau anwitternder, späterer Kalk)
- Fels (Bürgen- und Stad-Formation glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel)
- Fels (Seewen-Formation, grauer, gebankter, mergeliger bis mikritischer Kalk)
- Schichtung (Fallwinkel)
- Klüftung (Fallwinkel)
- Profilinie Querprofil (vgl. Beilage 2)



Kanton Glarus - Bau und Umwelt

**Klöntalerstrasse**  
**Instandsetzung Stützmauer / Strassenprojekt Vorder Ruestelkopf**

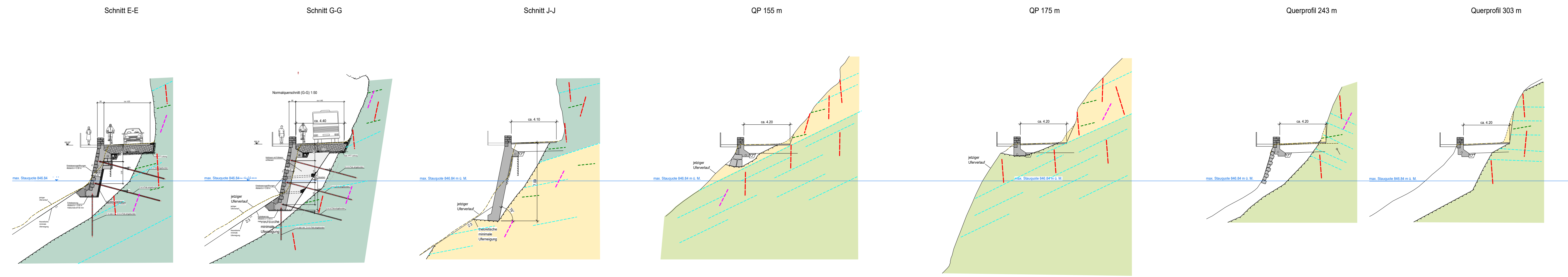
**Geologische Situation, Pm 213 - 343**

**1:200**

**BTG** 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

Bericht Nr.: 6162-1  
 Beilage 1c

Datum	Erstellt	Geprüft
- 23. Dez. 2021	fi	fo
A		
B		
C		



**Legende**

- Fels (Öhri-Formation: hellgrau anwitternder, spätkalk)
- Fels (Bürgen- und Stad-Formation glaukonitische Sandkalke mit Nummuliten, Globigerinenmergel)
- Fels (Seewen-Formation, grauer, gebankter, mergeliger bis mikritischer Kalk)
- Lockergestein (Blockschutt)
- Schichtung / Bankung (schematisch)
- K1-Kluft (schematisch)
- K2-Kluft (schematisch)
- K3-Kluft (schematisch)

**Klöntalerstrasse**  
**Instandsetzung Stützmauer / Strassenprojekt Vorder Ruestelkopf**

**Geologische Querprofile, Pm 0 - 341**

**1:200**



**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

Bericht Nr.: 6162-1  
 Beilage 2

Datum	Erstellt	Geprüft
- 23. Dez. 2021	fi	fo
A		
B		
C		