



RhB Strecke St. Moritz - Scuol

## Instandsetzung Tunnels

Genereller geologischer Bericht

30.08.2013

1301180-2

Auftraggeber: **Rhätische Bahn AG**

Infrastruktur, Kunstbauten Tunnels, I-KB-TU  
Bahnhofstrasse 25  
7002 Chur



Verteiler: - Auftraggeber (3 Exemplare)

Anhang:	1.1 – 1.5	Kartenausschnitte mit Lage der Tunnes, Mst.: 1:100'000, 1:50'000
	2.1 – 2.2	Geotechnische Karte, Blatt 2 und 4, Mst.: 1:100'000
	2.3 – 2.9	Geologische Karten mit Lage der Tunnels
	3.1 – 3.2	Übersicht Einfallen der Schieferung / Bankung
	4	Übersicht Tunnels mit Zuordnung zu geologischen Elementen
	5.1 - 5.4	Geologische Karten, Daten, Profile zu Tunnel Craista [9]

## Inhaltsverzeichnis

Grundlagen.....	2
1. Ausgangslage.....	4
1.1. Problemstellung und Auftrag .....	4
1.2. Untersuchungen / Tätigkeiten .....	4
2. Baugrund.....	4
2.1. Geologische Situation.....	4
2.2. Lithologie .....	5
2.3. Felstrennflächendisposition .....	6
2.3.1. St. Moritz .....	6
2.3.2. Silvrettakristallin.....	6
2.4. Eigenschaften Tunnelgebirge .....	6
2.5. Hydrogeologische Verhältnisse .....	7
2.6. Naturgefahren .....	7
3. Unsicherheiten.....	8
3.1. Felssackung Susch .....	8
3.2. Felssackung Magnacun.....	8
3.3. Felssackung Craista .....	8
3.4. Tunnels mit Überdeckung < 20 m.....	8
3.5. Tunnels mit Überdeckung 20 – 250 m .....	9
4. Empfehlungen .....	9

## Grundlagen

- [1] Geotechnischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1257 St. Moritz, T. Peters, 2005
- [2] Schweizerische geologische Kommission 1935: Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 420 Ardez, Mst.: 1:25'000, F. Speanbauer, P. Bearth, J. Cadisch, Ed. Wenk
- [3] Schweizerische geologische Kommission 1961: Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Scuol – Schuls - Tarasp, Mst.: 1:500'000, A. Spitz, G. Dyhrenfurth
- [4] Schweizerische geologische Kommission 1912: Geologische Karte Engadiner Dolomiten, F: Bergün, Mst.: 1:25'000, H. Eugster, F. Frey, 1917 - 1925
- [5] Schweizerische geotechnische Kommission 1967: Geotechnische Karte der Schweiz, Blatt 2, Mst.: 1:200'000
- [6] Rhätische Bahn 2013: Objektdatenblatt der Tunnels
- [7] Rhätische Bahn 2012: Ganzes Netz, Normalbauweise Tunnels, Handout Orientierung 5.10.2012

- [8] BauGrundRisk GmbH 2009: Stützmauer Val Tasna, RhB Strecke Ardez - Tasna, Geologischer Bericht 081158-1 vom 14.01.2009
- [9] BauGrundRisk GmbH 2010: Brücke Suschaida, Lehenbrücke Crai, H27 Engadinerstrasse, Geologische Abklärungen Rutschhang, Bericht 1006102-1 vom 20.08.2010
- [10] Dr. M. Kobel + Partner AG 2006: Geologische Abklärungen Strassenkorrektio Magnacun – Prauost, Bericht Nr. 2109-1 vom 15.09.2006
- [11] Schweizerische geologische Kommission 1968: Erläuterungen zu Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Scuol – Schuls - Tarasp, J. Cadisch, H. Eugster, E. Wenk
- [12] BauGrundRisk GmbH 2011, 2012: diverse geologische Berichte zum Felsabtrag Magnacun, H27 Engadinerstrasse
- [13] Strassenbaulabor Tiefbauamt Graubünden 2005: Steinschlag Ova dal Sagl bei Zernez, H28c Ofenbergstrasse, Bericht H28c/176
- [14] Streckeisen A. 1928: Geologie und Petrographie der Flüelagruppe, SMPM 8
- [15] Grauert B. 1981: Das Alter der Schlingentektonik im Silvretta-öztalkistallin aufgrund radiometrischer Altersbestimmungen, Fortschr. Minr., 1981
- [16] Krähenbühl R. 2004: Temperatur und Kluftwasser als Ursache von Felssturz, Bull. angew. Geol. Vol 9/1
- [17] Schweizerische geologische Kommission 1967: Geotechnische Karte der Schweiz, Blatt 4, St. Moritz - Bellinzona, Mst.: 1:200'000, 1967
- [18] BauGrundRisk GmbH 2013: Geologischer Bericht Deformationszonen (mit speziellem Fokus auf die Quellproblematik von Anhydrit führenden Gesteinen), N28 Nationalstrasse, Gotschnatunnel, Bericht 1210171-1 vom 20.03.2013

# 1. Ausgangslage

## 1.1. Problemstellung und Auftrag

- Die 21 unterschiedlich langen Tunnels auf dem Streckenabschnitt St. Moritz - Scuol sollen Instand gesetzt und das Lichtraumprofil vergrössert werden. Hierfür ist neu eine systematische Normalbauweise mit vorfabrizierten Elementen vorgesehen [7], die eine Instandsetzung während des Bahnbetriebs ermöglicht.
- Die Tunnels Tars und Tasna wurden bereits Instand gesetzt (Anhang 1.2).
- In einer ersten Phase sollen aufgrund bestehender geologischer Grundlagen die generellen Baugrundverhältnisse der Tunnels abgeklärt werden.

## 1.2. Untersuchungen / Tätigkeiten

- Die verfügbaren, relevanten, geologischen Grundlagen für die Tunnels wurden zusammengetragen.
- Feldbegehungen fanden in dieser Phase keine statt. Die Objektdatenblätter der Tunnels mit Fotos der Tunnelportale gaben zusammen mit Kartengrundlagen gute Anhaltspunkte über die lokale, geologische Situation der Tunnels [1 - 6]. Die Übersicht der geographischen Lage der Tunnels ist der Beilage 1 zu entnehmen.
- Im Anhang 3 wurde das Einfallen von Schieferung und Bankung entlang der Strecke als Auszug aus den geologischen Karten aufgezeichnet [1 - 4]. In den Ausschnitten der geologischen Karten sind die Lage der Tunnels und die Zuordnung zu den geologischen Einheiten eingetragen (Anhang 2). Die Tabelle im Anhang 4 gibt einen Überblick über wesentliche räumliche, bauliche und geologische Elemente.
- Berichterstattung inkl. Ergebnisübersichten in den Beilagen.

# 2. Baugrund

## 2.1. Geologische Situation

- Die Bahnstrecke durchfährt zwischen St. Moritz und Ardez überwiegend kristalline Gesteine der ostalpinen Err-, Julier- Bernina- und der Silvretta-Decke. Nach Ardez folgt der Übergang in den alpin tiefer liegenden, penninischen Deckenstapel des Engadiner Fensters.
- Bei **St. Moritz** liegen die Tunnels in kristallinen Gesteinen der Err-Julier-Bernina-Decke. Es handelt sich um Biotit- und quarzitisches Biotit-Gneise (Anhänge 2.1, 2.3, 4).
- Von **Brail bis Ardez** bestehen die Felsstrecken der Tunnels aus kristallinen Gesteinen der Silvretta-Decke (Anhänge 2.1 – 2.2, 2.4 - 2.6). Lithologisch treten überwiegend helle und dunkle Gneise sowie grüne Amphibolite auf.
- Ab **Ardez** folgt der Wechsel in die komplexe Abfolge von sedimentären und kristallinen Gesteinen der Tasna-Decke (Anhänge 2.7 - 2.9). Neben dem kristallinen Tasna-Granit treten als sedimentäre Gesteine im Wesentlichen Dolomite, Phyllitschiefer, Sandsteine, Quarzite, Kalkschiefer, Rauhwacken und Gips auf.

- Und nach dem **Tasna-Graben** werden bis Scuol penninische Bündnerschiefer durchfahren (Anhang 2.9). Es sind Sandkalk-, Kalk-, Phyllitschiefer und Quarzite [3, 11].
- Die alpin überschobenen Decken fallen relativ flach Richtung Südosten bis Osten ein. Infolge der mechanischen Beanspruchung sind sie meist durch flach bis mittelsteil liegende **Scherzonen** voneinander getrennt und in sich zerschert. Mächtige **Kakirite** können an der Basis der Silvretta-Decke auftreten (Kakirit: Infolge mechanischer Beanspruchung bis zu Lockergestein zerbrochenes Gestein, das verlehnte Horizonte bilden kann).
- Die am Ende der alpinen Faltung erfolgte, starke differenzielle Hebung hat die Gesteine an der entlang der Talsachse verlaufenden **Engadiner Störung** stark mechanisch beansprucht und zerschert. Dies ist im Raum Zernez deutlich an den steil stehenden, NE-SW bis N-S verlaufenden, engen Kluftscharen zu erkennen [13].
- Das den Felsen überdeckende **Lockergestein** besteht in den Talflanken aus Moräne, und in der Nähe von Bächen aus Bach-, Rufen- und Murgang-Ablagerungen. Gehänge- und Blockschutt sammeln sich unterhalb von Felswänden. In der Talsohle des Inns und am Fuss der Talflanken treten Bach- und Flussablagerungen auf.
- Ab Susch sind auf der orographisch linken Talseite mehrere, tiefgründige Felssackungen und Rutschungen bekannt (Anhang 2.2; [9, 10]). Einige von ihnen sind aktiv und kriechen mit wenigen mm bis cm pro Jahr zu Tale. Grüne Pfeile in den Anhängen 2.1 – 2.2 deuten auf inaktive, rote auf aktive, gravitative **Massenbewegungen** hin.
- Grosse Felssackungen und Rutschungen treten im Streckenabschnitt nördlich von Susch, zwischen Giarsun und Ardez, östlich Ardez und im Tasna-Graben auf.

## 2.2. Lithologie

- Welche Gesteine in den verschiedenen Tunnels überwiegend auftretenden können, ist der Tabelle des Anhangs 4 zu entnehmen. Auf der ganzen Strecke dominieren **kristalline Gesteine**. Präzisere Angaben sind auf der Basis der vorhandenen Grundlagen nicht möglich. Ebenso können keine Angaben über die Art und kleinräumige Ausdehnung des lokal auftretenden Lockergesteins gemacht werden.
- In den alten geologischen Karten wird im Silvrettakristallin zwischen Ortho- und Paragneisen unterschieden [2 – 4]. Diese Begriffe beinhalten Angaben zur **Gesteinsgenese** (Ortho-: primär magmatische; Para-: metamorph umgewandelte, kristalline Gesteine sedimentären Ursprungs). Da solche Unterscheidungen nicht im Feld sondern nur anhand von aufwendigen Laboruntersuchungen erfolgen können, werden die Gesteine heute aufgrund ihrer mineralogischen Zusammensetzung bezeichnet (bsp. Biotit-Gneis, [1]).
- Bei den **Gneisen** präsentieren sich die „Ortho-“ meist als helle und die „Para-Gneise“ als eher dunkle Gesteine.
- Die Tunnels Sparsa und Val Ota, südlich bzw. nördlich von Susch, liegen voraussichtlich vollständig im Lockergestein. Der Tunnel Sparsa in sandig-kiesigem Bachschutt und der Tunnel Val Ota in der zusammen mit dem Felsen versackten, sandig-kiesigen Moräne (Anhänge 2.5 – 2.6).
- In der grossen Felssackung zwischen Giarsun und Ardez sind im **Magnacun Tunnel** gemäss geologischer Karte ausschliesslich kristalline Gesteine zu erwarten (Anhang 2.8). Stassenaufschlüsse in Nähe der Ostbegrenzung der Felssackung deuten darauf

hin, dass auch sedimentäre Gesteine der Tasna-Decke, inklusiv Gips auftreten können [10].

## 2.3. Felstrennflächendisposition

- In den geologischen Kartengrundlagen sind die Einfallrichtungen und –Neigungen der **Schieferung** der Gesteine angegeben. Wo diese in sedimentären Gesteinen fehlt, wird die Bankung erfasst (lagige Abgrenzungen infolge Unterschiede in der Sedimentation). Die Lage von Schieferung und Bankung kann den Anhängen 3.1 – 3.2 entnommen werden.
- Die kristallinen Gesteine sind häufig eher grossräumig und die sedimentären Gesteine eher kleinräumig **verfaltet**. Die meist steil stehenden, voralpin verfalteten, kristallinen Abfolgen von Gneisen und Amphiboliten des Silvrettakristallins wurden von früheren Bearbeitern als eine Schlingentektonik bezeichnet [14, 15].

### 2.3.1. St. Moritz

- Die **Schieferung** der Gneise fällt steil bis mittelsteil in Richtung NE bis NNE ein. Über die Lage der Klüfte können keine generellen Angaben gemacht werden.

### 2.3.2. Silvrettakristallin

- Im Raum **Brail** fällt die Schieferung südlich des Inns steil bis mittelsteil Richtung S. In Richtung **Zernez** dreht sie zunehmend nach SE. Da die Schieferung meist steil stehend ist, überkippt sie nördlich des Inns häufig nach NW in die entgegengesetzte Richtung.
- Von Zernez bis **Scuol** überwiegen NW-SE verlaufende Schieferungen. Die lokale Variabilität ist insbesondere in den verfalteten, sedimentären Gesteinen gross. Bei Susch ist die Schieferung E-W gerichtet.
- Die kristallinen Gesteine weisen oft komplexe **Kluftsyste**me auf die kleinräumig stark variieren können. Die Angaben genereller Tendenzen ist nicht möglich.
- Im Bereich der grossräumigen, tiefgründigen Felssackungen und Rutschungen sind die Trennflächen meist stark verstellt worden [9, 10].

## 2.4. Eigenschaften Tunnelgebirge

- In den **kristallinen Gesteine** der Silvretta- und Err-Juler-Berina-Decke kann generell ein standfestes bis gebräches Gebirge angenommen werden. Wo es von Massenbewegungen und mächtigen Scherzonen erfasst wurde, ist ein gebräches bis lokal druckhaftes Gebirge zu erwarten.
- In den dolomitischen, kalkigen, quarzitischen, sandigen, Gesteinen der **Tasna-Decke** kann ein nachbrüchiges bis gebräches Gebirge angenommen werden. Geringere Stehzeiten sind in Störzonen, in Zonen von engen Kluftscharen, in phyllitischen Schieferungen, in Rauwacken und in Gips zu erwarten.
- Die **Bündnerschiefer** verhalten sich im Sprengvortrieb erfahrungsgemäss leicht gebrächtig bis gebrächtig. Im Bereich von kakritisierten, zerscherten, mehrere dm starken Störzonen können sie sich als druckhaft erweisen.
- Gefährdungen im Untertagebau durch **ausbrechende Klufkörper** sowie durch Niederbrüche ist von der jeweiligen Lage des Tunnels, jener der lokalen Felstrennflächen sowie der Lithologie abhängig und muss fallweise beurteilt werden. Auf dieser Bearbeitungstiefe kann für die Tunnels nicht festgelegt werden, ob und wo im Tunnelquerschnitt kritische Zonen zu erwarten sind.

- Vorkommen von unter Wasseraufnahme **quellfähigem Anhydrit** sind aus den triassischen Schichten der Tasna-Decke nicht bekannt. Bei Tunnelbauwerken mit einer geringen Überlagerung von < 100 m ist zu erwarten, dass Anhydrit sich bereits in Gips umgewandelt hat [18]. Mit dem Auftreten von Gips ist in der Tasna-Decke zu rechnen [10].
- Quellfähige **Tonminerale** sind in den kristallinen Gesteinen nicht, und aufgrund des erhöhten Metamorphosegrades auch in den Sedimentgesteinen der Tasna Decke nicht zu erwarten.
- **Oberflächennahe Tunnels** befinden sich meist in einem aufgelockerten Gebirge.
- Durch **alte Bachläufe** gebildete, tiefe Felseinschnitte sind aufgrund der Nähe der meisten Tunnels zum Inn nicht zu erwarten.

## 2.5. Hydrogeologische Verhältnisse

- **Kristalline Gesteine** weisen oberflächennah einen hohen Durchtrennungsgrad der Klüfte auf, was die Wasserwegsamkeit erhöht. In oberflächennahen Tunnels, die aufgrund der topographischen Verhältnisse über ein bedeutendes Wassereinzugsgebiet verfügen, ist mit reichlich Wasserzufluss zu rechnen. Mit geringeren Wassereintritten ist in solchen Tunnels zu rechnen, die untiefe Rippen oder Kuppen durchqueren (Anhang 4).
- Die **Moräne** ist meist schlecht durchlässig. Sie kann wie der Felsen überwiegend als Wasserstauer wirken.
- Tief liegende **Rutschungen** dichten mit phyllitischen oder verlehnten, kakiritischen Gleitzonen das unterlagernde Felsgebirge ab [10, 12].
- Die sich spröde verhaltenden **Dolomite, Kalke, Kalkschiefer, Sandsteine** und Quarzite, sind entlang von Trennflächen gut durchlässig. Und die porösen, tuffogenen Sandsteine und Rauhwacken der Trias sind meist gut durchlässig. Im Lockergestein sich sammelnde Sickerwasserströme können entlang solcher Klüfte in oberflächennahe Untertagebauwerke eindringen.
- In Kalken und Gips kann sich durch Lösungerscheinungen langfristig **Karst** ausbilden, der lokal über sehr hohe Durchlässigkeit verfügt.
- Die duktil sich verhaltenden, **phyllitischen Schiefer** der Bündnerschiefer sind generell schlecht durchlässig.
- Wo Tunnels gipshaltige Gesteinsformationen durch- oder unterfahren, tritt im Gebirgswasser meist ein erhöhter **Sulfatgehalt** auf, der oft betonaggressiv ist. In tiefen Tunnels kann bei einer  $\text{CaSO}_4$ -Übersättigung treibender Gips ausgefällt werden ([18], Tunnel Magnacun?, Craista?, Tars?, Tasna?, Baraglia?).
- Bündnerschiefer neigen in den Bauwerken aufgrund des im Gebirgswasser meist erhöhten  $\text{CO}_2$ -Gehalts zur Ausbildung von Versinterungen. In Kalken, Dolomiten, Rauhwacken kann Calciumkarbonat übersättigtes Gebirgswasser ebenfalls zu Versinterungen führen.

## 2.6. Naturgefahren

- Wo Tunnelportale aus Felswänden austreten, können die Portale einer **Stein- und Blocksturzgefährdung** ausgesetzt sein. Da diese je nach der auftretenden Lithologie und der Verschneidung der Felstrennflächen mit dem Felswandanschnitt sehr unter-

schiedlich sein kann, ist diese Naturgefahr im Anhang 4 nicht aufgeführt. Sie muss fallweise vor Ort beurteilt werden.

- **Tiefgründige Felssackungen und Rutschungen** können Tunnels erfassen und je nach deren Aktivitäten langfristig lokale Deformationen erzeugen. Insbesondere im Übergang von festem zu versacktem Gestein können hohe Verschiebungsdifferenzen Schwierigkeiten verursachen (Tunnels Giarsun, Magnacun, Craista?, Tasna).

### 3. Unsicherheiten

#### 3.1. Felssackung Susch

- Bei dem evtl. vollständig in der Moräne liegenden **Tunnel Val Ota** wird die versackte Felsunterlage voraussichtlich nur in beschränkter Masse negative Auswirkungen auf den Tunnel haben können. Es ist nicht bekannt ob diese Sackung aktiv ist. Ein Kriechen ist aufgrund der grossen Masse zu erwarten. Allenfalls kann es auf das Wasserregime um den Tunnel herum beeinflussen.

#### 3.2. Felssackung Magnacun

- Die Felssackung Magnacun verschiebt sich im Westen, auf Höhe der Kantonsstrasse mit einer **Geschwindigkeit** von  $\sim 2$  cm / Jahr, was entlang der knapp 100 m hohen Erosionsböschungen periodisch Felsstürze verursacht [12]. Begünstigt wird dies durch eine heterogene Gesteinszusammensetzung und den stark variablen Zerlegungsgrad des Felsens. Von massigen, hochgradig durchtrennten bis hin in Kiesfraktion zerlegten Gneisen sind kleinräumig alle Übergänge anzutreffen. Sie werden von cm bis 10-er Meter starken, lehmigen und wasserstauenden Kakiriten durchzogen. Die Kakirite können eingeschuppte Bündnerschieferfetzen enthalten [10]. In diesem komplexen, mit vielen Unsicherheiten behafteten Umfeld sind derzeit bei den Tunnels Giarsun und Magnacun geologische Abklärungen im Gange.

#### 3.3. Felssackung Craista

- Der Tunnel Craista liegt in einer alten **Felssackung** (Anhang 5). Die Kantonsstrasse ist ab dem Anschluss Ardez Ost von einer bis in 30 m tiefe liegenden, aktiven Gleitzone erfasst [9].
- Die mit mehreren, in Bohrungen versetzten Inklinometern erfasste, in der Felssackung verlaufende **Rutschung**, wies zeitweise maximale Verschiebungsgeschwindigkeiten von 50 mm/Jahr auf. Die langjährige Geschwindigkeit wird bei 20 mm/Jahr erwartet.
- Die Rutschung gleitet auf verschürftem Gips und entlang der mit  $20^\circ$  -  $40^\circ$  talwärts geneigten Schieferung der Sericitschiefer ab (Anhang 5.3). Die Erosion des Inns am Hangfuss der Rutschung ist voraussichtlich der „Motor“ der Instabilität.
- Gemäss den Vermessungsdaten des ALG GR ist der **Felskopf Craista** ruhig (Anhang 5.2). Ob der in der Felssackung liegende Tunnel von den talwärts vorgelagerten, aktiven, tiefgründigen Instabilitäten beeinflusst wird, ist nicht bekannt.

#### 3.4. Tunnels mit Überdeckung < 20 m

- Oberflächennahe Tunnels liegen im Regelfall in aufgelockertem Felsen (Anhang 4). Der räumliche Übergang zum Lockergestein ist meist unklar. Offene Kluftsysteme führen Wasser in den Tunnel. Sie sind meist stärker der Verwitterung, und in exponierten

Hanglagen auch der gravitativen, Temperatur und Kluftwasser bedingten Gebirgsentfestigung ausgesetzt [16].

- Bei einer **Profilaufweitung** sind daher ungünstigere Fels- und Wasserverhältnisse zu erwarten, als was sie beim Bau angetroffen wurden.

### 3.5. Tunnels mit Überdeckung 20 – 250 m

- Bei tiefer liegenden Tunnels werden sich die Baugrundverhältnisse verglichen zum Bau kaum spürbar verändert haben. Allenfalls wurden die Wasserverhältnisse langfristig etwas verändert. Ausnahmen davon bilden Tunnels, die instabile Zonen durchfahren (Abschn. 3.1 - 3.3).

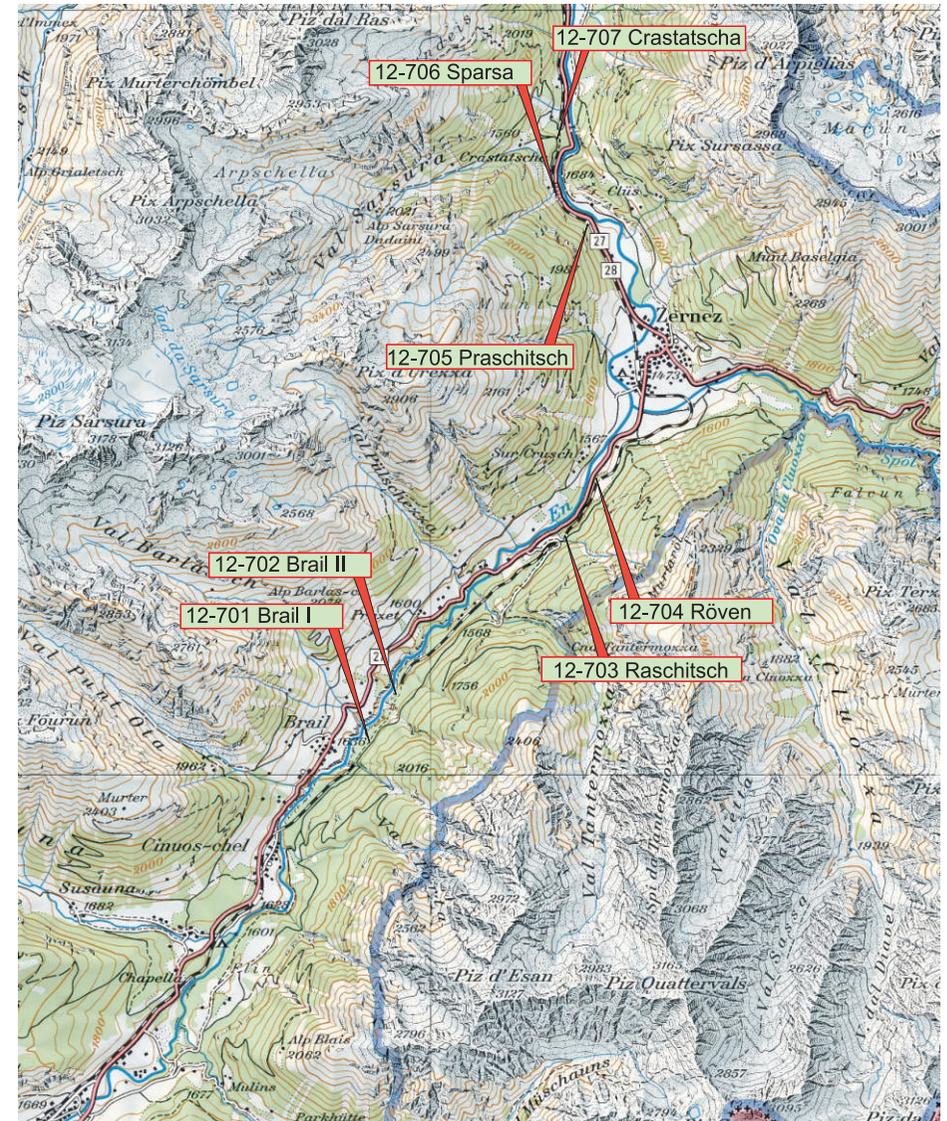
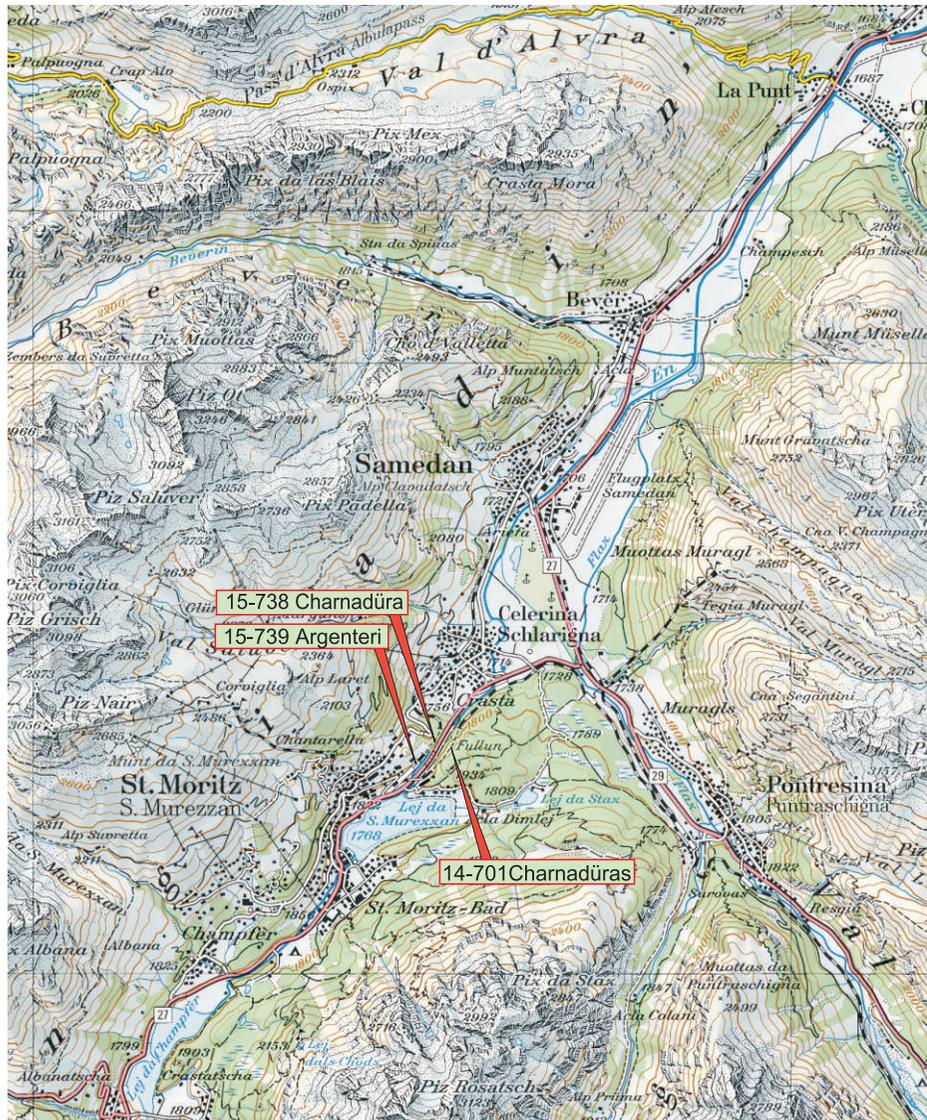
## 4. Empfehlungen

- Wir empfehlen vor dem Bau, bei oberflächennahen Tunnels, bei solchen die in einer exponierten Lage, im Bereich kritischer, instabiler Zonen, oder wo unklare oder komplexe Gesteinsverhältnisse zu erwarten sind, detaillierte geologische Abklärungen vorzunehmen.

BauGrundRisk GmbH

Dr. Ruedi Krähenbühl

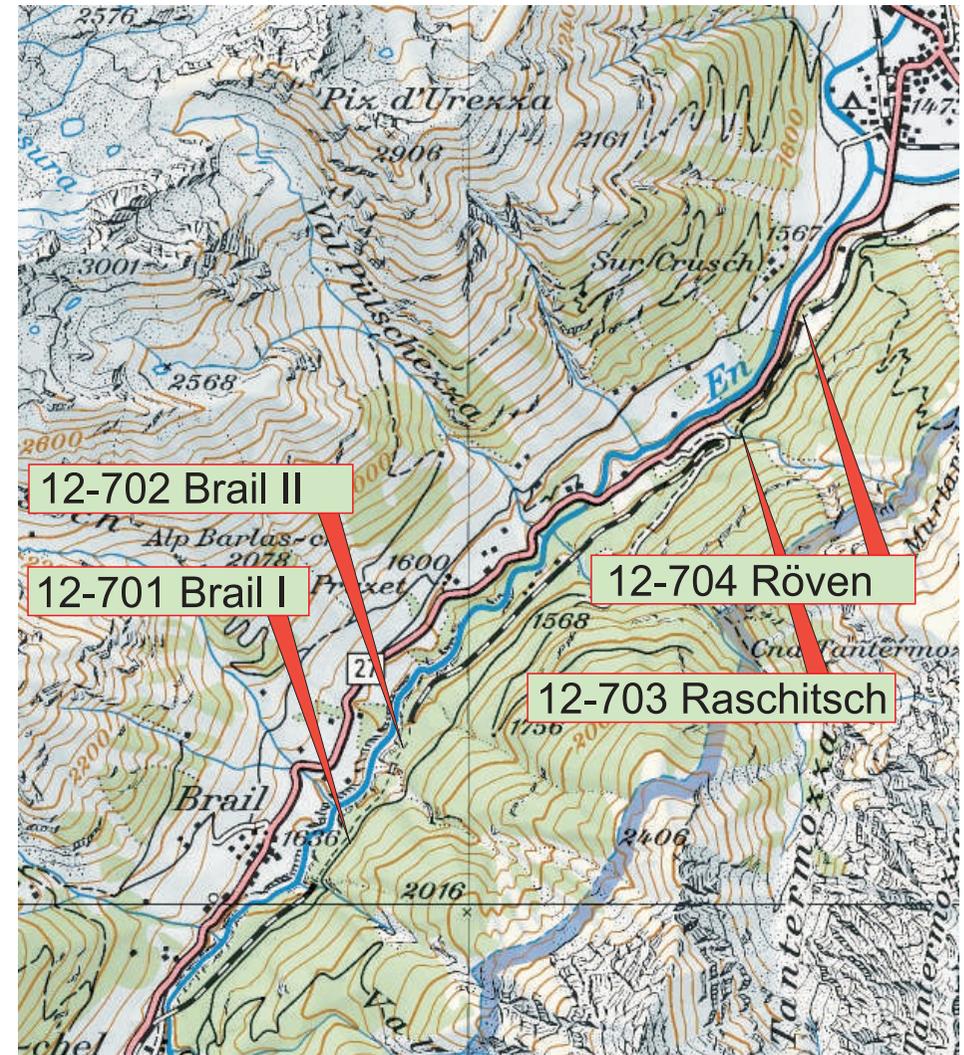
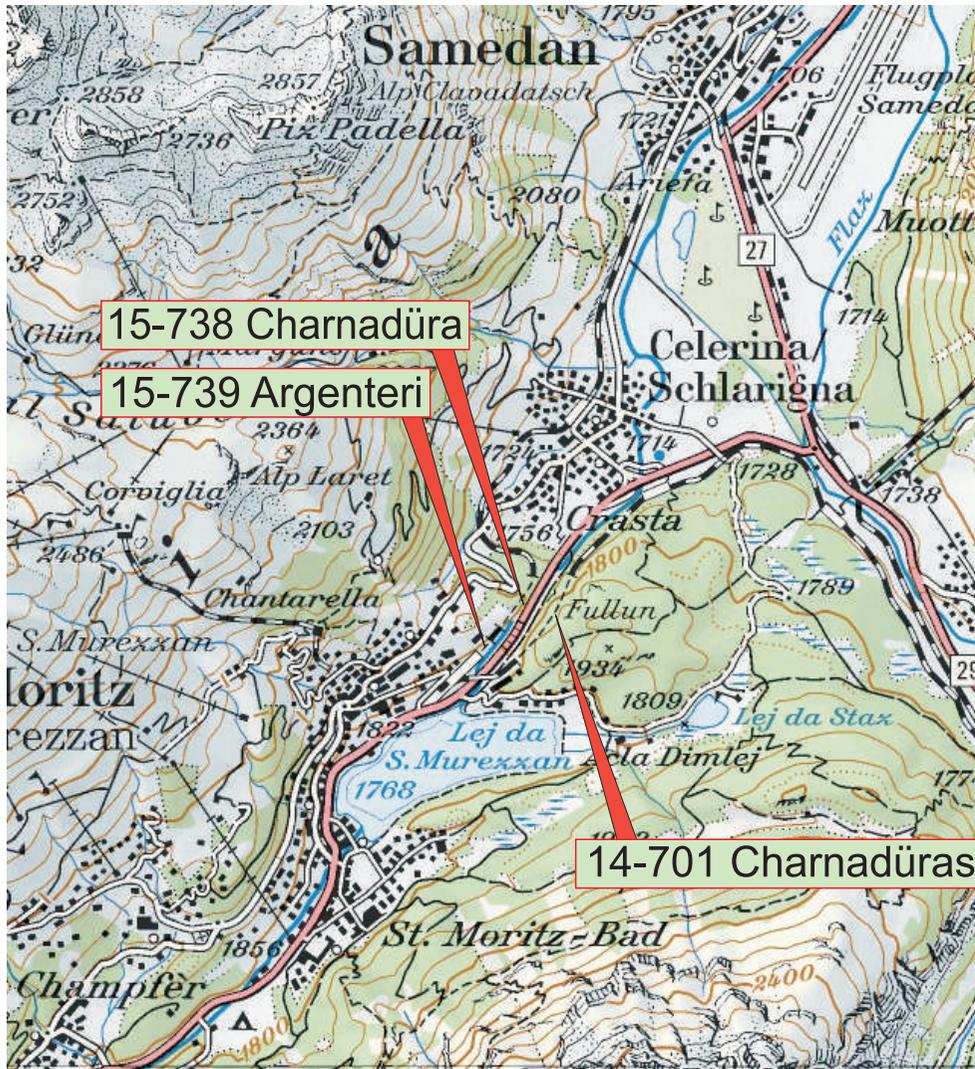
# Kartenausschnitt mit Lage der Tunnels



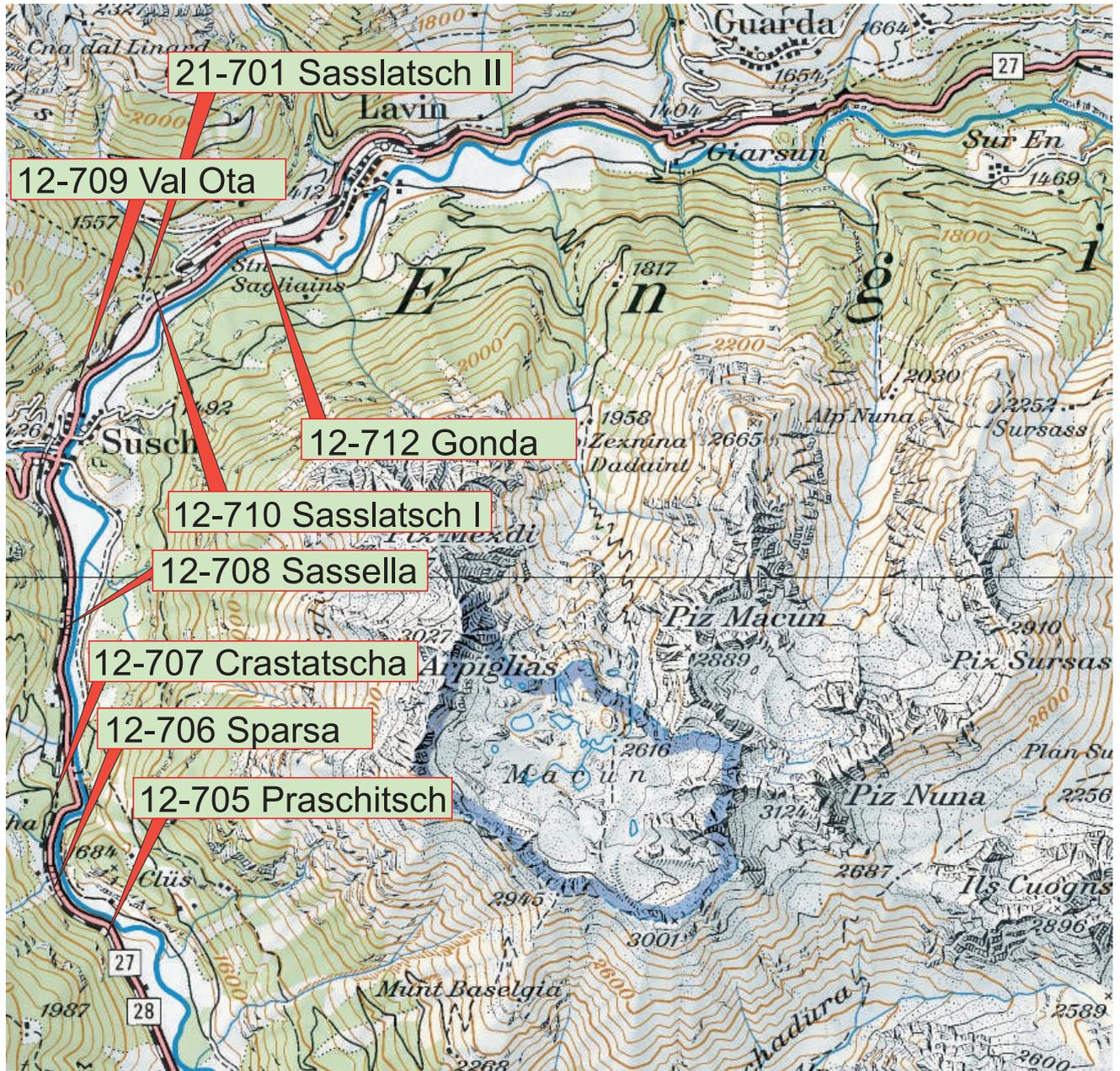
# Kartenausschnitt mit Lage der Tunnel



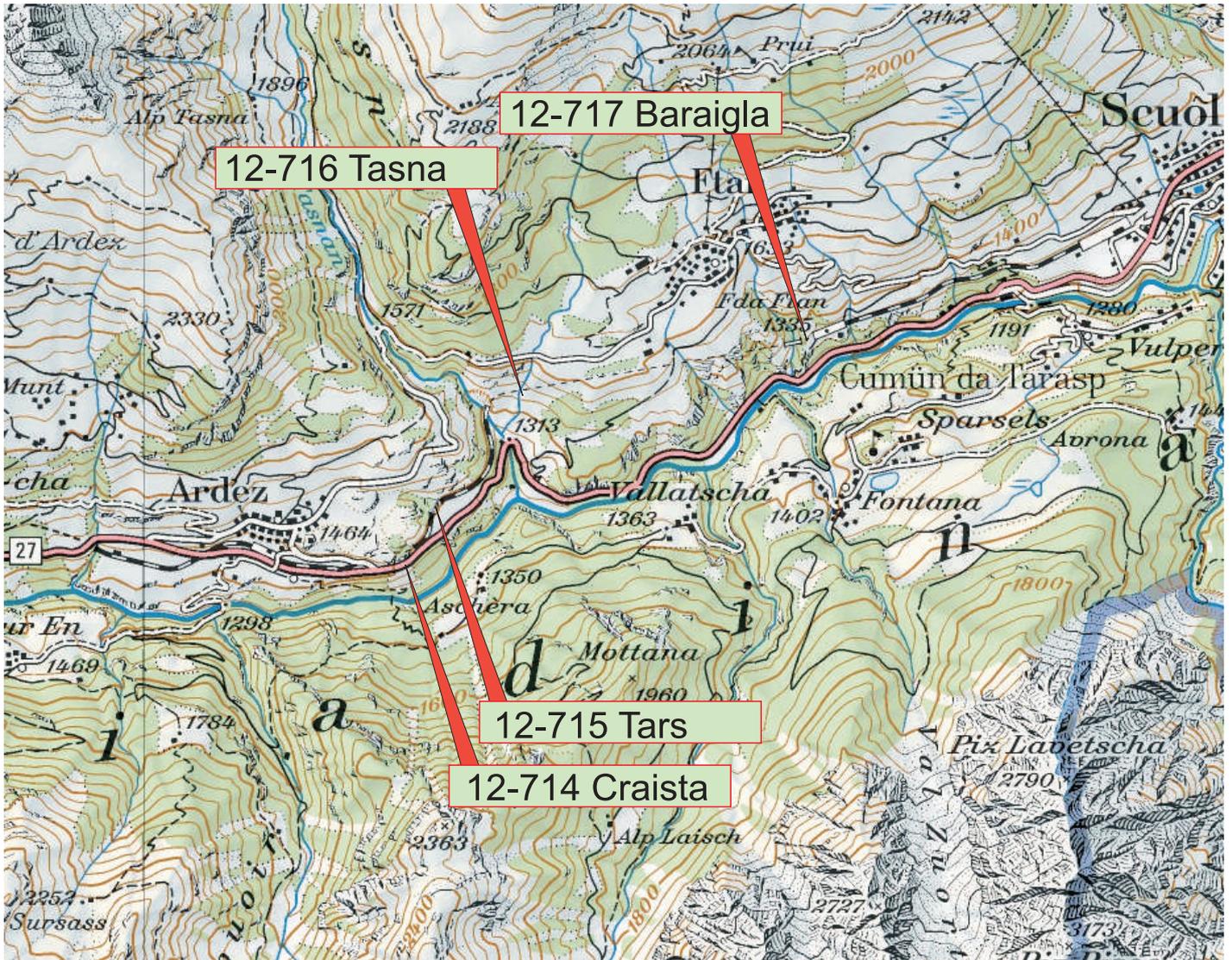
# Kartenausschnitt mit Lage der Tunnel

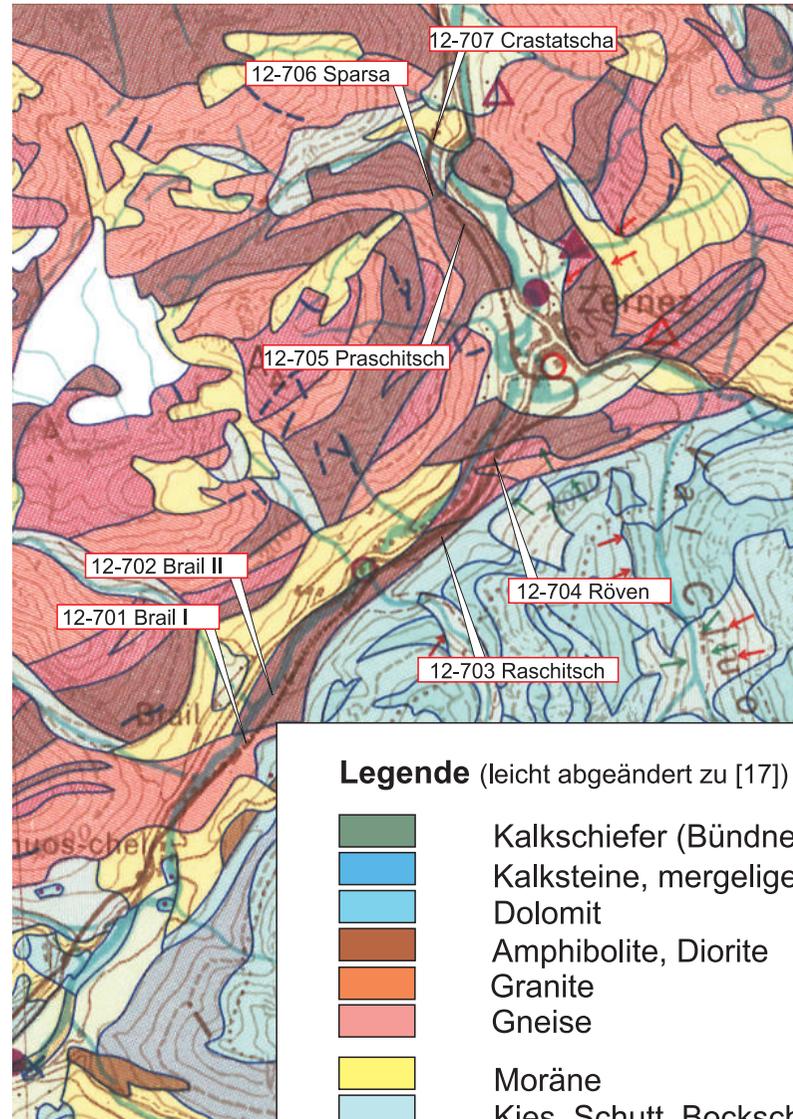
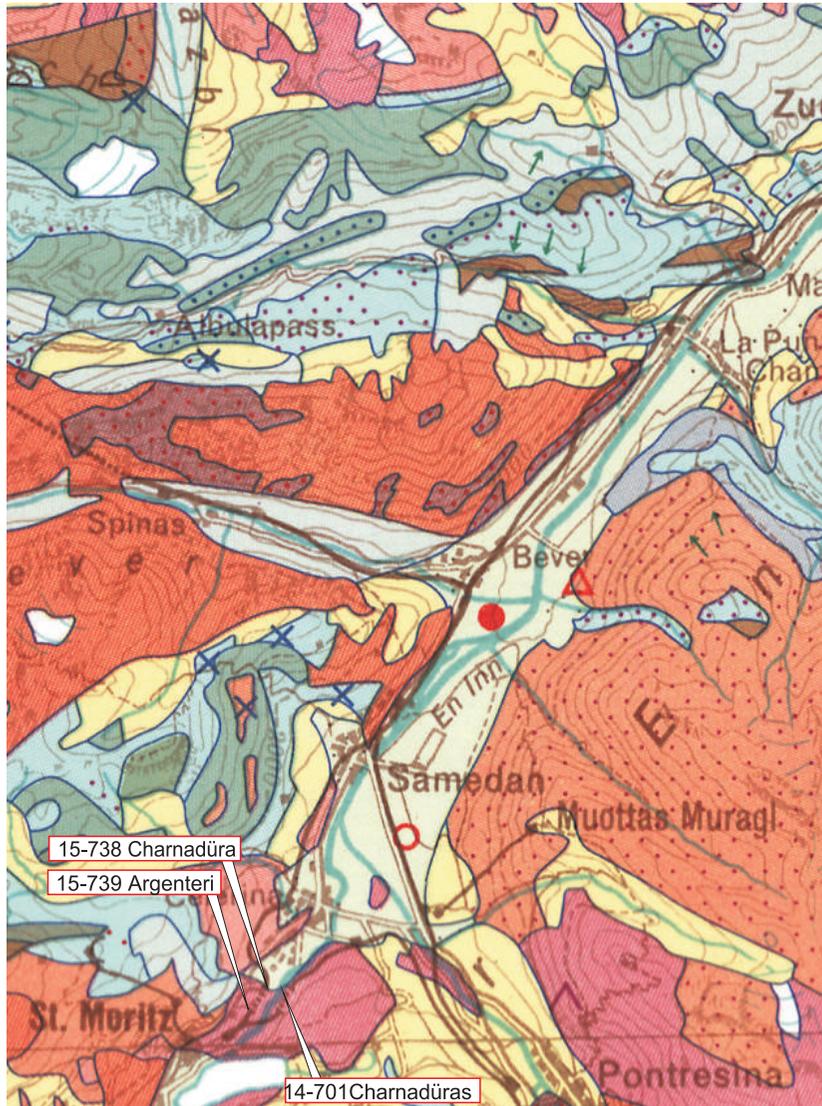


# Kartenausschnitt mit Lage der Tunnels



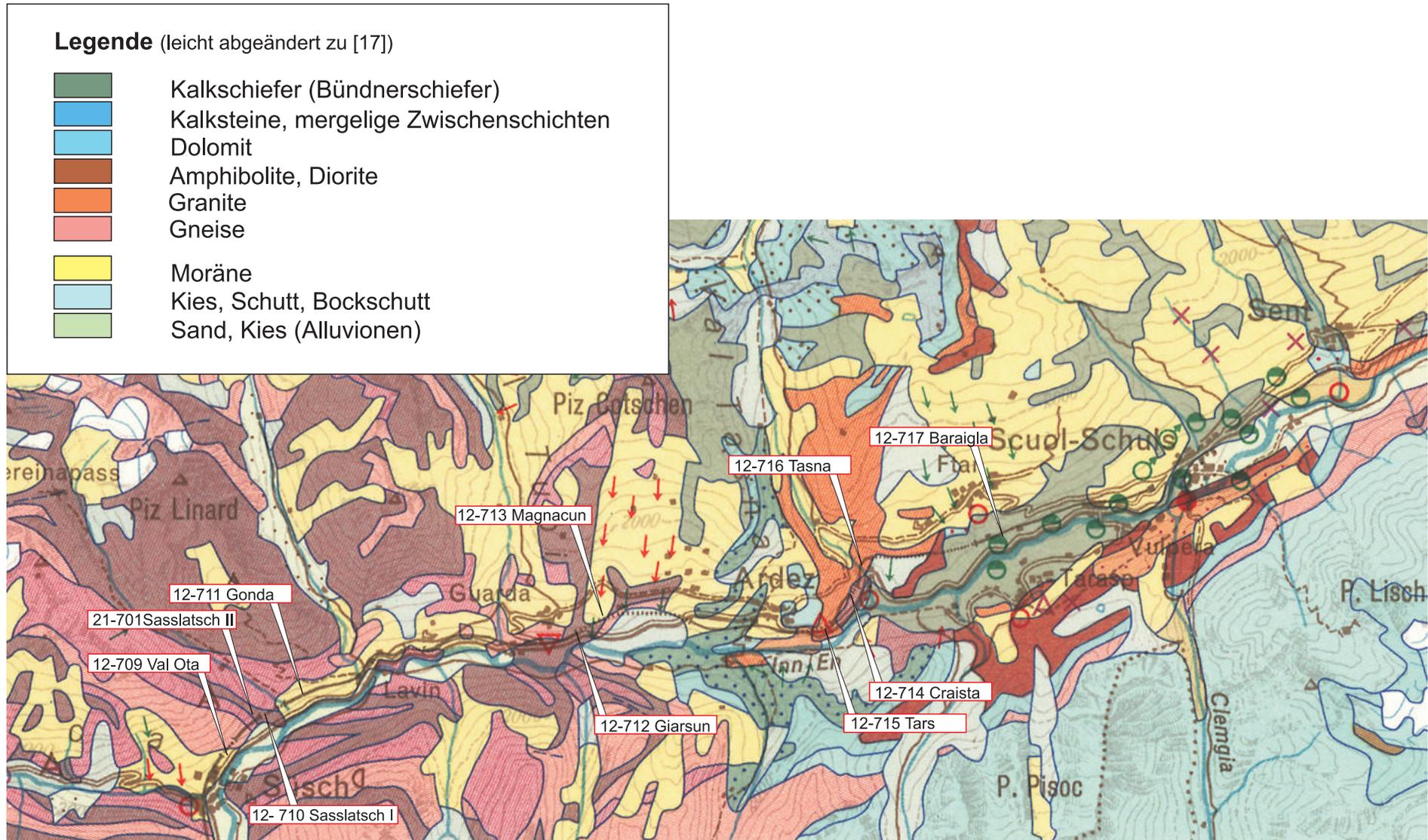
# Kartenausschnitt mit Lage der Tunnels

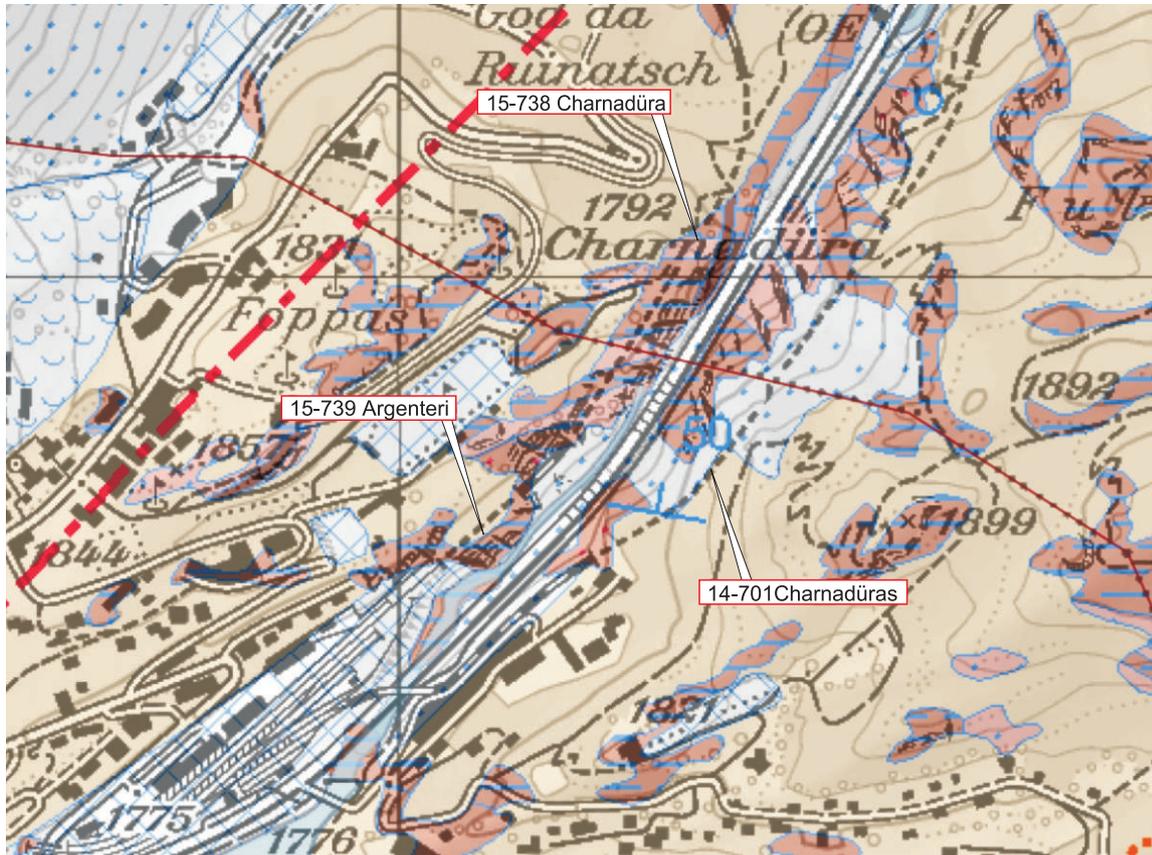




**Legende** (leicht abgeändert zu [17])

- |  |   |
|--|---|
|  | Kalkschiefer (Bündnerschiefer)          |
|  | Kalksteine, mergelige Zwischenschichten |
|  | Dolomit                                 |
|  | Amphibolite, Diorite                    |
|  | Granite                                 |
|  | Gneise                                  |
|  | Moräne                                  |
|  | Kies, Schutt, Bockschutt                |
|  | Sand, Kies (Alluvionen)                 |





**Legende Geologie**

	Q	Moräne
	EJBD	Biotitgneise
	EJBD	Quarzitischer-Biotitgneis

**Bezug Tunnels zu geologischen Einheiten**

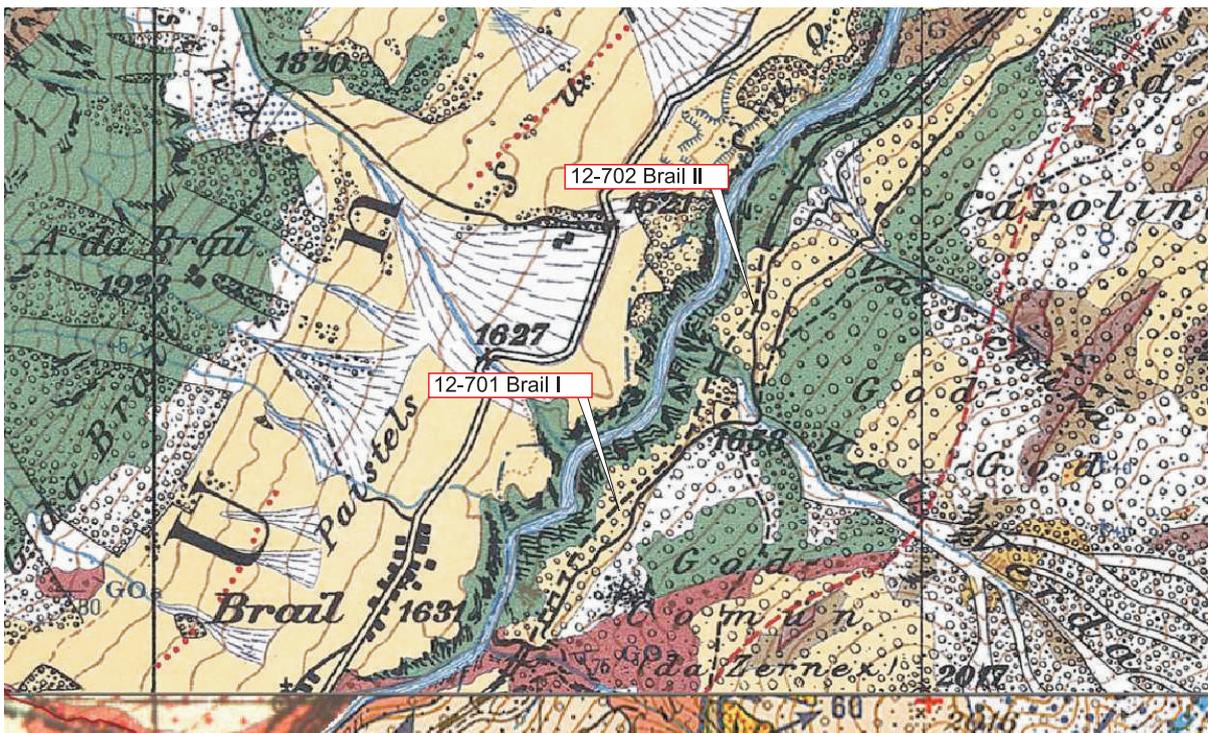
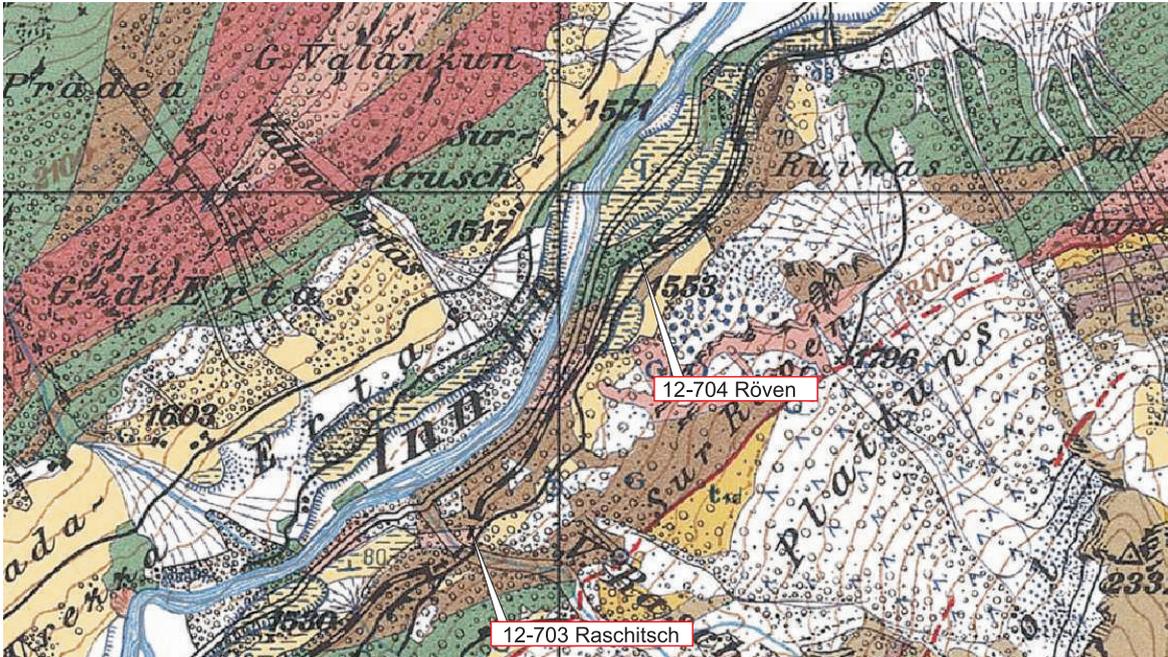
14-701 Charnadüras
15-738 Charnadüra
15-739 Argenteri

Tektonische Einheiten

Q: Quartär

EJBD: Err-Julier-Bernina-Decke

**Tunnel 12-701 - 12-704**



**Legende Geologie**

	Q	Moräne
	SD	Orthogneise
		Mischgneise
		Paragneise
		Amphibolite
		Gabbro, Peridotit

**Bezug Tunnels zu geologischen Einheiten**

12-701 Brail I

12-703 Raschtsch

12-701 Brail I, 12-702 Brail II

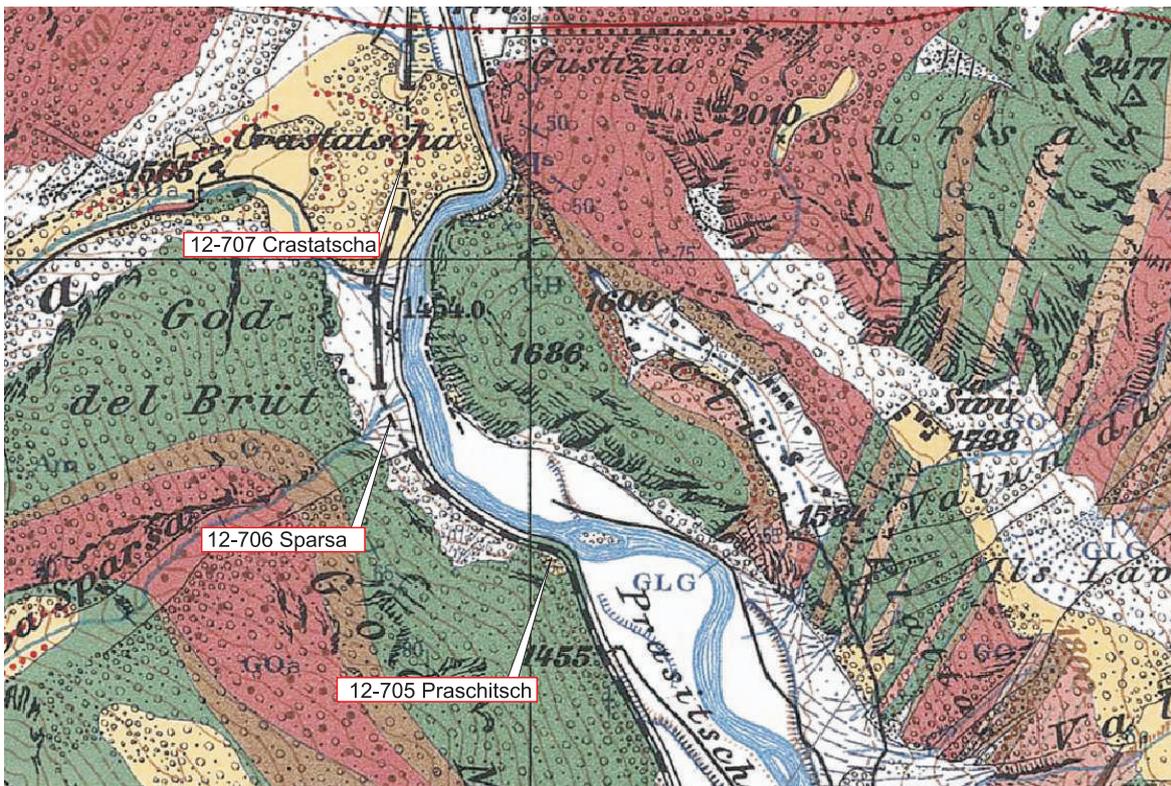
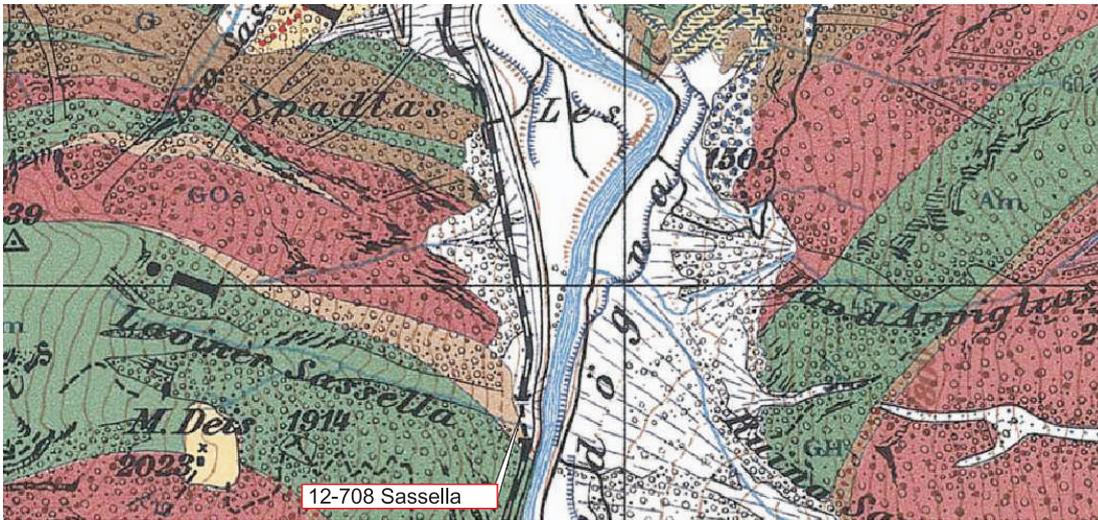
12-704 Röven

Tektonische Einheiten

Q: Quartär

SD: Silvretta-Decke

**Tunnel 12-705 - 12-708**



**Legende Geologie**

	G	Moräne
	SD	Orthogneise
		Mischgneise
		Paragneise
		Amphibolite
		Gabbro, Peridotit

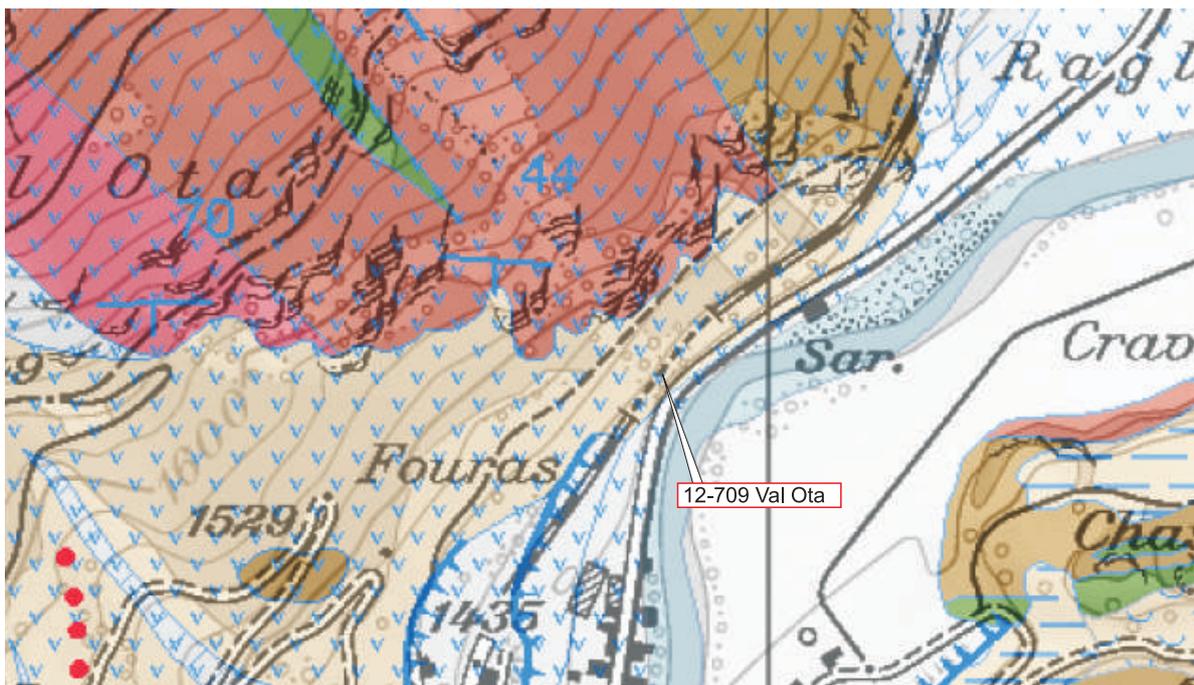
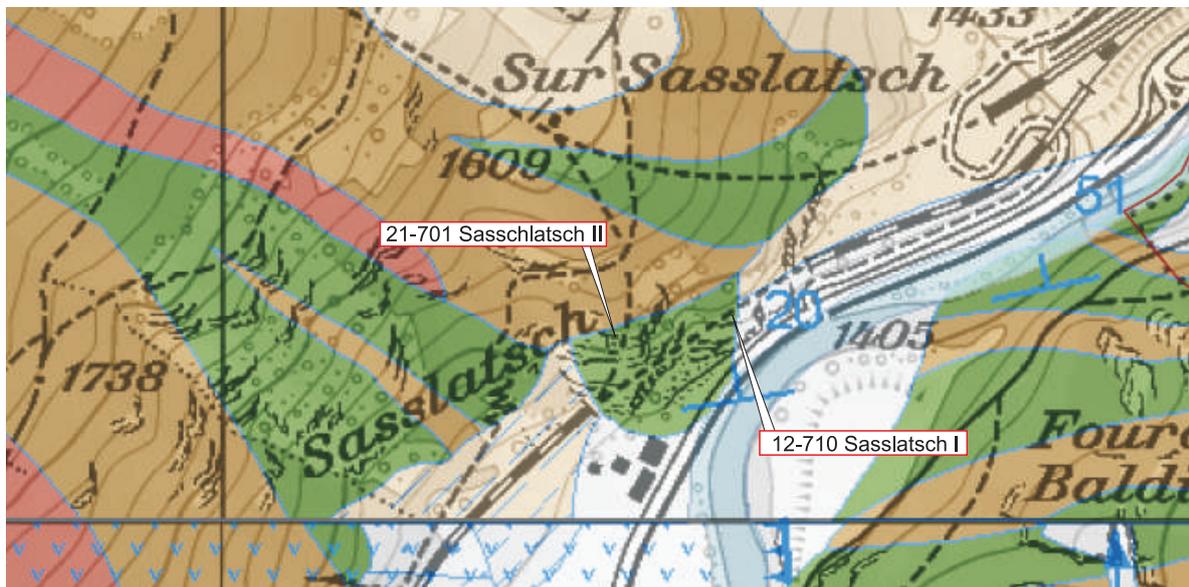
**Bezug Tunnels zu geologischen Einheiten**

- 12-707 Crastatscha
- 12-708 Sassella

12-705 Praschitsch, 12-706 Sparsa

Tektonische Einheiten  
 Q: Quartär  
 SD: Silvretta-Decke

**Tunnel 12-709 - 12-710, 21-701**



**Legende Geologie**

	<b>Q</b>	Moräne
Go	<b>SD</b>	Orthogneise
Glx		Mischgneise
P		Paragneise
A		Amphibolite
γ <sub>a</sub>		Gabbro, Peridotit
f	<b>TFSD</b>	Flysch, Schiefer
c		Sandstein, Quarzit, Kalke
i		Schiefer, Kalke, Breccie
l		Kalke-, Dolomit-Breccie
t		Dolomite, Rauhwacke, Gips
Go <sub>t</sub>		Tasan Kristallin

**Bezug Tunnels zu geologischen Einheiten**

12-709 Val Ota

12-710 Sasslatsch I  
21-701 Sasslatsch II

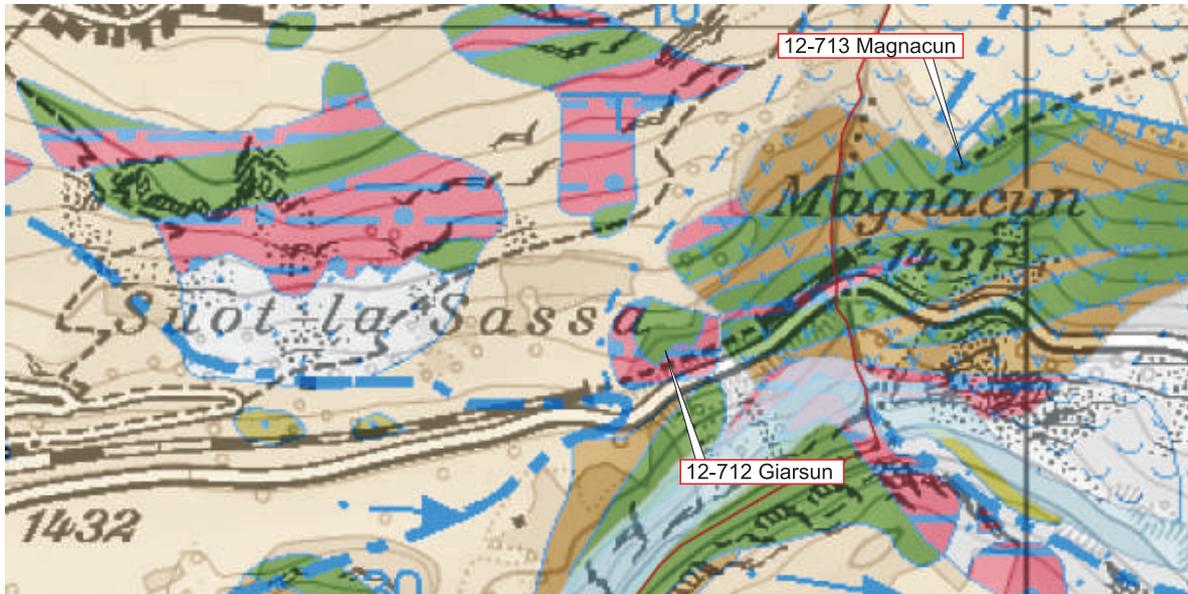
Tektonische Einheiten

Q: Quartär

SD: Silvretta-Decke

TFSD: Tasna-; Falknis-Sulzfluh-Decke

**Tunnel 12-711 - 12-713**



**Legende Geologie**

Q	Moräne
Go	Orthogneise
Glx	Mischgneise
P	Paragneise
A	Amphibolite
γa	Gabbro, Peridotit
f	Flysch, Schiefer
c	Sandstein, Quarzit, Kalke
i	Schiefer, Kalke, Breccie
l	Kalke-, Dolomit-Breccie
t	Dolomite, Rauhwacke, Gips
Go <sub>t</sub>	Tasan Kristallin

**Bezug Tunnels zu geologischen Einheiten**

12-712 Garsun, 12-713 Magnacun

12-711 Gonda

12-712 Garsun  
12-713 Magnacun

12-713 Magnacun

Tektonische Einheiten

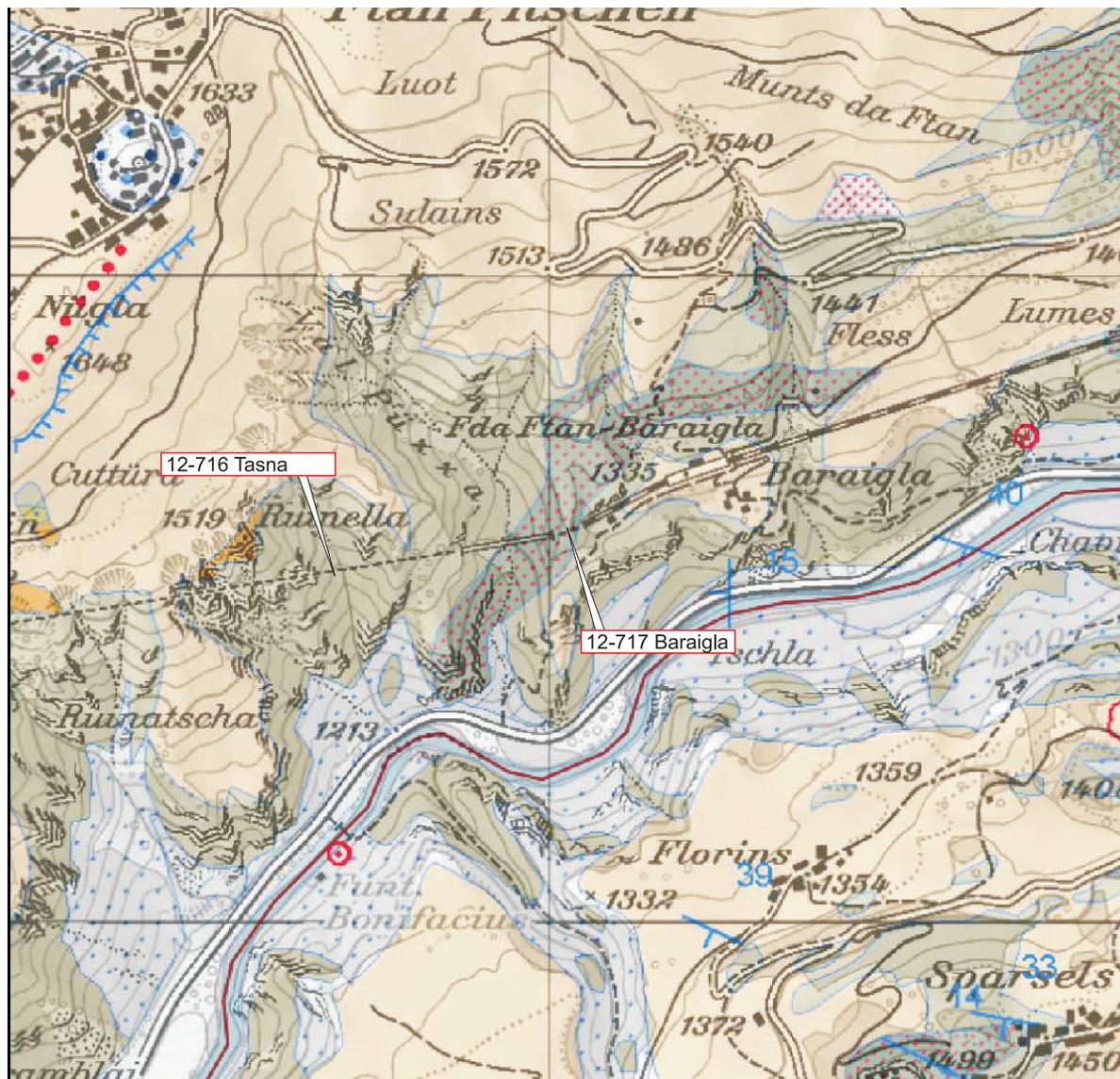
Q: Quartär

SD: Silvretta-Decke

TFSD: Tasna-; Falknis-Sulzfluh-Decke



**Tunnel 12-716 - 12-717**



**Legende Geologie**

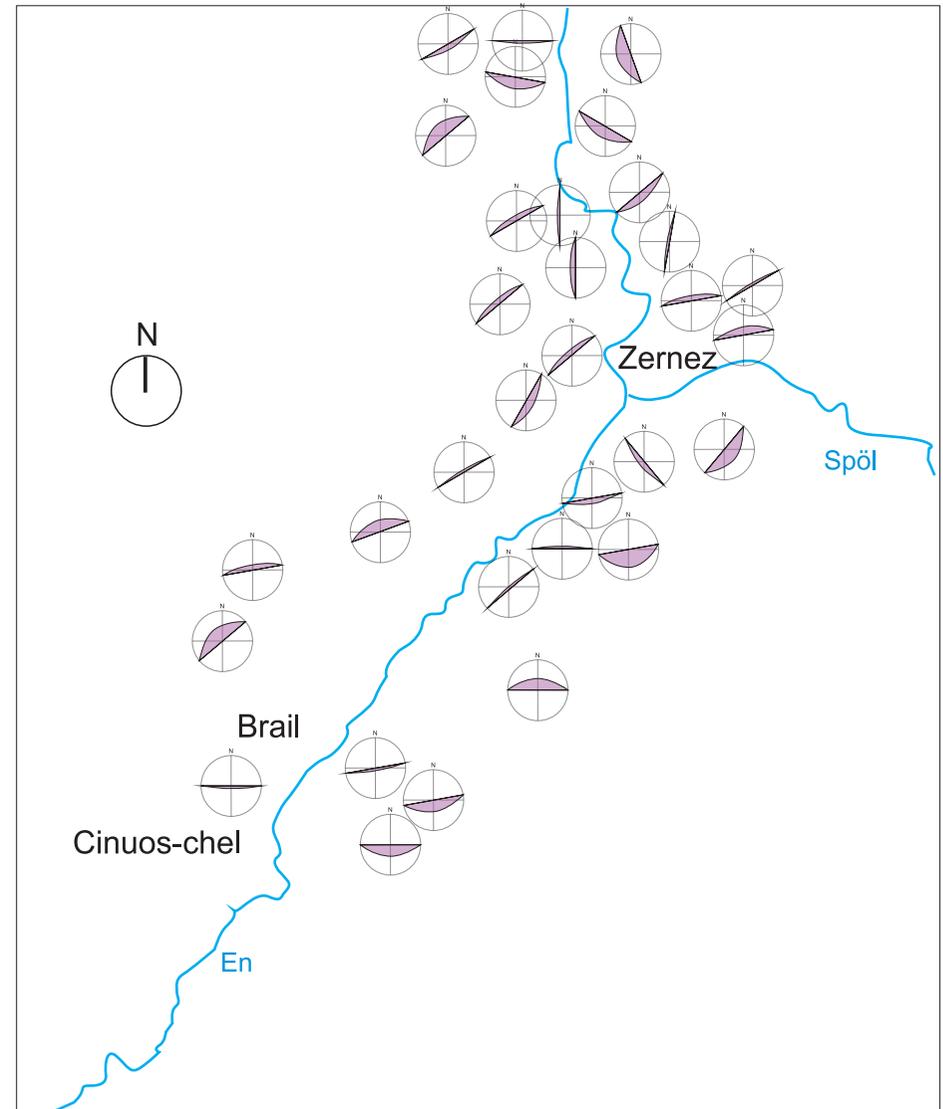
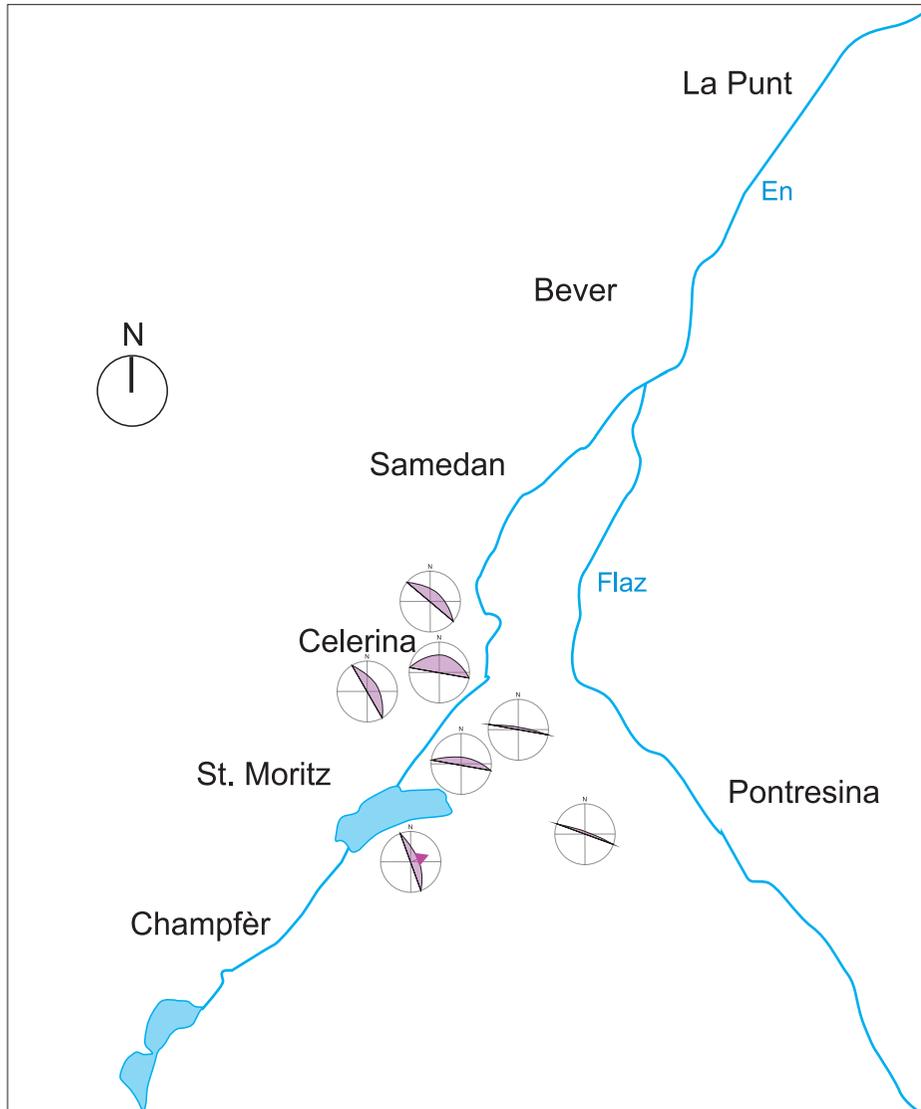
	<b>Q</b>	Moräne	
	<b>SD</b>	Orthogneise	
		Mischgneise	
		Paragneise	
		Amphibolite	
		Gabbro, Peridotit	
	<b>TFSD</b>	Flysch, Schiefer	
		Sandstein, Quarzit, Kalke	
		Schiefer, Kalke, Breccie	
		Kalke-, Dolomit-Breccie	
		Dolomite, Rauhw., Gips	
		Tasan Kristallin	
		<b>B</b>	Kalk-, Sandkalk, Phyllitschiefer

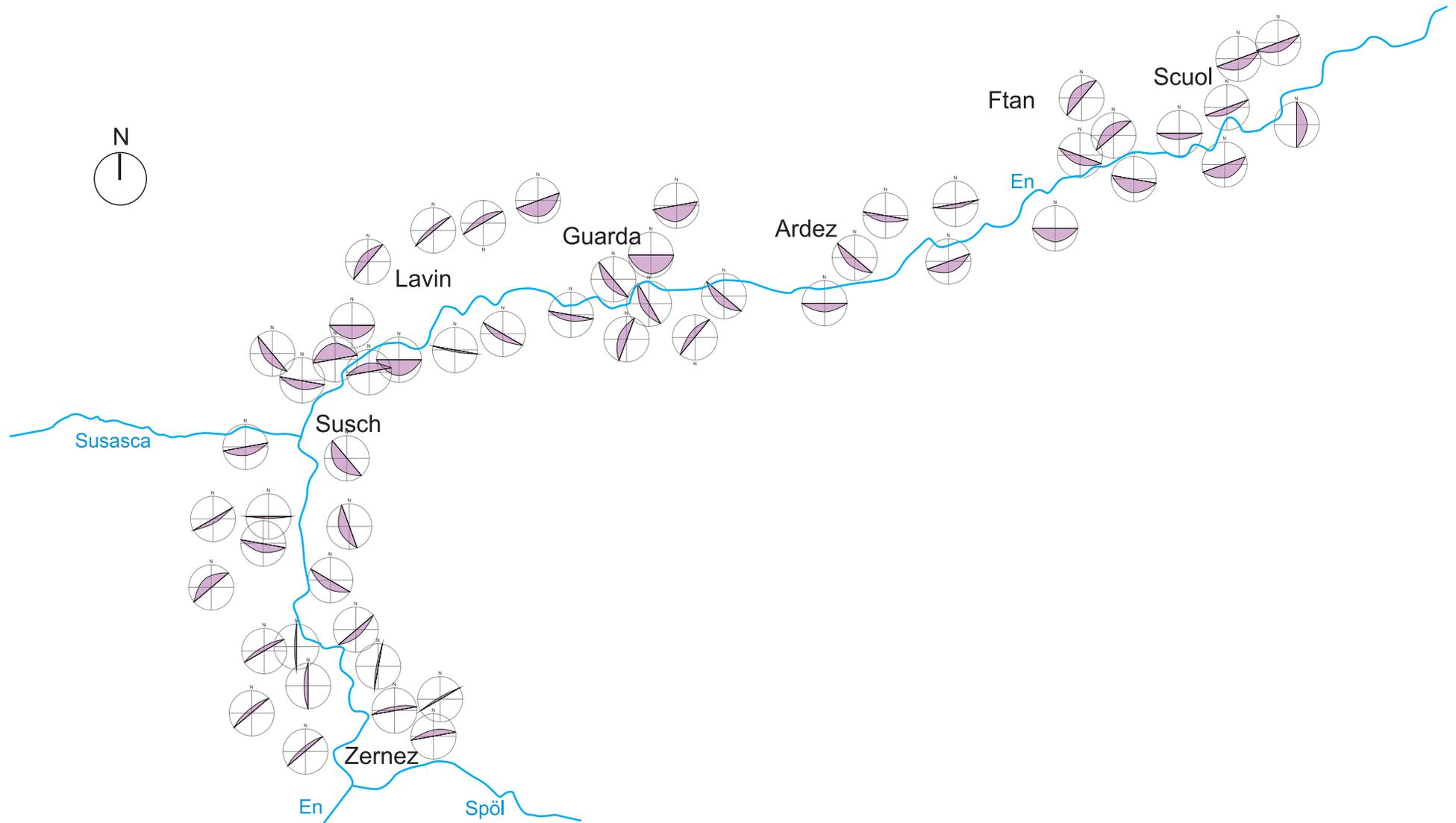
**Bezug Tunnels zu geologischen Einheiten**

Tektonische Einheiten  
 Q: Quartär  
 SD: Silvretta-Decke  
 TFSD: Tasna-; Falknis-Sulzfluh-Decke  
 B: Bündnerschiefer

12-716 Tasna

12-717 Baraigla





Linie 12 Bever - Scuol-Tarasp  
 Linie 14 St. Moritz - Tirano  
 Linie 15 Chur - Thusis - St. Moritz

### Übersicht der Tunnels und deren geologische Situation

km	Objekt				Zustands- klasse	Geologische Einheit (Fels)	Lithologie	Lockergestein	Überlage- rung [m] <sup>1)</sup>	Gebirgs- wasser <sup>2)</sup>	Naturgefahren	Bemerkungen	Referen- zen
Anfang	Nr.	Name	Länge	Baujahr									
0.500	14-701	Charnadüras Tunnel	689	1909		Err-, Julier-, Berina- Decke	Biotitgneise, quarzitsche Beotitgneise	Portalbereiche	< 80	reichlich	-		[1]
102.394	15-738	Charnadüra Tunnel	449	1903				Portalbereich	< 60	reichlich	-		[1]
102.457	15-739	Argenteri Tunnel	114	1903				-	< 20	reichlich	-		[1]
112.535	12-701	Brail I Tunnel	895	1913		Silvretta Kristallin	Amphibolite, helle Gneise	?	< 40	reichlich	-		[3, 4]
113.481	12-702	Brail II Tunnel	308	1913			Amphibolite	?	< 30	reichlich	-		[3, 4]
116.589	12-703	Raschitsch Tunnel	185	1913			Biotitgneise, Schiefergneise	?	< 20	wenig	-		[3, 4]
117.572	12-704	Röven Tunnel	94	1913			Amphibolite, Biotitgneise	-	< 20	wenig	-		[3, 4]
122.418	12-705	Praschitsch Tunnel	66	1913			Amphibolite	Portalbereich	< 20	wenig	-		[3, 4]
122.943	12-706	Sparsa Tunnel	172	1913			Bachschutt, Amphibolit	Portalbereiche	< 20	wenig	-		[3, 4]
123.584	12-707	Crastatscha Tunnel	315	1913			Moräne, helle Gneise?	Tunnelbereich	< 40	reichlich	-		[3, 4]
125.066	12-708	Sassella Tunnel	119	1913			Biotitgneise, helle Gneise	Portalbereich	< 20	wenig	-		[3, 4]
127.111	12-709	Val Ota Tunnel	128	1913			Moräne, helle Gneise ?	Tunnelbereich	< 10	wenig	Felssackung		[3, 4]
127.899	21-701	Sasslatsch II Tunnel	232	1913			Silvretta Kristallin	Amphibolite, Biotitgneise	-	< 110	reichlich	-	
55.008	12-710	Sasslatsch I Tunnel	26	1903		Silvretta Kristallin	Amphibolite, Biotitgneise	-	< 20	wenig			[3, 4]
130.925	12-711	Gonda Tunnel	396	1913			Biotitgneise	Portalbereich	< 50	reichlich	-		[3, 4]
133.790	12-712	Giarsun Tunnel	172	1913			Amphibolite, helle Gneise, Biotitgneis	Portalbereich	< 20	reichlich	schwach aktive Felssackung		[3]
134.056	12-713	Magnacun Tunnel	1'909	1913		Amphibolite, helle Gneise, Biotitgneis, Kakirite, Gips, Dolomit, Phyllitschiefer	Portalbereich	< 230	reichlich bis viel			[3, 10]	
138.047	12-714	Craista Tunnel	514	1913		Tasna Decke	Dolomit, Biotitgneise, Tasna Granit	Portalbereich	< 20	reichlich	Felssackung		[3,9 ]
142.420	12-717	Baraigla Tunnel	52	1913		Bündnerschiefer	Sandsteine, Quarzite, Kalkschiefer	Portalbereich	< 20	wenig	-		[3]

<sup>1)</sup> geschätzt aus topographischer Karte und Fotoansichten [6];

<sup>2)</sup> Erwartungswert aufgrund Geologie und Tunnellage;

Ela-, Julier-, Bernia - Decke
Silvretta - Decke
Tasna - Decke
Bündnerschiefer

BauGrundRisk GmbH

H27 Engadinerstrasse, Brücke Suschaida, Lehenbrücke Crai

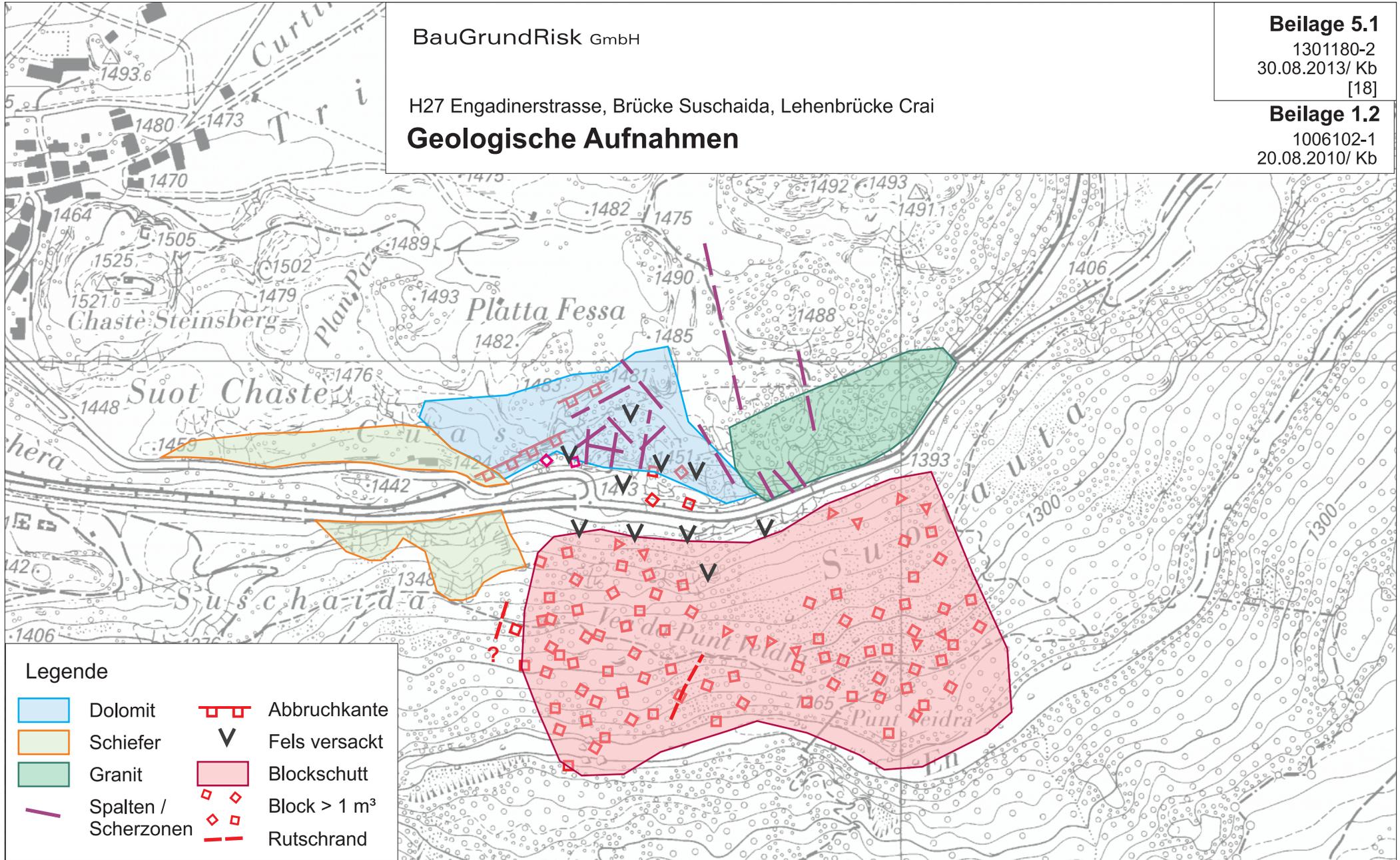
### Geologische Aufnahmen

**Beilage 5.1**

1301180-2  
30.08.2013/ Kb  
[18]

**Beilage 1.2**

1006102-1  
20.08.2010/ Kb



**Legende**

- |   |                      |   |               |
|---|----------------------|---|---------------|
|  | Dolomit              |  | Abbruchkante  |
|  | Schiefer             |  | Fels versackt |
|  | Granit               |  | Blockschutt   |
|  | Spalten / Scherzonen |  | Block > 1 m³  |
|   |                      |  | Rutschrand    |

H27 Engadinerstrasse

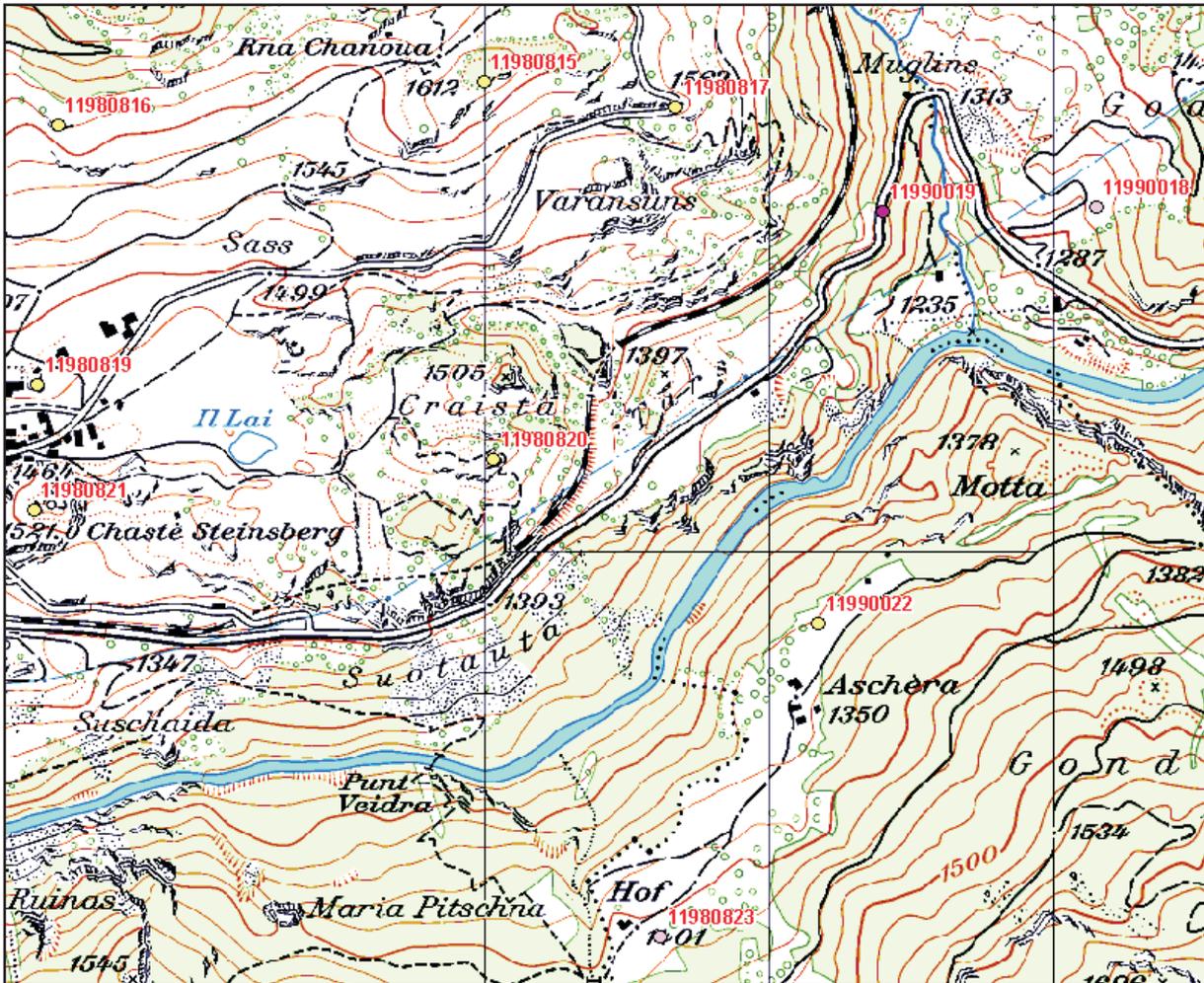
Massstab 1:5000

Druckdatum: 09.06.2010



H27 Engadinerstrasse, Brücke Suschaida, Lehenbrücke Crai

**Vermessungsdaten Ardez - Tasna, ALG Stand 12.07.2010**



NUMMER	Y	X	HOEHE	RUTSCHUNG in mm/J	AZIMUT
11980823	812309.11	183319.97	1416.32	7	378
11990018	813075.82	184611.60	1328.90	9	263
* 11990019	812698.84	184603.74	1327.70	43	106

\* Punkt nicht mehr vorhanden

Nummer	Y	X	Höhe	Bestimmungsjahr
	811248.99	184758.03	1621.55	1927
11980816	811248.97	184757.95	1621.55	1973 (ist in Karte nicht als Rutschpunkt bezeichnet)
	812309.22	183319.67	1416.30	1927
11980823	812309.11	183319.97	1416.32	1973
	813076.33	184611.94	1329.14	1927
	813076.04	184611.72	1329.04	1973
	813075.83	184611.59	1328.99	1991
11990018	813075.82	184611.60	1328.90	1999
	812698.19	184603.80	1328.18	1976
11990019	812698.84	184603.74	1327.70	1991

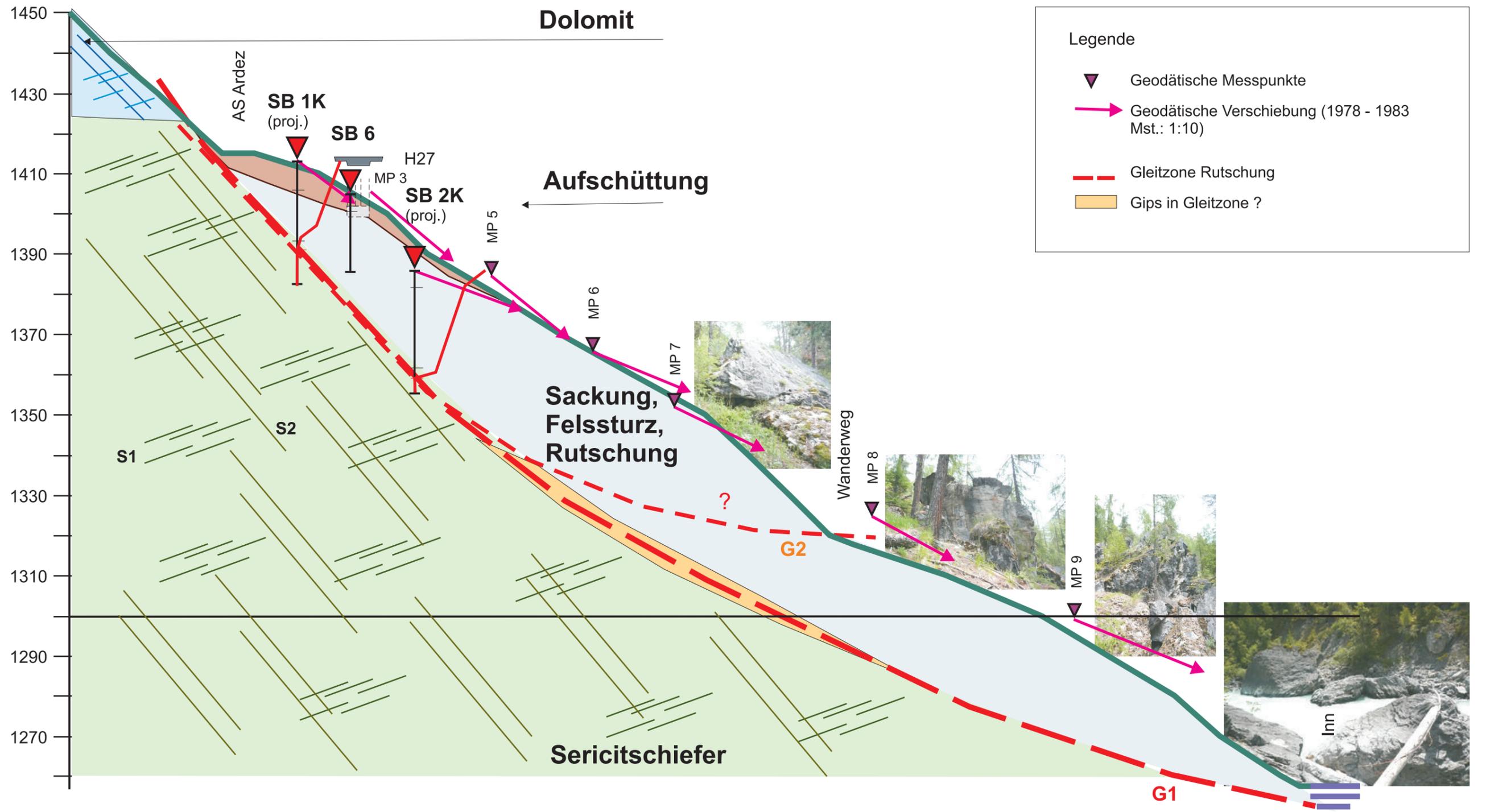
Gelbe Punkte in der Karte sind ruhig, rote sind "Rutschpunkte"

# Geologisches Hangprofil P1

**Beilage 5.3**  
1301180-2  
30.08.2013/ Kb  
[18]

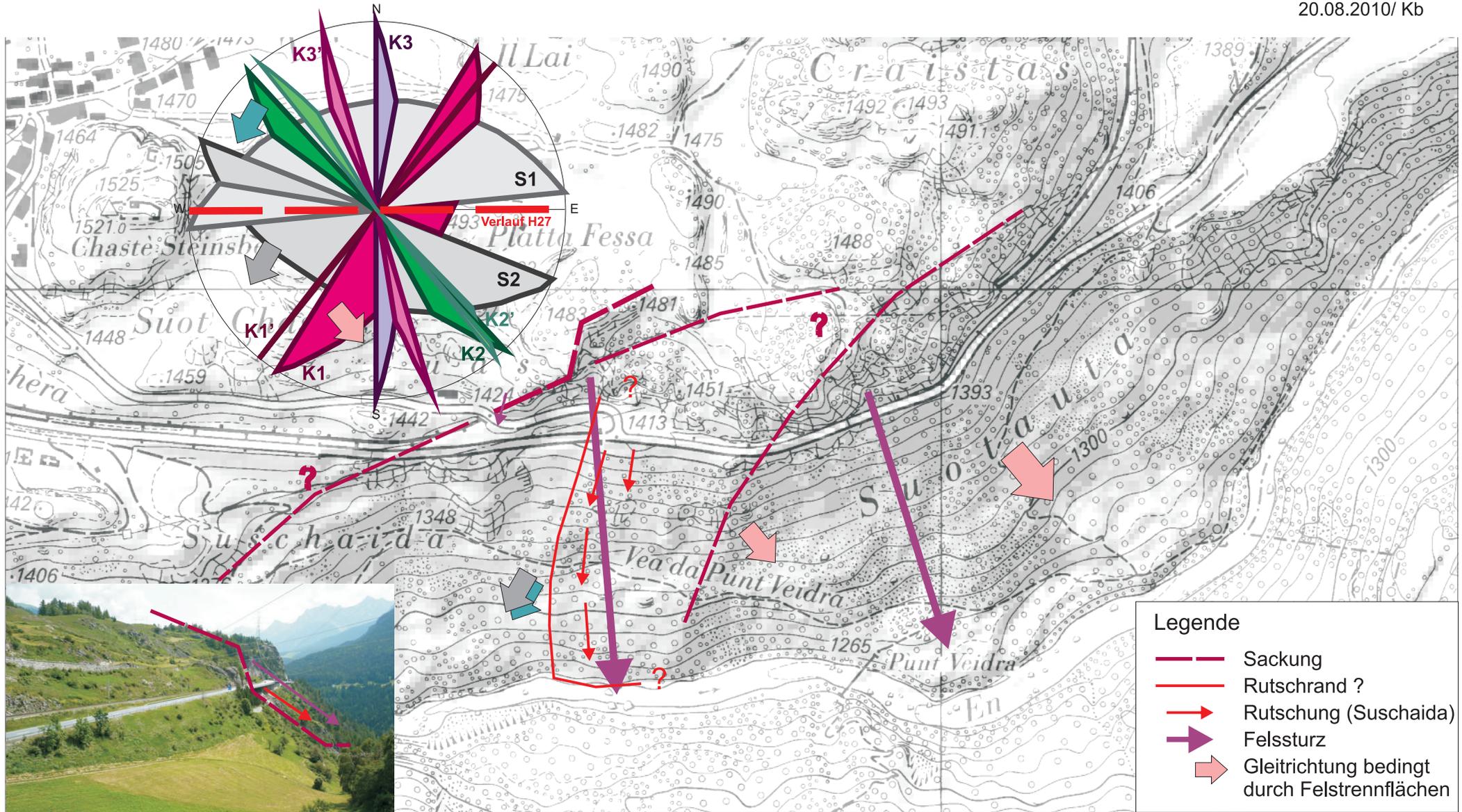
**Beilage 4.2**  
1006102-1  
20.08.2010/ Kb

Mst.: 1:1'000



H27 Engadinerstrasse, Brücke Suschaida, Lehenbrücke Crai

**Geologisch-kinematisches Modell** (mit Überlagerung von Sackung, Felssturz und Rutschung)



H27 Engadinerstrasse

Masstab 1:5000

Druckdatum: 09.06.2010

