

# Querschnitt zwischen dem südlichsten Aar-Massiv und der Lucomagno-Decke im Bereich des Gotthard-Basistunnels : Bericht der Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft vom 12./13.10.1991

Autor(en): **Bonanomi, Yves / Dietler, Thomas / Etter, Urs**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **85 (1992)**

Heft 1

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-167006>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Querschnitt zwischen dem südlichsten Aar-Massiv und der Lucomagno-Decke im Bereich des Gotthard-Basistunnels

Bericht der Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft  
vom 12./13. 10. 1991

Von YVES BONANOMI<sup>1)</sup>, THOMAS DIETLER<sup>1)</sup> und URS ETTER<sup>2)</sup>

*Leitung:*

C. Schindler  
Y. Bonanomi  
T. Dietler  
U. Etter  
T. Lardelli  
R. Wyss

K. Brücker  
A. Colombi  
Th. Daneck  
P. Eckhardt  
W. Flück  
St. Frank  
K. Graf  
Y. Guffon  
L. Hauber  
P. Heitzmann  
D. Imper  
L. Jemelin  
H. Lozza

P. Mader  
H.-J. Moser  
M. Niggli  
B. Oddsson  
A. Parriaux  
O. Rohner  
Ch. Röthlisberger  
H. Röthlisberger  
H. Rüfenacht  
W. Schaad  
A. Steiger  
H. Stump  
A. Wildberger

*Teilnehmer:*

M. Baumann  
A. Baumer  
R. Bleiker  
Ph. Bovay

## ABSTRACT

With regard to the project of the new Gotthard railwaytunnel the geological mapping (1:5000 to 1:10000) over a 6 km wide stripe along the projected tunnel axes as well as the structural setting will be actualised. The Disentis Zone, the Tavetsch Massif, the Urseren Garvera Zone, the northern rim of the Gotthard Massif and the Piora Syncline with their rockmechanically difficult lithologies were explored already in 1990. The frequency, orientation and deformational characteristics of geotechnically significant faults, as the late quaternary kakirites at the southern border of the Aar Massif, were also analysed along the tunnel. From almost all outcropping rocks samples were taken to test the mechanical behaviour and to work out a rockmechanical model. One excursion in the occasion of the annual meeting of the Swiss Geological Society was scheduled to discuss some of these problems.

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Hinblick auf die Projektierung des Gotthard-Basistunnels wird längs der Tunnelachse ein mindestens 6 km breiter Streifen im Massstab 1:5000 bis 1:10000 neu kartiert sowie die Strukturen regional erfasst. Die aus

---

<sup>1)</sup> Dr. T. R. Schneider AG, Beratender Geologe, Rütihofstrasse 53, 8713 Uerikon.

<sup>2)</sup> Bollstrasse 6A, 3076 Worb.

felsmechanischer Sicht schwierigen Bereiche (Disentiser-Zone, Tavetscher Zwischenmassiv, Urseren Garvera-Zone, Gotthard-Massiv-Nordrand, Piora-Mulde) wurden bereits 1990 detailliert untersucht. Die Häufigkeit, Lage und Ausbildung von geotechnisch relevanten Störungen (z. B. die jungquartären Verwerfungen am Südrand des Aar-Massivs) wurden ebenfalls in einer Strukturanalyse über die gesamte Tunneltrasse erfasst. Zudem wurden von den meisten vorkommenden Gesteinen repräsentative Proben für felsmechanische Versuche entnommen, um ein möglichst differenziertes Gebirgsmodell zu erhalten. Die oben angeführten Problempunkte des Gotthard-Basistunnels waren Gegenstand der gemeinsam von der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft und der Schweizerischen Fachgruppe der Ingenieurgeologen durchgeführten Exkursion vom 12./13. 10. 1991.

## Einleitung

Im Rahmen der 171. Jahresversammlung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften in Chur hatte die Schweizerische Geologische Gesellschaft «Die grossen Tunnelprojekte in den Alpen: Geologische Kriterien für die Variantenwahl, Untersuchungsmethoden für tiefliegende Tunnel» als ein Hauptthema der Fachsitzungen gewählt (gemeinsam mit der Fachgruppe der Ingenieurgeologen). Im Zusammenhang mit diesen Vorträgen wurde eine Exkursion in den Raum Tujetsch und Lukmanierpass durchgeführt, um einige Problempunkte des Gotthard-Basistunnels im Felde zu diskutieren.

Aufgrund der misslichen Wetterverhältnisse mit Regenschauern, Schneefall und Nebel musste das vorgesehene Exkursionsprogramm umgestellt und verkürzt werden. Gleichwohl konnten die wesentlichen Aufschlüsse besucht werden und es entstanden ausgiebige, interessante, zum Teil recht leidenschaftliche Diskussionen.

## Tektonisch-Geologische Übersicht

Der Gotthard-Basistunnel durchquert die tektonischen Einheiten Aar-Massiv, Tavetscher Zwischenmassiv, Gotthard-Massiv und die Penninische Gneiszone (Fig. 1). Die Massiv-trennenden sedimentären Mulden (Disentiser-Zone, Urseren-Garvera-Zone, Piora-Mulde), das nördliche Travetscher Zwischenmassiv sowie grössere Störungen sind aufgrund der lithologischen Zusammensetzung und der ausgebildeten Deformationen geotechnisch nicht unproblematisch. Die längsten Streckenabschnitte liegen jedoch in den polymetamorphen, vorvariskischen Gneisen, respektive in den variskischen Intrusionen. Die alpine Hauptschieferung streicht im gesamten Tunnelbereich Ost-West und fällt bis auf den südlichsten Abschnitt in den Leventina-Gneisen steil nach Norden oder Süden ein. Bei der gewählten Linienführung werden alle Einheiten querschlägig und die bautechnisch kritischsten Abschnitte bei möglichst geringer Überdeckung durchfahren.

### 1. Exkursionstag

#### 1. Stop: Lehmkakirite südlich des Bugnei-Grandodiorites (Leitung: T. Lardelli)

Anhand der beim Ausbau der Oberalpstrasse zwischen Mompé Tujetsch und Val Bugnei, östlich von Sedrun, gemachten Erfahrungen wurden die geotechnischen Verhältnisse der im Tavetscher Zwischenmassiv (TZM) häufig ausgebildeten Kakiritzonen diskutiert. Die Kakiritzone von Arschella, unmittelbar östlich von Bugnei, weist eine Mächtigkeit von über 200 m auf. Während sie gegen Osten durch Auffächerungen vermutlich breiter wird, entzieht sie sich gegen Westen aufgrund der ausgedehnten Schuttfächer bei Sedrun der Beobachtung. Gemäss den geologisch-geotechnischen Untersuchungen (Bü-

ro für Technische Geologie Dr. T. Lardelli, Chur; Dr. U. Vollenweider, Zürich) für das Strassenprojekt liegen in diesem versackten und dicht mit Lehmkakiriten durchzogenen Bereich des TZM folgende geotechnischen Verhältnisse vor:

Im bereits ausgeführten Tunnel Crestas und östlich davon besteht der Fels aus Kataklastiten mit vielen, z. T. bis Meter-mächtigen Kakiritzonen. Der Vortrieb im Tunnel erfolgte durch eine um wenige Meter vorgezogene Kalotte mit nachfolgendem Strossenabbau; der Sohlschluss konnte meist nach 5 Tagen bewerkstelligt werden. Da die gesamte Tunnelstrecke oberhalb des Bergwasserspiegels liegt, konnte der Sicherungsausbau mit Gitterträgern, Netzen, Spritzbeton (Aussenring 23 cm total) sowie Ortsbeton im Sohlgewölbe ausgeführt werden. Für die Brücken im steilen Gelände wurden Schachtfundamenten (5–9 m unter Oberfläche) ausgeführt.

Westlich des Crestas-Tunnels zeigten die vielen Sondier-, Drainage- und Ankerbohrungen, dass der Fels zu mehr als 90% aus Kakiriten besteht. Die Korngrösse dieser Kakirite liegt zwischen leicht tonigen Silten mit etwas Kiessand und reichlich siltigen Kiessanden mit reichlich Steinen; es wurden Scherfestigkeiten von  $\Phi = 26^\circ - 35^\circ$  (Mittel =  $33^\circ$ ) sowie Kohäsionen  $c = 0 - 16 \text{ kN/m}^2$  (Mittel =  $10 \text{ kN/m}^2$ ) bestimmt. Die extrem hohe Lagerungsdichte in den Störungszonen bedingt eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit.

Die Rutschungen unmittelbar westlich des Crestas-Tunnels wurden durch Drainagen, massiven Abtrag der bergseitigen Strassenböschung zur Entlastung des talseitigen Böschungskopfes sowie durch Grünverbau stabilisiert. Bei der Rutschung Arschellas sind die Sicherungsarbeiten im Gang. Mit Ankerelementen, verankerten Pfahlreihen sowie Drainagebohrungen zwischen Hangfuss und Furka-Oberalp-Bahn glaubt man, die Bewegungen von früher, etwa 10 cm/Jahr, stoppen zu können.

## *2. Stop: Bohrstelle Sondierungen Tujetsch für Gotthard-Basistunnel (Leitung: Y. Bonanomi, T. Dietler)*

Das Tavetscher Zwischenmassiv nördlich des Vorderrheins und die Disentiser-Zone sind im Bereich des Gotthard-Basistunnels vollständig mit Quartär bedeckt. Im Hinblick auf die Wahl des Vortriebssystems und des Tunnelkonzeptes sind der genaue petrographisch-strukturelle Aufbau sowie die felsmechanischen Eigenschaften des Gebirges von massgebender Bedeutung. Im Rahmen der Alpen transit-Vorarbeiten wurden deshalb nordwestlich von Sedrun zwei Sondierbohrungen abgeteuft. Aus einer Vielzahl von Varianten wurde ein Konzept mit zwei  $45^\circ$  geneigten Schrägbohrungen von je ca 850 m Länge gewählt. Von einem Bohrplatz wurde eine Bohrung nach Norden und eine nach Süden senkrecht zum Streichen der Hauptschieferung vorgetrieben.

Während der Exkursion wurden einige repräsentative Kernkisten ausgelegt und die Sondierkampagne durch die sachbearbeitenden Geologen des Büros Dr. T. R. Schneider, Uerikon, sowie durch den Bohrmeister, Herr P. Schweighöfer, Foralith AG, Gossau (SG), vorgestellt.

## *3. Stop: Strassenprofil Val Nalps (Leitung: Y. Bonanomi, R. Wyss)*

Entlang der Kraftwerkstrasse Sedrun-Lai da Nalps wurde ein Profil vom Nordrand des Gotthard-Massivs (GM) durch die Urseren-Garvera-Zone (UGZ) und das südliche

Tavetscher Zwischenmassiv (TZM) abgeschritten. Die alpine Hauptschieferung  $S_2$  fällt in diesem Bereich mit  $85-90^\circ$  gegen Süden ein. Neben der Haupttrennfläche  $S_2$  können fünf Kluftsysteme von geotechnischer Bedeutung ausgeschieden werden.

Die folgende Kurzbeschreibung gibt einen Überblick über die im Val Nalps auftretenden Gesteine (vgl. Schneider 1991 b). An der Kraftwerkstrasse sind leider nicht alle Lithologien aufgeschlossen. Das Profil beginnt südlich des Val Blaua am Kontakt der UGZ zum Altkristallin des GM und endet bei den Ställen «Nacla» im TZM:

#### Gotthard-Massiv:

Stark verscherter, konkordanter bis schwach diskordanter Kontakt des GM-Alt-kristallins mit der UGZ.

#### Urseren-Garvera-Zone:

Die UGZ besteht aus jungsedimentären Gesteinen karbonischen und jüngeren Alters. Sie ist eindeutig zur Sedimentbedeckung des GM zu rechnen (Fig. 2). Die Sedimentbedeckung des TZM ist bis auf wenige Reste südlich Tschamut vollständig abgeschert.

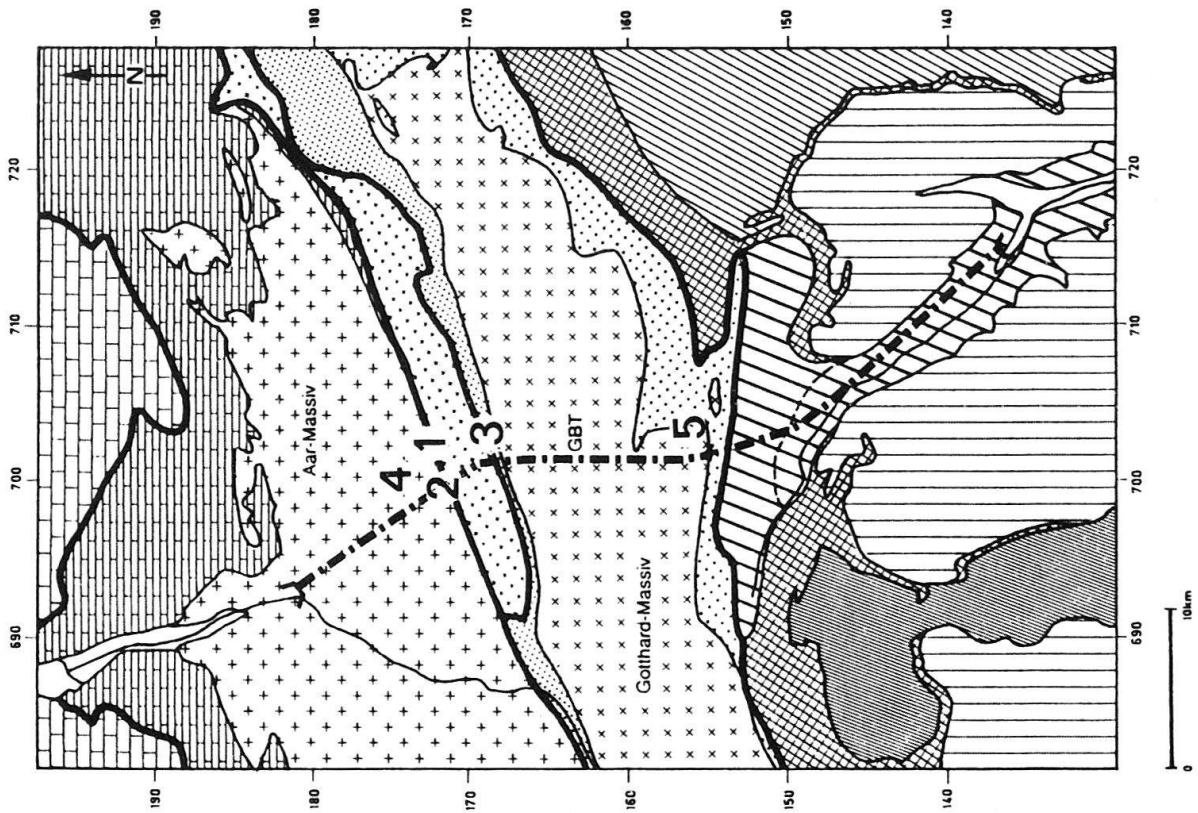
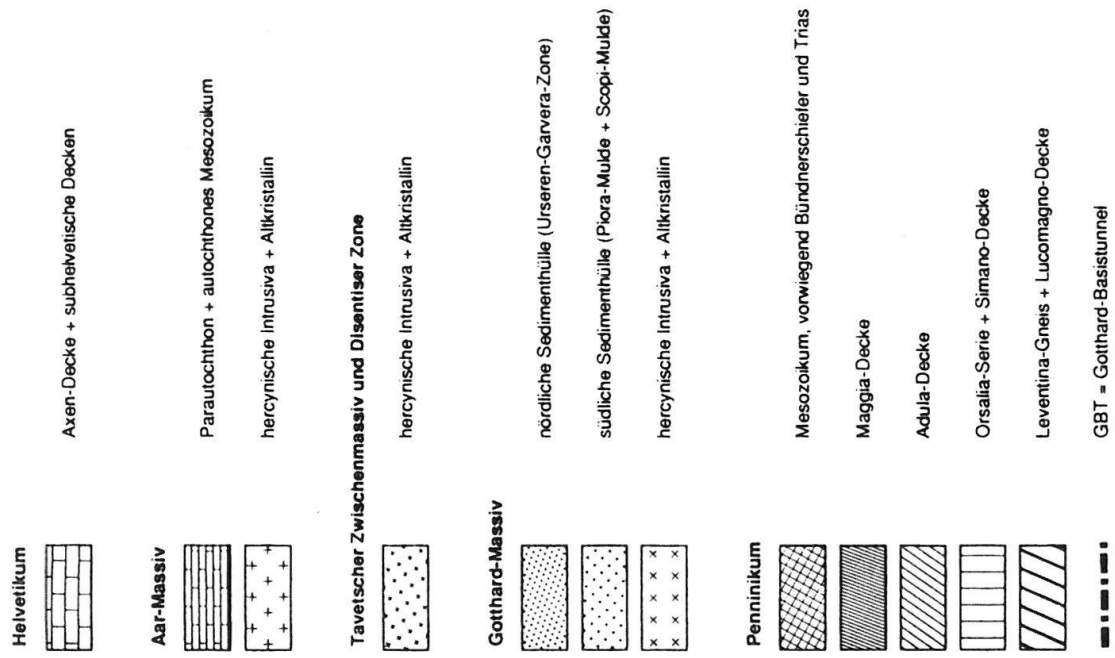
- *Permokarbon*: Im Val Blaua sind Sericit-Chlorit-Schiefer bis -Phyllite (Psammite) mit einzelnen, geringmächtigen psephitischen Linsen und dolomitischen Lagen des Perm anstehend. Weiter westlich (Cavradi-Schlucht) treten im Hangenden zusätzlich Konglomeratgneise (Verrucano) auf.
- *Trias*: Die Röti-Serie der Trias ist mit Rauhwaacke und relativ massigem Dolomit mit einer Gesamtmächtigkeit von 20–40 m vertreten. Bautechnisch problematischer Zuckerdolomit tritt nicht auf. Die dolomitischen farbigen Schiefer, Phyllite und die Quarzite mit einer maximalen Mächtigkeit von 30 m gehören zur Quartan-Serie. An der Kraftwerkstrasse ist nur ein kleiner, vermutlich versackter Aufschluss mit Dolomit und wenig Quartanschiefern in verkehrter Lagerung anzutreffen.
- *Lias*: Die Schichtreihe des Lias beginnt mit der Prodkamm-Serie, die von der Spitzmeilen-Serie überlagert wird. Die Mächtigkeit des Lias schwankt im Bereich der Linienführung des Gotthard-Basistunnels zwischen 70 und 130 m. Die Prodkamm-Serie wird vorwiegend aus schwarzen Pyritschiefern mit eingelagerten Sandkalkbänken aufgebaut und ist aufgrund ihrer Erosionsanfälligkeit nicht aufgeschlossen. Die Spitzmeilen-Serie besteht aus einer Wechsellagerung von harten, massigen Sandkalken bis Quarziten mit weichen Schiefern, wobei erstere überwiegen.

Die Gesamtmächtigkeit der UGZ im Projektbereich beträgt ca 500 m bei einer Überlagerung von 1000 m. Rechnet man die stark verschieften Grenzbereiche des TZM und GM zur UGZ noch hinzu, so hat diese felsmechanisch ungünstige, druckhafte Zone eine Mächtigkeit von über 1 km.

---

Fig. 1. Tektonische Skizze über den Projektbereich des Gotthard-Basistunnels. Lage der Exkursions-Stops: 1) Baustelle Bugnei 2) Bohrstelle Tujetsch 3) Strassenprofil Val Nalps 4) Jungquartäre Verwerfungen 5) Nordrand der Piora-Zone.

Legende zur tektonischen Situation





### Tavetscher Zwischenmassiv:

Im TZM besitzen die Glimmergneise wie Biotitgneise, Zweiglimmergneise teils sedimentärer, teils vulkanoklastischer (Rhyodazite) Herkunft die grösste Verbreitung. Die auffälligsten und am weitesten verbreiteten Gesteine sind die «Quermuskovitgneise» mit den oft quer zur Schieferung liegenden, bis mehrere mm grossen, variskischen Muskoviten. Die Gneise haben eine teils massige, teils gneisige Textur. Die alpine Hauptschieferung ist meist gut ausgebildet. Das gesamte TZM ist mittel bis stark geklüftet mit Kluftabständen zwischen 0.1–1 m (teilweise auch engständiger). Gewisse Bereiche, die eine höhere voralpine Metamorphose (kaledonische Granulitfazies) miterlebt haben und migmatitisiert wurden, sind von den alpinen Strukturelementen kaum erfasst worden.

In die Gneise untergeordnet eingelagert sind basische bis ultrabasische Linsen mit Mächtigkeiten im Meter- bis Dekameter-Bereich. Die perlschnurartig in der Richtung der Hauptschieferung auftretenden Amphibolit- und Serpentinlinsen weisen meist MORB-Charakter auf (Bonanomi 1989, Stutz 1989). Eine Hornblenditlinse ist an der Strasse Nalps-Cavorgia aufgeschlossen (Koord.: 702 600/169 050/1510).

Im Val Nalps treten vermehrt jungvariskische Intrusiv- und Eruptivgesteine auf. Im Gegensatz zum restlichen TZM, wo Pegmatite nur in geringmächtigen Gängen vorkommen, ist hier ein bis zu 350 m mächtiger Muskovitpegmatit mit Gneisschollen aufgeschlossen. Die Metaignimbrite sind das Produkt des variskischen Vulkanismus. Sie treten einerseits als massige, quarzreiche Gneise mit reichlich eckigen Epiklasten und Quarzkörner mit Resorptionserscheinungen (Metaignimbrite) und andererseits als weiche, helle Sericitschiefer bis -phyllite (Meta-Tuffe) auf (Niggli 1944).

Sericit-Chlorit-Schiefer bis -Phyllite sedimentärer Entstehung treten im TZM häufig auf. Die grössten, aufgeschlossenen Vorkommen liegen im unteren Val Nalps bei Surrhein und am Kontakt zur UGZ. Die Mächtigkeit variiert zwischen wenigen Metern und ca 200 m. Es handelt sich um farbige Schiefer und Phyllite mit Glimmeranteilen von 50–100% und entsprechend tiefen Festigkeitswerten. Generell nimmt die Mächtigkeit dieser druckhaften Zonen gegen Westen ab, die für die geotechnische Beurteilung mitzubehringende Überlagerung jedoch wesentlich zu.

## 2. Exkursionstag

*4. Stop: Jungquartäre Verwerfungen am Aar-Massiv-Südrand (Leitung: T. Dietler, P. Eckardt; seine ergänzenden Informationen während der Exkursion seien an dieser Stelle herzlich verdankt)*

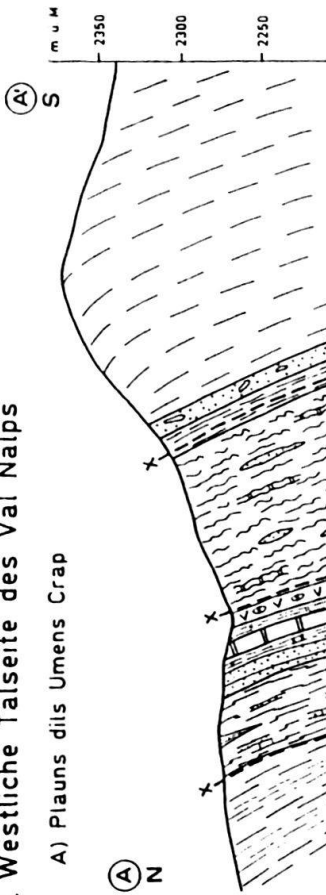
Jäckli (1951) und Eckardt (1957) beschrieben erstmals detailliert jungquartäre Verwerfungen entlang dem Südrand des Aar-Massivs. Die ungefähr parallel zur Haupttalachse verlaufenden kataklastischen bis kakiritischen Störungen sind im Bereich zwischen Trun im NE und Brig im SW auf den Hangschultern gut beobachtbar. Die morphologische Gestaltung dieser Störungen zeigt meist deutlich, dass die Bewegungen eine Hebung

---

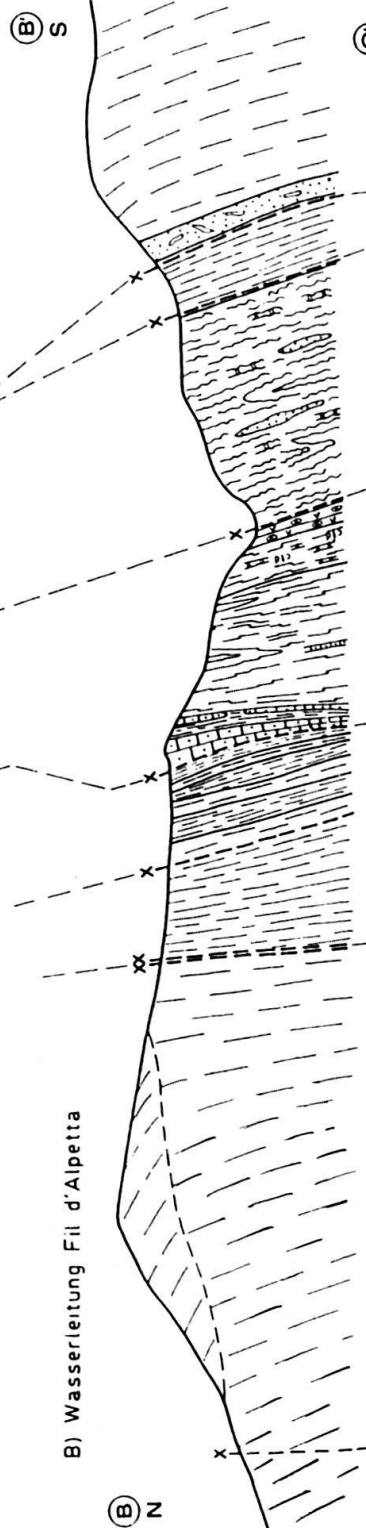
Fig. 2. Querprofile durch die Urseren-Garvera-Zone und die angrenzenden Gebiete auf der westlichen Talseite des Val Nalps (Ausschnitt aus Beilage 7 in Schneider 1991 b). Koordinaten der Profil-Endpunkte: A (700 670/167 840/2260), A (700 670/167 330/2340), B (700 910/168 290/2140), B (700 910/167 340/2250), C (701 280/167 910/1970), C (701 170/167 400/2100).

# I Westliche Talseite des Val Nalps

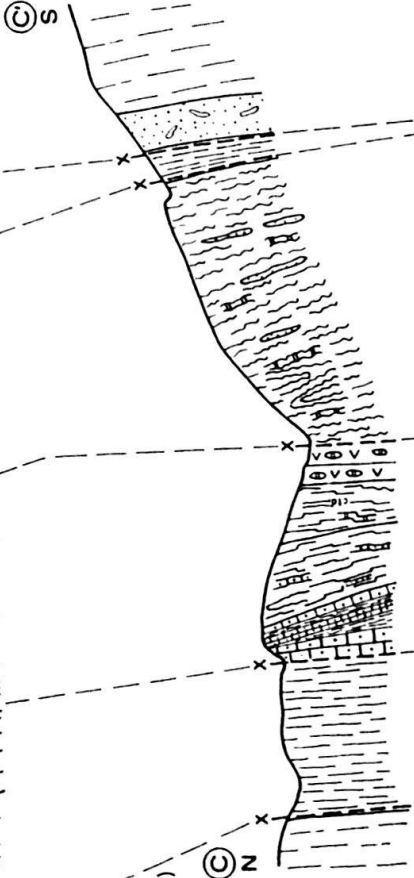
A) Plauns dils Umens Crap



B) Wasserleitung Fil d'Alpetta



C) Alp Tgom (vertikal über Druckstollen Nalps-Sedrun)



## LEGENDE

- Quartarbedeckung
- Moränenmaterial (Mächtigkeit > 5m)
- Urseren - Gävrera - Zone
- Lias
- Wechsellagerung von Sandsteinen, Quarziten mit schwarzen Schiefern (Spilimein - Serie)
- Quarzreiche Sericit - Schiefer mit Sandstein- und Quarzit-Bänken (Predamm - Serie)
- Trias
- Sericit - Chiorit - Schiefer bis -Phyllite mit delimitischen Lagen, z. T. mit Chioritopropylitsteinen, Quarzite (Quarzschiefer)
- Dolomite
- Rauwacke
- Permianerben
- Porphyrone (Schupensone)
- Sericit - Chiorit - Schiefer bis -Phyllite mit delimitischen Lagen und Porphyrbanen
- Tavelscher Zwischenmassiv
- Quarzkonglomerate, Biotitgneise
- Sericit - Chiorit - Schiefer bis -Phyllite
- Gothard - Massiv
- Biotitgneise
- Sericit - Chiorit - Schiefer bis -Phyllite
- Porphyrone mit pegmatitischen Schiefern
- Bruch und intensive, tektonische Bewegungshorizonte



des südlichen, talseitigen gegenüber dem nördlichen, bergseitigen Block verursachen. Die heute noch stattfindenden Verschiebungen wurden im Rahmen eines Nationalfondprojektes mittels Präzisions-Nivellements erfasst (vgl. Fischer 1990, Eckardt et al. 1983). Dabei wurden im Gebiet des Stöckli, oberhalb Andermatt, Verschiebungen von bis zu 0.7 mm/Jahr gemessen. Die Ursachen dieser Bewegungen sind noch nicht geklärt: Neben neotektonischen Aktivitäten des Alpenkörpers stehen auch isostatische Phänomene nach dem Abschmelzen der eiszeitlichen Gletschermassen zur Diskussion (Eckardt et al. 1983). Aufgrund von Beobachtungen in den bestehenden Untertagebauwerken im Gebiet Göschenen-Andermatt ist nicht auszuschliessen, dass diese Störungen auch auf dem Niveau (ca 500 m ü.M.) des projektierten Basistunnels angetroffen werden.

Beim Punkt 2205.7 im Aufstieg von der Bergstation des Sesselliftes Cungi zur Cuolm da Vi kreuzen mehrere Moränenwälle diese Störungszonen und werden von diesen verstellt, was deren jungquartäres Alter beweist (Eckardt et al. 1983). Am oberen Ende der Moränenwälle schliesst eine neue Wegböschung eine Verwerfung im vertikalen Querschnitt auf. Dabei wird deutlich, dass die Störungen unter kataklastischen bis kakiritischen Deformationsbedingungen entstanden sind. Eckige Trümmer im cm- bis dm-Bereich schwimmen in heterogener Anordnung in einer siltig-sandig-kiesigen Lockergesteinsmasse. Als weiteres, für die jungquartären Störungen typisches Merkmal zeigt der Aufschluss, dass diese vorwiegend an alpine, unter duktilen Deformationsbedingungen entstandene Scherzonen gebunden sind und somit als deren rezente Reaktivierung betrachtet werden können.

Die einzelnen, auf den Hangschultern über weite Strecken verfolgbaren Störungen weisen bei einem subvertikalen Einfallen eine relativ geradlinige Ausbisslinie auf. Die im Kluftrosen-Diagramm (Fig. 3) eingetragenen Streichrichtungen lassen zwei ausgeprägte Systeme erkennen: S1 N105°E bzw. N285°W sowie S2 N70°NE bzw. N250°SW streichend. Die Dichte der Störungen (Längensumme der Ausbisslinien pro 1 km<sup>2</sup> Fläche) im Bereich des Aar-Massiv-Südrandes erreichen Werte zwischen 850 m und 5900 m pro Einheitsfläche (Schneider 1991 a).

Mit den zuvor beschriebenen Orientierungen werden die Störungen vom Gotthard-Basistunnel vorwiegend unter einem Winkel von 40° bis 90° durchquert. Dies hat den Vorteil, dass die geotechnisch problematischen Störungen des Tunnelausbruch nicht über längere Distanzen begleiten, sondern meist querschlägig durchfahren werden. Für den Vortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) weist die subvertikale Lage jedoch den Nachteil auf, dass beim querschlägigen Anfahren der Fräskopf der TBM die Störung mit seiner vollen Fläche erfasst und das niederbrechende Lockermaterial das Werkzeug verklemmen kann. Auf alle Fälle ist, aufgrund der kakiritischen Ausbildung, beim Anfahren einer solchen Störung mit einem grossen initialen sowie mit einem niederschlagsabhängigen, andauernden Bergwasseranfall zu rechnen.

Auf dem Cuolm da Vi sind jedoch nicht alle Geländefurchen den jungquartären Störungen zuzuordnen. Die nackentalartigen Lineamente und zum Teil mehrere Meter breiten und tiefen Risse im Terrain sind mit der grossräumigen Sackungsmasse des Druntobels in Verbindungen zu bringen und dürften nicht bis auf das Tunnelniveau hinabreichen. In dem durch ein Polygonnetz periodisch vermessenen Sackungsgebiet öffnen sich Spalten zum Teil mit mehreren Zentimetern pro Jahr. Die Entwässerung durch die Spalten ist nicht geklärt, dürfte jedoch zum Teil durch die Schotter der Schuttkegel von Sedrun direkt in die Rheinalluvionen geschehen.

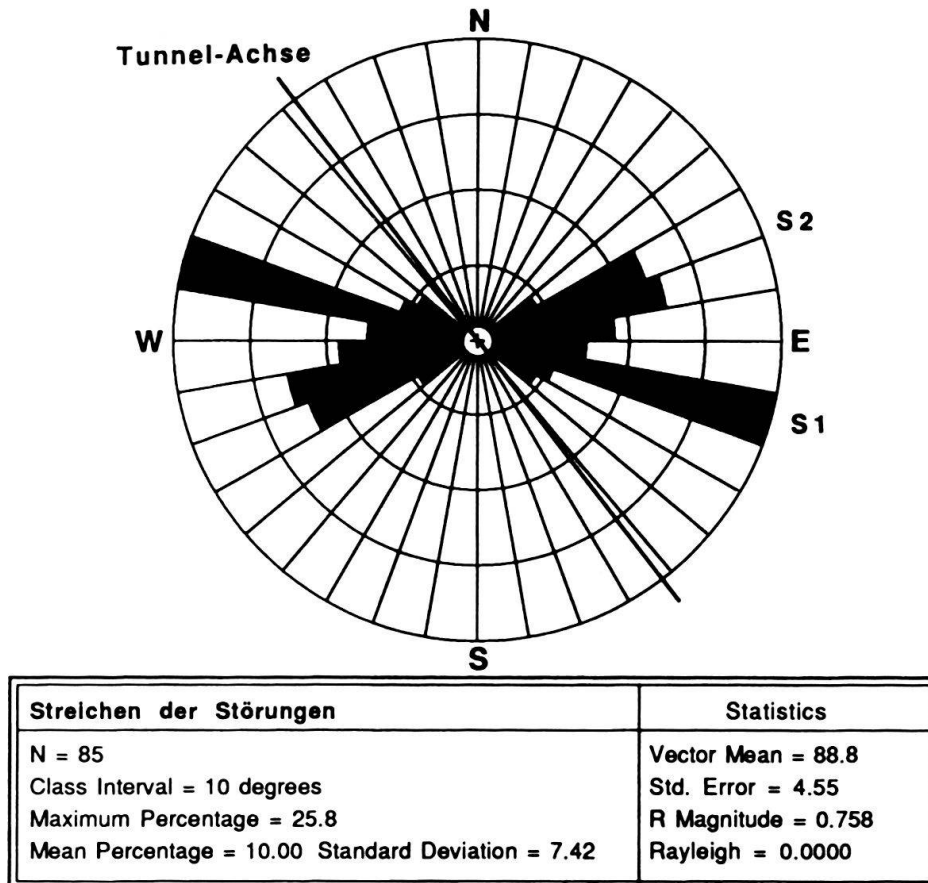


Fig. 3. Orientierung der Streichrichtungen aller im Bereich des Gotthard-Basistunnels ausgebildeten jungquartären Störungen des Aar-Massiv-Südrandes.

##### 5. Stop: Piöra-Zone (Leitung: U. Etter)

Der Aufschluss auf der Alpe Gana befindet sich rund 100 m nördlich der Piöra-Zone im Gotthard-Massiv, welches hier durch Medelser-Granit (massiger Granitgneis mit grossen Feldspateinsprenglingen) und den Cristallina-Granodiorit (grauer, feinkörniger Biotitgneis) aufgebaut wird. Es können zwei Schieferungen unterschieden werden. Die erste Schieferung, vermutlich voralpin, wird durch die Bänderung der Gneise angezeigt und fällt mit rund  $40^\circ$  nach Norden ein. Die zweite Schieferung fällt mit rund  $60^\circ$  ebenfalls nach Norden ein und vermag die Gneise zu verschiefern. Sie tritt in Zonen auf, die gegen Süden immer häufiger und mächtiger werden. Innerhalb einer solchen Zone ist am Weg nach Campo Solario ein wenige Meter mächtiger, stark verschieferter, glimmerreicher Dolomit der Piöra-Zone eingespeist.

Westlich von Campo Solario ist der Kontakt zwischen dem Gotthard-Massiv (Medelser-Granit) und der Piöra-Zone (Rauhwacke der Röti-Serie) zu erkennen. Der Kontakt wurde durch die zweite Schieferung, die hier in beiden Einheiten dominant ausgebildet ist, verschuppt oder in enge Falten gelegt. In schiefriigen Partien ist eine flach nach Osten einfallende Crenulationsschieferung zu erkennen, der auch eine offene Kleinfalte zugeordnet werden kann.

Rund 100 m südlich, an einer Ost-exponierten Felswand, kann die lithologische Ausbildung der Röti-Serie beobachtet werden. Im nördlichen Teil des Aufschlusses

herrscht eine poröse Rauhwanke vor. Gegen Süden geht sie in einen unterschiedlich gebankten, meist zuckerkörnigen Dolomit über. Trotz amphibolitfazieller Überprägung und tektonischer Beanspruchung können im Dolomit auch noch sedimentäre und diagenetische Erscheinungen beobachtet werden.

Unterhalb der Felswand befindet sich die Bohrung Campo Solario, die heute noch durch ein aus dem Boden ragendes Eisenrohr mit aufgeschweisstem Deckel zu erkennen ist.

### Lage der besprochenen Exkursions-Stops

Die nachfolgenden Bezeichnungen und Koordinaten der mit der Exkursion besuchten Lokalitäten (Fig. 1) beziehen sich auf die Landeskarte 1:25 000, Blätter: Amsteg (1212), Oberalppass (1232) und Ambri-Piotta (1252).

- Stop 1: Kantonsstrasse (Oberalpstrasse) zwischen Abzweigung Mompé-Tujetsch und Bugnei. Rutschung Arschella: 704 000/170 900/1380; Crestas-Tunnel: 705 000/170 940/1350.
- Stop 2: Sondierbohrungen Tujetsch: 700 900/170 900/1495.
- Stop 3: Strasse im Val Nalps zwischen Punkt 701 980/167 670/1620 im Süden und Punkt 702 620/169 520/1460 im Norden.
- Stop 4a: Durch jungquartäre Störungen versetzter Moränenwall: 703 240/172 640/2210.
- Stop 4b: Aufschluss einer jungquartären Störungszone: 702 900/173 100/2300.
- Stop 4c: Grosses Nackental im Zusammenhang mit der Sackung Druntobel: 702 700/172 950/2280.
- Stop 5a: Nördlicher Rand der Piora-Mulde: 705 000/155 000/1820.
- Stop 5b: Zuckerkörniger Dolomit der Piora-Mulde: 704 900/155 300/1920.

### LITERATURVERZEICHNIS

- BONANOMI, Y. 1989: Geologie, Petrographie und Mineralogie der Region Nalps-Cavradi. Diplomarbeit ETH-Zürich.
- ECKARDT, P.M. 1957: Zur Talgeschichte des Tavetsch – seine Bruchsysteme und jungquartären Verwerfungen. Dissertation Univ. Zürich.
- ECKARDT, P., FUNK, H. und LABHART, T. 1983: Postglaziale Krustenbewegungen an der Rhein-Rhone-Linie. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 2/83, 43–56.
- FISCHER, W. 1990: Verschiebungsmessungen im Gebiet Stöckli–Lutersee. Arbeiten 1975–1990, Dokumentation der Anlage. ETH-Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Bericht Nr. 175.
- JÄCKLI, H. 1951: Verwerfungen jungquartären Alters im südlichen Aarmassiv bei Somvix-Rabus (Graubünden). *Eclogae geol. Helv.* 44, 332–337.
- NIGGLI, E. 1944: Das westliche Tavetscher Zwischenmassiv und der angrenzende Nordrand des Gotthardmassivs, petrographisch-geologische Untersuchungen. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 24, 58–301.
- SCHNEIDER, T.R. 1991 a: Bundesamt für Verkehr, AlpTransit, Gotthard-Basistunnel. Geologische Voruntersuchungen 1990: Strukturanalyse. Bericht Nr. 425 m.
- 1991 b: Bundesamt für Verkehr, AlpTransit, Gotthard-Basistunnel. Geologische Voruntersuchungen 1990: Disentiser-Zone, Tavetscher Zwischenmassiv, Urseren-Garvera-Zone. Bericht Nr. 425 n.
- STUTZ, S. 1989: Geologie, Petrographie und Mineralogie im Gebiet zwischen Pazolastock und Val Curnera. Diplomarbeit ETH-Zürich.