

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 128 (2002)  
**Heft:** 14-15: Neat: Geologie aktuell

**Artikel:** Gotthardbasistunnel: Geologie zwischen Prognose und Befund: auf Grund der Prognose und der konkreten Befunde sind die geotechnischen Risiken beherrschbar  
**Autor:** Keller, Franz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-80400>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

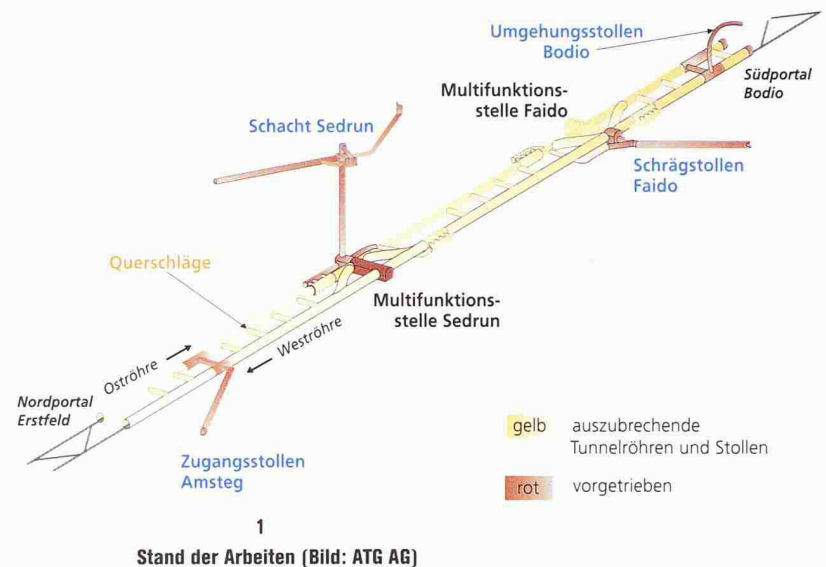
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



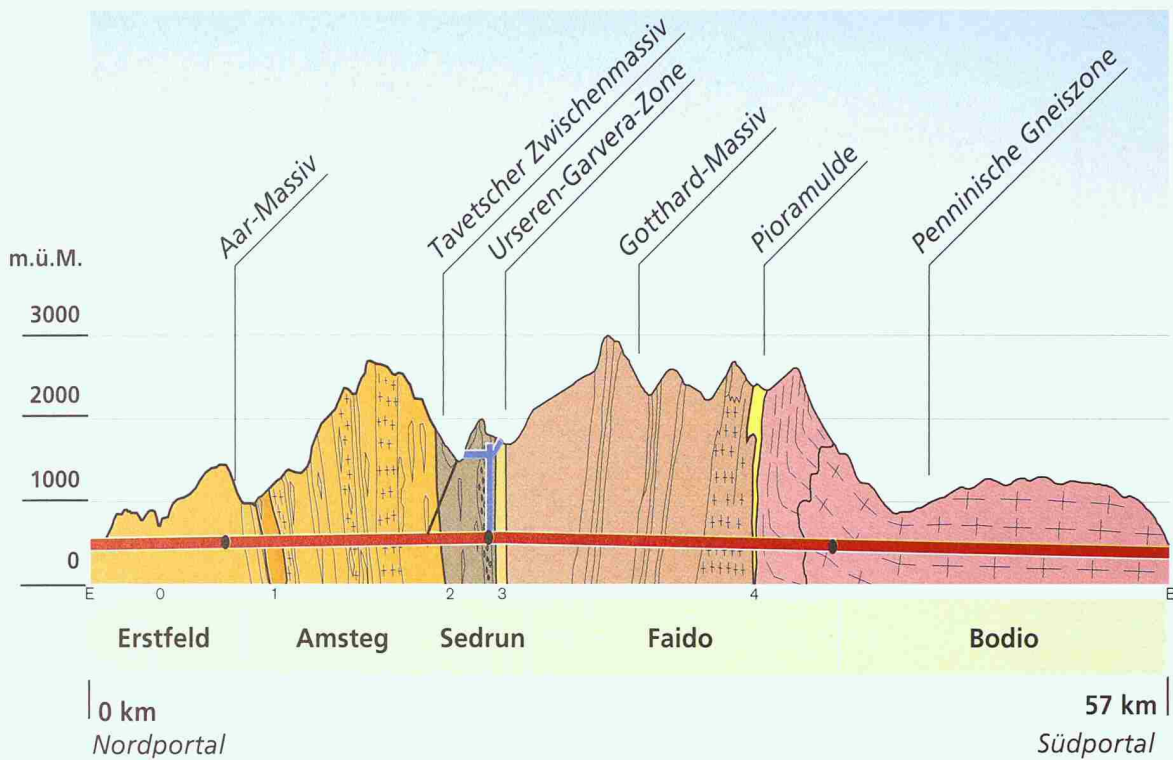
# Gotthardbasistunnel: Geologie zwischen Prognose und Befund

Auf Grund der Prognose und der konkreten Befunde sind die geotechnischen Risiken beherrschbar

**Die geologischen Vorabklärungen für den Gotthardbasistunnel sind abgeschlossen. Auf Grund der bisher ausgebrochenen Strecken lassen sich erste Vergleiche zur Prognose ziehen. Bis jetzt trafen die Vortriebe auf wenig problematisches Gestein, für die Piora- mulde werden keine aussergewöhnlichen bautechnischen Schwierigkeiten erwartet. Die Durchörterung der anspruchsvollen Strecken erfolgt unter laufender Vorauserkundung des anstehenden Gesteins.**

Erste geologische Sondierbohrungen im Hinblick auf einen Gotthardbasistunnel wurden in der Leventina bereits 1966 vorgenommen. Im Jahre 1998 konnten die geologischen Vorabklärungen mit der letzten langen Kernbohrung SB 3.2 im Raume Sedrun abgeschlossen werden. Die Hauptlose von Amsteg bis Bodio vergab die Alp Transit Gotthard (ATG) AG im vergangenen Jahr. Der Ausbruch in den vergebenen Teilabschnitten wird in diesem Jahr beginnen.

Auf Grund der bisher ausgebrochenen Strecken (Bild 1) lassen sich heute erste Vergleiche mit der Prognose ziehen. Aus geologischer Sicht ist bemerkenswert, dass scheinbar rein akademische, vordergründig praxisferne Themen wie die alpine Regionalmetamorphose (siehe Kasten) oder strukturgeologische Befunde durchaus auch eine geotechnische Relevanz haben und im Endeffekt kostenwirksam sind.



2  
**Geologisches Längenprofil (Bild: ATG AG). E, 0-4, B: geologisch-geotechnisch anspruchsvolle Strecken gemäss Bild 3**

Abschnitt	Problemstellung	ursprüngliche Relevanz	Art und Umfang der Erkundungen
E Portalzone Erstfeld (Lockergestein)	Lockergesteinsaufbau, Grundwasserspiegel, Grenze Felslockergestein, Optimierung der Linienführung	++	35 Bohrungen, geneigt und senkrecht; die längste 72 m
0 Öfital-Störzone (tektonisiertes Kristallin)	Lage Felsoberfläche, Art und Ausdehnung der Störungen	+	2 Bohrungen, senkrecht, 135,3 und 205 m
1 Intschi-Zone (Permokarbon-Jura)	Gesteinstypen und -festigkeiten, Störungen, Druckhaftigkeit	++	Aufschlüsse über Tunnel, Kraftwerkstollen, kurze Probenbohrungen und felsmechanische Versuche im Stollen
2 Clavaniev-Zone und Tavetscher Zwischenmassiv (tektonisiertes Kristallin)	Gesteinsaufbau, Störungen, Gesteinseigenschaften, Lage und Länge der stark druckhaften Strecken	++++	5 lange geneigte Bohrungen, längste 1750 m, felsmechanische Versuche in situ und im Labor
3 Urseren-Garvera-Zone (Permokarbon-Jura)	Gesteinsaufbau und -eigenschaften	+++	Aufschlüsse über Tunnel, Kraftwerkstollen, Erfahrungen Gotthard-Strassentunnel
4 Piora-Zone (Trias)	Tiefgang und Art der geotechnisch sehr ungünstigen Sedimente (Rauwacke, zuckerkörniger wasser-gesättigter Dolomit); Gefährdungsbild: schwimmendes Gebirge unter hohem Druck, Gebirgsverhalten Trias	++++	Sondiersystem mit Stollen, Kammern und 26 Bohrungen (vorwiegend geneigt), 6 länger als 500 m, längste 1073 m; felsmechanische Versuche im Labor, hydro-geologische und geothermische Untersuchungen
B Portalzone Bodio (Lockergestein)	Lockergesteinsaufbau, Ausdehnung des z. T. kohäsionslosen, rolligen, groben Blockschuttes	++	8 Bohrungen, vertikal, längste 80 m

3  
**Tabellarische Zusammenfassung der im Bereich der geotechnisch schwierigen Strecken durchgeführten Sondierungen und Abklärungen**

## Sondierungen vor dem Bau

Das zu durchörternde Gebirge besteht zu mehr als 90 % aus harten kristallinen Gesteinen, die oberflächlich sehr gut aufgeschlossen sind und generell als geotechnisch günstig bewertet werden können.

Daneben kommen aber auch «weichere», in schmalen Zonen eingespiesste Sedimentzüge des Permokarbons und des Mesozoikums sowie in den Portalzonen quartäre Lockergesteine vor. Zudem bestehen 2,5% der Strecke aus Gesteinen, die während der alpinen Gebirgsbildung zerschert und zerbrochen wurden. Diese geotechnisch anspruchsvolleren Abschnitte (Lage siehe Bild 2) sind oberflächlich schlecht aufgeschlossen. Sie mussten mit teilweise sehr umfangreichen Sondierungen erkundet werden (Bild 3). Das Vorgehen bei den geologischen Voruntersuchungen wurde von Schneider<sup>1</sup> im Detail beschrieben.

Das wichtigste Ergebnis der Sondierungen ist, dass in der Piora-Zone zwar die Trias auf 135 m Länge durchfahren werden muss. Sie wird aber nicht aus wassergesättigtem zuckerkörnigem Dolomit und wassergefülltem Gipskarst mit hohen Zuflüssen und Wasserdrücken bestehen, sondern aus einem festen, trockenen Anhydrit-Dolomit-Gestein. Die im Vorfeld der Abklärungen in den Medien teilweise verbreiteten pessimistischen bis apokalyptischen Szenarien für den «Kampf mit der Pioramulde» trafen somit nicht zu. Das Schwergewicht der vorausgerichtlichen geotechnischen Schwierigkeiten hat sich aus diesem Grunde vom Teilabschnitt Faido in den Teilabschnitt Sedrun verschoben. Darin ist neben der 535 m langen Strecke in der Urseren-Garvera-Zone mit teilweise ungünstigem Gebirge noch rund 1145 m stark gebräuchtes bis stark druckhaftes Gebirge im Tavetscher Zwischenmassiv und in der Clavaniev-Zone zu durchörtern. Den Abschluss der Sondierungen bildete am 9. 7. 1998 die am 8. 7. 1997 begonnene Kernbohrung SB 3.2 mit einem Durchmesser von 101 mm (bis ca. 990 m Bohrlänge) beziehungsweise 79 mm bis zur bemerkenswerten Endlänge von 1715 m. Von Sedrun aus führte sie durch die stark tektonisierten Gesteine des nördlichen Tavetscher Zwischenmassivs und der Clavaniev-Zone bis in die festen Gneise des Aar-Massivs (Position siehe Bild 2). Als Endergebnis lag ein umfassendes Bild des aktuellen geologischen Zustandes und der Mechanismen seiner Entstehung vor.

## Alpine Regionalmetamorphose

In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts war unter Petrographen eine intensive Diskussion darüber im Gange, ob und in welchem Ausmass das variszische rund 300 Millionen Jahre alte Grundgebirge von einer jüngeren alpinen Metamorphose (siehe Kasten) erfasst wurde. Heute ist klar (Bild 4), dass es eine alpine Regionalmetamorphose gab, die ihren Höhepunkt vor rund 20 Millionen Jahren im südlichen Sopraceneri erreichte.<sup>2</sup> Der Gotthardbasistunnel wird somit alle Stufen der alpinen Metamorphose von einer niedrigen Grünschieferfazies bei Erstfeld bis zu einer hochgradigen Amphibolitfazies bei Bodio durchfahren.

Diese Metamorphose war syn- bis postkinematisch, das heisst, sie überdauerte die folgende Verformung des

## Alpine Regionalmetamorphose

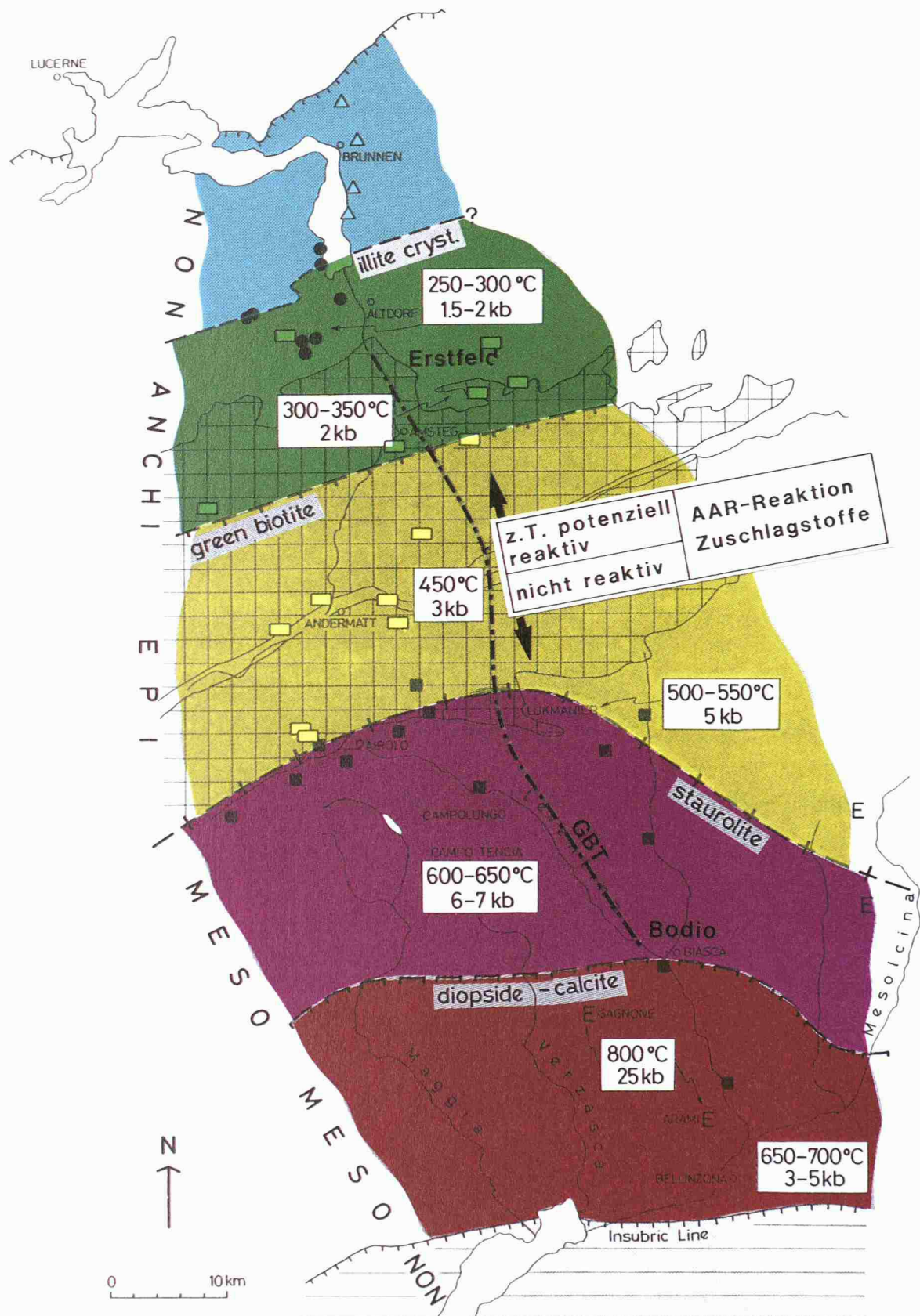
Die alpine Regionalmetamorphose ist eine Gesteinsumwandlung, die durch grossräumige Erwärmung und Druckzunahme zu Mineralumwandlungen und Mineralneubildungen führte. Es kann sogar eine vollständige Rekristallisation des Gesteinsgefüges eintreten. Ursache des Druckanstieges war die Überlagerung durch den Deckenstapel (1 kilobar = ca. 3,5 km Gesteinssäule), vermutlich auch eine aus dem Erdinnern aufsteigende Wärmefront. Ihr durch die Erosion entblösstes Zentrum liegt im Lepontin (Sopraceneri). Das zwischen 18 und 34 Millionen Jahren liegende Alter wurde mit Hilfe von in den Mineralien vorhandenen radioaktiven Isotopen bestimmt. Charakterisiert wird der Grad der Metamorphose durch das erste Auftreten bestimmter Mineralien wie z.B. Staurolith (Staurolith-Isograde). Dass die Metamorphose während der Gesteinsverformungen stattfand respektive diese überdauerte, zeigen unter anderem Einschlüsse in Granatkörnern, die rotiert wurden und gleichzeitig weiter wuchsen.

Gebirges. Sie führte im Süden zu einer weitgehenden Rekristallisation des Mineralgefüges, was sich auch positiv auf die Gebirgsfestigkeit auswirkte. Im nördlichen Teil war sie retrograd, also niedriger als die präalpinen Metamorphosen. Charakteristisch für diese rückläufige Metamorphose ist unter anderem die Chloritisierung und damit einhergehend Grünfärbung des Altkristallins. Die praktische Bedeutung der Kenntnis dieser unterschiedlichen metamorphen Gesteine liegt nicht zuletzt in der unterschiedlichen Verwendbarkeit des Ausbruchmaterials.

## AAR-Gefährdung

Alp Transit hat die Auflage und die Absicht das Ausbruchmaterial so weit und so hochwertig wie möglich wiederzuverwenden – etwa als Zuschlagstoffe zur Betonherstellung. Petrographisch sind die Voraussetzungen für dieses Vorhaben gut. Rund 40% der zu erwartenden Gesteine bestehen aus spätvariszischen granitischen Typen und 25 bis 30% aus Migmatiten und polymetamorphen Graniten. Auch ein Teil der altkristallinen glimmerreicheren Gneise eignet sich für die Aufbereitung.

In Bezug auf die betonschädigende Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) haben die bisherigen Untersuchungen ergeben, dass vor allem Zuschlagstoffe aus retrograd metamorphen Chlorit/Serizit-Gneisen, die im niedrigen epimetamorphen Bereich der alpinen Grünschieferfazies vorkommen, potenziell reaktiv sein können<sup>3,4</sup>. Proben aus den alpin höher metamorphen Gesteinen erwiesen sich dagegen als nicht reaktiv. Auf Grund der bisherigen Laboruntersuchungen scheint somit ein Zusammenhang zwischen alpiner Regionalmetamor-



4

Alpine Regionalmetamorphose nach M. Frey et al.<sup>2</sup> und AAR-Gefährdung im Bereich Gotthardbasistunnel (GBT strichpunktiert). In Kästchen: bei der Metamorphose erreichte Temperaturen und Drücke

phose und AAR-Gefährdung zu bestehen (Bild 4). Der als moderat eingestuft AAR-Gefährdung des Betons soll mit baulichen und betontechnologischen Massnahmen begegnet werden. Alternativ ist die Nutzung des Ausbruchsmaterials für Strassenkoffer, Dammschüttungen oder Auffüllungen denkbar.

Neben dem aus der Sicht des «klassischen» Tunnelbaus eher sekundären Aspekt der Verwertung des Ausbruchsmaterials ist die detaillierte Kenntnis der Gebirgseigenschaften entscheidend für die Wahl der beim Tunnelvortrieb anzuwendenden Techniken und die damit realisierbaren Vortriebsleistungen.

### Alpine Schieferung und Gebirgseigenschaften

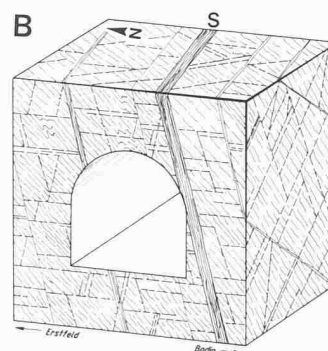
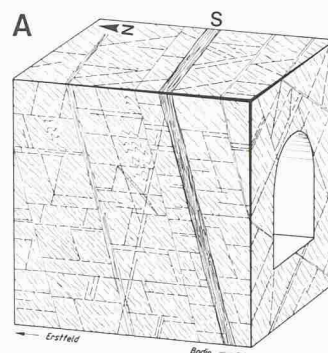
Das zu durchörternde altkristalline Grundgebirge wurde nicht nur unterschiedlich von der alpinen Regionalmetamorphose erfasst, sondern auch in unterschiedlichem Ausmass tektonisch überprägt. Die spätvariszischen Plutonite (etwa der Aare-Granit im Aar-Massiv oder der Cristallina-Granodiorit im Gotthard-Massiv) weisen nur alpine Schieferungsflächen auf. In den altkristallinen Gneisen und Migmatiten blieben dagegen ältere Schieferungen erhalten, die auf die variszische Gebirgsbildung zurückgeführt werden. Sie sind im niedrig metamorphen nördlichen Teil des Aar-Massivs erwartet worden und haben im Zugangsstollen Amsteg auch dominiert.

Auf Grund der Literatur eher überraschend ist jedoch der Befund im unteren Teils des Schachtes und in den Schachtfusskavernen Sedrun, wo die variszischen Schieferungsflächen das vorherrschende Gefügeelement waren. Geotechnisch hat sich dies sehr günstig ausgewirkt, denn die gewellten und gefalteten Schieferungsflächen sind meist kohäsiv und wirken deshalb geotechnisch nicht als Trennflächen im Sinne von SIA 199. Als Trennflächen wirken dagegen die ebenen, glatten, alpinen Schieferungsflächen. Sie durchsetzen die Quermuskovitgneise im Bereich der Schachtfusskavernen Sedrun selektiv (Bild 5).

In der Prognose wurde immer wieder betont, dass der Tunnel die steil stehenden alpinen Schieferungsflächen im Aar- und im Gotthard-Massiv günstig querschlägig durchfährt. Wie gross der Einfluss der räumlichen Beziehungen ist, haben sowohl der Zugangsstollen Amsteg (alpine Schieferung spitzwinklig durchfahren) wie auch die Schachtfusskavernen Sedrun gezeigt. Dort musste in der parallel zur alpinen Schieferung verlaufenden Querkaverne (Bild 5 B) die Ankerlänge von 6 m auf 9 m erhöht werden. Die geotechnischen Verhältnisse in der tunnelparallelen Längskaverne, welche die alpinen Strukturen quer durchfährt, waren demzufolge tatsächlich um einiges günstiger als in der Querkaverne, welche von den alpinen Schieferungsflächen nahezu parallel geschnitten wird.

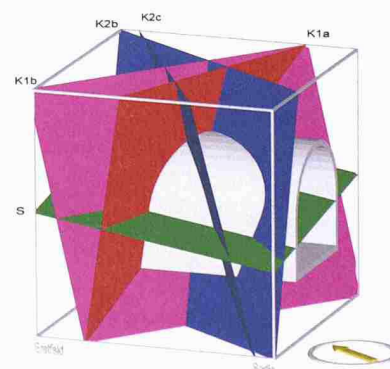
### Niederbrechende Kluffkörper

Die bisherigen Ausbrüche haben bestätigt, dass das Gefährdungsbild «niederbrechende Kluffkörper» ein ständiger Begleiter der Vortriebe ist. Längs dem ganzen Basistunnel ist nämlich eine schwach geneigte potenzielle Ablösungsfläche vorhanden. Auf den ersten



5

**Blockbilder des Trennflächengefüges im Bereich der Schachtfusskavernen Sedrun. Gesteinssignatur = variszische Schieferung; s = alpine Scherzone; fett gestrichelt = Klüfte; A = Längskavernen; B = Querkaverne von alpiner Schieferung ungünstig geschnitten. Die Stärke der alpinen Scherzone liegt in der Grössenordnung von 0,5 bis 1,0 m**



6

**Schematische Verschnidung der Trennflächen mit dem Tunnel im Bereich der Multifunktionsstelle Faudo; Fels: Leventina-Gneis, granitisch, grob gebankt, s = Schieferung, K1 und K2 = Hauptkluffsysteme. Die Verschnidung der drei Gefügeelemente ergibt kubische Kluffkörper**

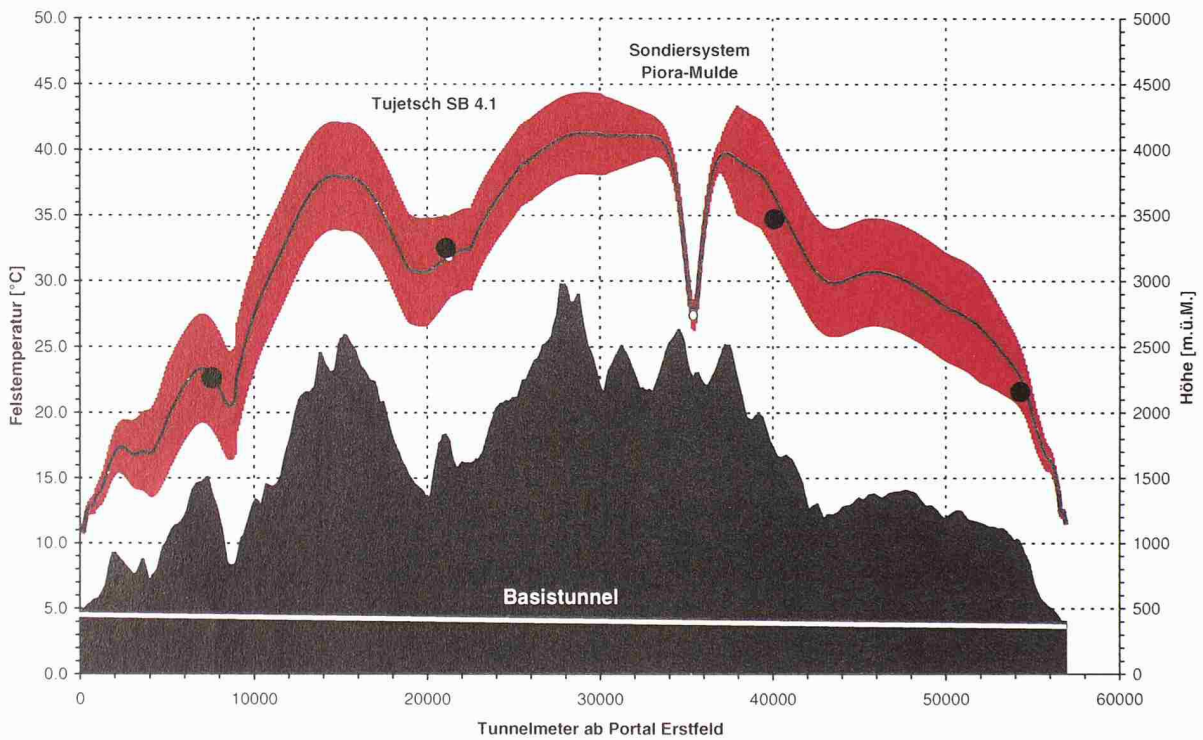
**Ausbruchsklassenverteilung (relative Anteile in %)**

**Vergleich Prognose/Befund (L = Länge der ausgebrochenen Strecke)**

Ausbruchs- klasse	Amsteg Zugangsstollen L = 1731 m		Amsteg Tunnelröhren L = 360 m		Faido Zugangsstollen L = 2541 m		Bodio Schutterstollen L = 3162 m		Bodio Umgehungsstollen L = 1215 m		Bodio Tunnelröhren L = 2373 m	
	Prog.	Befund	Prog.	Befund	Prog.	Befund	Prog.	Befund	Prog.	Befund	Prog.	Befund
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	50	86,0	43	95	0	0	44,5	98	10	100	39,1	93,5
III	40	13,7	52	5	54,7	52,1	46,0	2	85	0	51,2	4,9
IV	10	0,3	5	0	45,3	47,9	5,1	0	5	0	9,7	1,6
V	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0	0
VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7

**Gegenüberstellung von Prognose und Befund der Ausbruchsklassenverteilungen der bisher auf Basistunnelniveau ausgebrochenen Strecken**



8

**Temperaturprognose von Busslinger und Rybach<sup>5</sup> mit dem bisherigen Befund an 4 Stellen (schwarze Kreise)**

38 km ab Erstfeld sind es Klüfte, ab 38 km die flach liegende Schieferung. Zusammen mit den übrigen Trennflächensystemen ergibt sich immer die Möglichkeit zur Bildung von quaderförmigen bis kubischen Klüftkörpern, die sich aus der Kalotte oder dem Kämpferbereich lösen können. Ein Beispiel solcher Trennflächenverschnidungen aus dem Bereich der Multifunktionsstelle Faïdo zeigt Bild 6. Dem Gefährdungsbild wird mit einer Ausbruchssicherung, welche Anker und Stahlfaserspritzbeton umfasst und in allen bisherigen Ausbrüchen zur Anwendung gelangte, begegnet. In den mechanischen TBM-Vortrieben ist als alternative Sicherungsmethode das Versetzen von Kalottenbogen möglich.

### Geotechnische Prognose und Befund bisherige Ausbrüche

Bisher wurde auf Basistunnelniveau eine Strecke von etwas mehr als 11 km aufgeföhren, darunter sind 2937m eigentlicher Tunnelvortrieb. Dies lässt einen ersten Vergleich zwischen den prognostizierten und tatsächlich angetroffenen geotechnischen Verhältnissen zu. Im Fels trafen die bisherigen Vortriebe auf kristalline Gesteine, die sich generell standfest bis leicht gebrüch (nachbrüchig) und somit im Rahmen der Prognose verhielten. Aus der Zusammenstellung der Ausbruchsklassen in Bild 7 geht hervor, dass der Sicherungsaufwand mit Ankern und Stahlfaserspritzbeton über alles gesehen sogar etwas geringer war als vorgesehen. Die Unterschiede zwischen den Klassen II und III beruhen nämlich im Wesentlichen auf unterschiedlichen Ankerdichten. Im Zugangsstollen Faïdo fällt eine sofortige Sicherung mit mehr als 25 Ankern/10 m' und Stahlfaserspritzbeton in die Klasse IV. Stahleinbau war auch dort, abgesehen von einigen Einbaubogen in der Portalzone, nur auf 30 m Länge im Bereich einer Störzone notwendig.

Auch wenn die Überlagerung in Amsteg nur etwas über 900 m und in Faïdo nicht ganz 1300 m erreichte und die grossen Gebirgsspannungen mit Überlagerungen von mehr als 2000 m erst in den Hauptlosen zu erwarten sind, lassen die bisherigen Erfahrungen den Schluss zu, dass die Verhältnisse im «normalen» ungestörten kristallinen Fels für die restlichen Tunnelstrecken in der Prognose ebenfalls richtig eingeschätzt wurden.

### Prognose/Befund Felstemperatur

Ein nicht zu unterschätzendes Problem, das die Unternehmer zu lösen haben, ist die Wärme im Tunnel. Bereits die Felstemperaturen erreichen streckenweise mehr als 40 °C. Dazu kommt noch die Abwärme der Maschinen und die Abbindewärme des Betons. Das Bild 8 zeigt, dass die bisher im Bereich der Zugänge im Basistunnel gemessenen Gebirgstemperaturen innerhalb der Fehlergrenzen mit der Prognose übereinstimmen. Damit sind auch die getroffenen Annahmen für die Auslegung der Lüftungs- und Kühlinstallationen als realistisch anzusehen.

Fortsetzung S. 14

heisse Montagenummer  
041 250 48 88

Wände und Decken aus Porenbeton

www.  
**YTONG**<sup>.ch</sup>  
massiv gesund bauen

Brandschutz-Zulassung  
No Z7845 & Z12774



YTONG (Schweiz) AG Kernstrasse 37 8004 Zürich Tel.: 01 247 74 00 Fax: 01 247 74 10 [info@ytong.ch](mailto:info@ytong.ch) [www.ytong.ch](http://www.ytong.ch)



## Ausblick, Vorauserkundungen beim Bau

Die bisher angetroffenen geologisch-geotechnischen Verhältnisse entsprachen der Prognose oder waren sogar etwas günstiger. Die bezüglich der Kosten und Termine wirklich ins Gewicht fallenden Gefährdungsbilder wie bautechnisch relevante grössere Störungen, stark gebräches und stark druckhaftes Gebirge, potenzielle Wassereinbrüche und bergschlägige Zonen liegen aber alle noch vor uns.

Mit Sondierbohrungen auf Tunnelniveau sind der Übergang vom Aar-Massiv in das druckhafte Gebirge der Clavianev-Zone und das nördliche Tavetscher Zwischenmassiv sowie Verlauf und Gesteinsbeschaffenheit der Piora-Zone abgeklärt. Bei allen übrigen Störungen und den voraussichtlich gebräches bis druckhaften Strecken (Intschi-Zone, Urseren-Garvera-Zone) ist bei der Extrapolation von der Oberfläche auf den Basistunnel mit einer Streubreite des Antreffens zu rechnen, die mit der Überlagerung proportional ansteigt. Sie beträgt zum Beispiel selbst bei einer senkrechten Fläche und einer Abweichung des Fallwinkels um nur 5° bei 2000 m Überlagerung 175 m auf Tunnelniveau.

Die Sondierungen sind aus diesem Grunde noch nicht abgeschlossen, sondern werden während des Vortriebs mit Vorauserkundungen fortgesetzt. Das Konzept sieht eine an die Vortriebsart und die abzuklärenden Phänomene angepasste Vorgehensweise vor.

Bei einem TBM(Tunnelbohrmaschinen)-Vortrieb sind als erste Stufe systematische geophysikalische (seismische) Vorauserkundungen geplant. Sie sollen ermöglichen, prognostizierte Störungen genauer zu lokalisieren, nicht prognostizierte Störungen zu erkennen und Bohrungen gezielt anzusetzen. Ausgenommen von dieser Systematik ist der bei relativ geringer Überdeckung von weniger als 1000 m vollständig im bautechnisch günstigen Leventina-Gneis liegende Teilabschnitt Bodio, wo die Seismik nur partiell eingesetzt wird. In den konventionellen Vortrieben gelten die Abschlagsbohrungen als kurze systematische Vorausbohrungen.

Die nächste Stufe der Vorauserkundungen besteht aus Schlagbohrungen. Ihre Länge reicht von kurz (bis max. 20 m) mit Vortriebsbohrausrüstung in konventionellen Vortrieben bis zu mittellang und lang (rund 100 m). Je nach zu erwartenden hydraulischen Verhältnissen (theoretische hydrostatische Drucke bis nahezu 200 bar) wird ein Preventer (ursprünglich in der Erdölgewinnung eingesetzte Ventile, die ein druckloses Abfließen des Wassers aus der Bohrung ermöglichen) eingesetzt. Die Vorausbohrungen werden auf Grund der seismischen Vorauserkundungen und der geologischen Prognose angesetzt. Durchgehende systematische Vorausbohrungen sind zum Voraus im südlichsten Bereich des Aar-Massivs (relevante Störungen mit möglichem hohem Wasseranfall) sowie im Teilabschnitt Faido nördlich von km 138 (Portal Erstfeld = km 100) festgelegt. In Letzterem sind neben möglichen wasserführenden Störungen auch die Stauhaltungen Nalps, Curnera und Santa Maria in den südlichen Seitentälern des Vorderrheintales zu beachten.

Die dritte Stufe umfasst die Kernbohrungen. Sie sind immer dann vorgesehen, wenn Gesteinseigenschaften

und Gesteinszusammensetzung ermittelt werden sollen. Aus diesem Grunde werden etwa die Clavianev-Zone und das nördliche Tavetscher Zwischenmassiv durchgehend mit 36 m langen sich zur Hälfte überlappenden Kernbohrungen aufgeschlossen. Im südlichsten Teil des Teilabschnittes Sedrun sieht das Projekt bis zu 300 m lange sich um 100 m überlappende Bohrungen in der Tunnelachse vor, um im Bereich der Stauhaltung Nalps eine möglicherweise wasserführende Störung zu erkunden. Die gesamte Ausrüstung ist in diesem Falle auf einen Wasserdruck von mindestens 200 bar zu dimensionieren. Auch die Piora-Zone im Bereich des Teilabschnittes Faido soll mit einer ungefähr 250 m langen Kernbohrung in der Tunnelachse durchgehend aufgeschlossen werden.

Ziel all dieser aufwändigen Vorauserkundungen ist es, die auf Grund der ermittelten relevanten Gefährdungsbilder bestehenden geologisch-geotechnischen Risiken zu vermindern, um sie den Bauleitungen zu erlauben, die notwendigen bautechnischen Massnahmen rechtzeitig zu ergreifen.

---

Franz Keller, Dr. phil. II, Geologe, Dr. M. Kobel und Partner AG, Lüssirainstrasse 59, 6300 Zug, franz.keller@datacomm.ch

Franz Keller ist Projektgeologe des Gotthardbasistunnels.

## Literatur

- 1 T. R. Schneider: Gotthard-Basistunnel – Strategie der geologischen Untersuchungen. Tagungsband zum Symposium Geologie AlpTransit Zürich. Balkema Rotterdam, 1999.
- 2 M. Frey, K. Bucher, E. Frank und J. Mullis: Alpine Metamorphism along the Geotraverse Basel–Chiasso – a review. *Ecologiae geol. Helv.* 73, 1980.
- 3 A. Leemann, C. Thalman und M. Kruse: Gebrochene Zuschlagstoffe – Ergänzende Prüfungen zu den bestehenden Beton-Normen – Erfahrungen bei Alp Transit Gotthard; Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 24, 1999.
- 4 C. Thalman, J. Zingg, G. Rytz, K. Strahm und C. Wyss: Verhinderung von Betonschäden infolge Alkali-Aggregat-Reaktion. *tec21*, Nr. 15, 2001.
- 5 A. Busslinger und L. Rybach: Gotthard-Basistunnel, geothermische Untersuchungen, Prognose der ursprünglichen Felstemperatur. Interner Bericht Institut für Geophysik, ETH Zürich, Nr. 2011, Alp Transit Gotthard AG.

Projektierung Gotthard-Basistunnel:

IG Gotthard-Basistunnel Nord: Gähler und Partner AG, Ennetbaden, Gruner AG, Basel, Rothpletz + Lienhard AG, Olten, CES AG, Seewen-Schwyz

IG Gotthard-Basistunnel Süd: Electrowatt Infra AG, Zürich, Amberg AG, Regensdorf, Lombardi AG Minusio

## Am Gotthard

Der längste Tunnel der Welt wird er sein, der Gotthardbasistunnel, wenn er in voraussichtlich zwölf Jahren dem Verkehr übergeben wird – ebenso wie damals bei der Eröffnung 1882 sein Vorgänger. In diesem Jahr noch werden die Arbeiten an den Hauptvortrieben beginnen, nachdem bis jetzt in erster Linie Tagbautunnel, Vertikal-schächte für die Zwischenangriffe, Hilfsstollen und Sondierbohrungen erstellt worden sind. Franz Keller, Projektgeologe der Neat, vergleicht in seinem Artikel auf Seite 7 ausführlich die geologischen Prognosen mit den nun tatsächlich angetroffenen Verhältnissen beim Tunnelbau sowie auch mit den Erkenntnissen neuerer Sondierbohrungen. Diese sind mittlerweile abgeschlossen, sie wurden bis zu 1700 Meter (mit einem Durchmesser von 8 Zentimetern) in den Berg getrieben. Die wichtigste Schlussfolgerung: Die berühmt gewordene Pioramulde wird entgegen vielfach geäusserten Befürchtungen nicht das Pièce de résistance des Unternehmens. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass man sich nicht durch zuckerkörnigen, wassergesättigten Dolomit arbeiten müssen, sondern sich in festem, trockenem Anhydrit-Dolomit-Gestein befinden wird. Die grössten geologischen Schwierigkeiten wird man nun voraussichtlich im Teilabschnitt Sedrun antreffen. Die aktuellen Auswertungen zeigen aber erfreulicherweise, dass die geologischen Verhältnisse über alles gesehen eher günstiger sind als anfangs angenommen.

Teuer bleibt es trotz allem; 6,3 Milliarden Franken kostet das Herzstück der neuen Eisenbahnalpentransversale. Falls grössere negative Überraschungen ausbleiben (oder durch geologische Good news kompensiert werden können), ist die Finanzierung im Rahmen der 1998 vom Volk angenommenen Finöv-Vorlage (Bau und Finanzierung der Infrastrukturvorhaben des öffentlichen Verkehrs) gesichert. Zusammen mit dem etwa 2007 in Betrieb gehenden Lötschbergbasistunnel soll die ambitiöse (und gesetzlich festgelegte) Vorgabe erreicht werden, die Zahl der jährlichen alpenquerenden Lastwagenfahrten von heute 1,4 Millionen auf 650 000 zu reduzieren. Welchen Kraftakt man sich damit vorgenommen hat, zeigt die Tatsache, dass der Schwerverkehr seit 1981, der Eröffnung des Gotthardstrassentunnels, hier im Schnitt jedes Jahr um satte 8% zugenommen, sich in den letzten zwanzig Jahren also mehr als verfünffacht hat. Um die nun angestrebte Trendwende nicht zu torpedieren, hat sich der Bundesrat kürzlich erneut gegen den Bau einer zweiten Strassenröhre am Gotthard ausgesprochen.

Wie schon anlässlich eines früheren Beitrages zur neuen Alpen-transversalen hat ein Fotograf für uns seine Impressionen auf einem Teilbauabschnitt, diesmal in Bodio/Pollegio, in einer Bilderserie festgehalten (Seite 19). Die Aufnahmen von Gian Paolo Minelli lassen in ihrer Ruhe und Beschaulichkeit kaum erahnen, dass man sich hier auf der bald grössten Baustelle der Schweiz befindet.



Franz Keller

### 7 **Gotthardbasistunnel: Geologie zwischen Prognose und Befund**

Vergleich von Prognose und Befund geotechnischer Risiken

Gian Paolo Minelli

### 19 **Sul cantiere di Bodio/Pollegio**

Bildreportage von einer Neat-Baustelle

Mischa Schaub

### 27 **hypothesen im HyperWerk**

Ein Fachhochschulinstitut auf neuen Wegen zu Interaktionsformen im Realraum

### 40 **Expo.02 – die Projekte**

(Fortsetzung)