

Geologische Risiken beim Bau der Basistunnels Gotthard und Lötschberg : Beurteilung im Rahmen des Vorprojektes

Autor(en): **Graf, Kaspar / Heitzmann, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **62 (1995)**

Heft 140

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-218427>

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.

Geologische Risiken beim Bau der Basistunnels Gotthard und Lötschberg - Beurteilung im Rahmen des Vorprojektes

mit 2 Figuren

von KASPAR GRAF* und PETER HEITZMANN*

Abstract

A precise forecast of the geological conditions along the axes of the base-tunnels is crucial for the planning and realization of the AlpTransit project. In respect to length and overburden of the tunnels, civil engineers will have to go beyond currently established technology.

Apart from the expected high temperatures and pressures and known difficulties like karst-zones with high water discharge and potentially gas-bearing as well as weak rock-formations, the Gotthard base-tunnel will have to cross tectonic units, that will allow tunneling only by extensive use of special civil-engineering technology.

The Federal Department of Transportation, Communication and Energy (EVED) has installed an expert-board of earth-scientists (FKGA) to control the concepts and reports of the consulting geologists on behalf of the Federal Office of Transportation (BAV).

Zusammenfassung

Die geologisch-geotechnische Prognose spielt für die Planung und den Bau der Basistunnel-Strecken der Neuen Alpentransversalen eine entscheidende Rolle. Die Ingenieure betreten im alpinen Tunnelbau in Bezug auf Länge und Überlagerung zum Teil Neuland.

Neben den erwarteten hohen Temperatur- und Druckverhältnissen und bautechnisch bekannten Problemen wie Karstzonen mit hohem Wasseranfall, potentiell gasführenden Formationen sowie bedingt standfesten Gebirgsabschnitten, werden beim Gotthard-Basistunnel tektonische Bereiche zu durchörteren sein, welche sich nur unter Einsatz umfangreicher Spezialmassnahmen werden meistern lassen.

Die durch das EVED als Subkommission der Eidgenössischen Geologischen Kommission (EGK) eingesetzte Fachkommission Geologie der Alpentransversalen (FKGA) hat unter anderem die Aufgabe, die Konzepte und Prognosen der Achsgeologen zuhanden des Bundesamtes für Verkehr (BAV) zu prüfen und zu beurteilen.

1. Einleitung

Kernstücke der beiden Alpentransversalen stellen die Basistunnels von 42 resp. 57 km am Lötschberg und Gotthard dar. Für beide Bauwerke wurden durch die Projektleitungen (BLS resp. SBB) beim Bundesamt für Verkehr (BAV) im März 1994 die Vorprojekte eingereicht.

Tunnels, die als Teile einer Hochgeschwindigkeitsstrecke dienen sollen, müssen grosse Kurvenradien und geringe Steigungen aufweisen. Dadurch sind der Linienführung entsprechend enge Grenzen gesetzt. Die Tunnelstrecken sollen weiter die

* Landeshydrologie und -geologie, Sekretariat Fachkommission Geologie der Alpentransversalen, 3003 Bern

Portalbereiche auf möglichst direktem Weg, unter möglichst geringer Gebirgsüberlagerung und unter Umgehung bekannter geologischer Problemzonen verbinden. Wo solchen Zonen nicht ausgewichen werden kann, ist eine Querung an der voraussichtlich engsten Stelle geplant.

Beide Bauwerke durchqueren zentrale Teile der Schweizer Alpen auf Koten zwischen unter 500 und 780 m ü.M. Die maximalen Überlagerungen von über 2000 m werden im Kristallin von Aar- und Gotthard-Massiv erreicht. Der Grossteil der Tunnelstrecken soll mit Tunnelbohrmaschinen im Vollschnittverfahren ausgebrochen werden. Nur erwiesenermassen heikle geotechnische Zonen wie das Tavetscher-Zwischenmassiv (TZM) sollen mit konventioneller Vortriebstechnik erstellt werden.

Im folgenden sollen hier die geologischen Sondierkonzepte der beiden Basistunnels sowie im speziellen die Projektausgestaltung im Bereich Clavanierv-Zone (CZ) - TZM - Garvera-Zone (GZ) und Nordrand Gotthard-Massiv kurz vorgestellt werden.

2. Geologie Lötschberg-Basistunnel

Für die Wahl und Optimierung der Linienführung des Basistunnels wurde unter anderem eine Anzahl von Tiefbohrungen, kombiniert mit seismischen Untersuchungen, durchgeführt. Die Basislinie durchquert von Nord nach Süd folgende tektonischen Einheiten (Fig. 1):

Am Nordportal in Frutigen beginnt der Tunnel in Schiefern und Sandsteinen der Taveyannaz-Serie, verläuft dann im Bereich der Basis der Wildhorn-Decke um nach einer kurzen Wildflyschstrecke in die Doldenhorn-Decke einzudringen (ca. bei km 24). Da die Ergebnisse der Sondierbohrungen in diesem Abschnitt für das Projekt nicht eindeutig sind, soll ein Sondierstollen von Frutigen bis nach Kandersteg die genauen Verhältnisse in der Westflanke des Kandertales erkunden. Im Stollen können verschiedene geotechnische und hydrogeologische Tests durchgeführt werden. Sondierbohrungen können direkt von der TBM aus in verschiedene Richtungen, insbesondere in flachem Winkel nach vorne ($\sim 7^\circ$) ausgeführt werden. Aus dem Sondierstollen und dem gleichzeitig in Angriff genommenen Fensterstollen Mitholz versprechen sich Ingenieure und Geologen wichtige Erkenntnisse für den Bau der eigentlichen Tunnelröhren. Zudem wird der Stollen bei grossem Gebirgswasserandrang für den Bau des Basistunnels eine wichtige Drainagefunktion übernehmen können.

Auf die Doldenhorn-Decke folgt im Bereich des Gasterntales die autochthone Bedeckung des Gastern-Granits (Aar-Massiv) mit teilweise nicht standfesten und tektonisch verschuppten Gesteinen, die unter möglichst geringer Überdeckung durchörtert werden sollen. In diesem kritischen Bereich wurden verschiedene Bohrungen zur Abklärung des Verlaufs der Felsoberfläche und der Gesteinsabfolgen ausgeführt.

Südlich des Gastern-Granites wird die verschuppte Sedimentmulde der Jungfrau-Zone mit Kalken, Dolomiten und Anhydrit durchquert. Aufgrund einer Bohrung auf Tunnelniveau ist diese Zone dort vermutlich nur noch geringmächtig. Gegen Süden schliesst das Altkristallin des Aar-Massives und die Karbonmulde von Ferden an.

Der Südteil des Tunnels kommt je nach Variantenentscheid in Zentralen Aargranit, Altkristallin, Baltschieder-Granodiorit und in die Sedimente des Autochthons von Gampel-Baltschieder zu liegen.

LÖTSCHBERG-BASISTUNNEL (42 km)

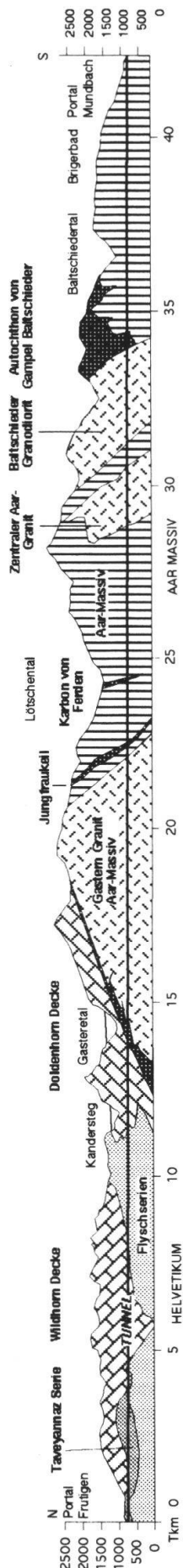


Fig. 1: Vereinfachtes geologisches Profil entlang des Lötschberg-Basistunnels (nach Kellerhals, 1992; vertikal überhöht).

GOTTHARD-BASISTUNNEL (57 km)

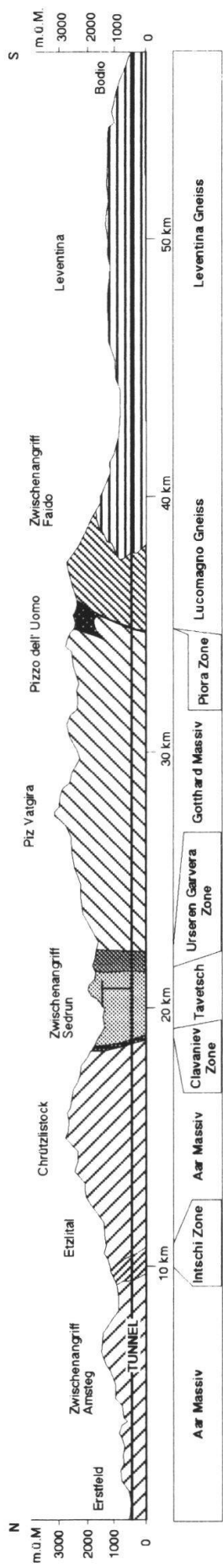


Fig. 2: Vereinfachtes geologisches Profil entlang des Gotthard-Basistunnels (nach T.R. Schneider, 1992; vertikal überhöht).

3. Geologie Gotthard-Basistunnel

Der geplante Tunnel von Erstfeld nach Biasca durchquert von Norden nach Süden folgende tektonische Einheiten (Fig. 2): Aar-Massiv (Erstfelder Gneis; Intschi-Zone; Tscharren-Serie; Zentraler Aare-Granit; Südliche Gneiszone; Clavaniev-Zone), Tavetscher Zwischenmassiv (TZM), Urseren-Garvera-Zone (UGZ), Gotthard-Massiv, Piora-Zone (PZ) und die Penninische Gneiszone.

Für den Bau des Basistunnels als problematisch erkannt wurden bis heute folgende Abschnitte und geologischen Bereiche:

- Die “Intschi-Zone” eine permokarbone Sedimentschuppe mit geotechnisch schwierigen Lithologien, die beim Bau des Strassentunnels erhebliche Probleme bereitet hat.
- Das Tavetscher Zwischenmassiv sowie die Grenzbereiche von Aar- und Gotthard-Massiv (CZ und UGZ): Sondierbohrungen haben hier tektonisch stark beanspruchte, geotechnisch sehr ungünstige Gesteine zutage gefördert.
- Die Piora-Zone mit der Möglichkeit des Auftretens von zuckerkörnigem Dolomit auf Tunnelniveau. Diese kritische Zone wird mit einem Sondierstollen und Sondierbohrungen erkundet.
- In den Leventina-Gneisen hat eine früher ausgeführte Bohrung (Biaschina) das mögliche Auftreten von Anhydritlinsen angezeigt (Hiss 1975). Hier sind seismische Untersuchungen im Gange.

4. Die Durchörterung des TZM

Für die Realisierung des Gotthard-Basistunnels ist der Zwischenangriff über einen Stollen und einen senkrechten Schacht bei Sedrun von zentraler Bedeutung. Nur so kann der zeitgerechte Anschluss der Vortriebsarbeiten von Norden und Süden sowie aus dem Schacht in beide Richtungen gewährleistet werden. Drei in den Jahren 1993 und 1994 ausgeführte schräge Sondierbohrungen im Bereich der Clavaniev-Zone (südlichster Bereich des Aar-Massivs) und des nördlichen TZM haben geotechnisch sehr ungünstige Gesteinsserien zutage gefördert. Es handelt sich dabei um spröddeformierte Schiefer und Phyllite, die zusätzlich von zahlreichen Kakiritzonen durchsetzt sind.

Die Tunnelröhren werden sich in diesen Gesteinen nur unter Einsatz umfangreicher Spezialmassnahmen und durch den Einbau von schweren Sicherungselementen wie Stahlbögen, Felsankern und Spritzbetonschalen erstellen lassen. Der Ausbruch vom Zwischenangriff Sedrun aus erfolgt konventionell, d.h. mittels Bohr- und Sprengtechnik und besonders in den gebrächen Zonen unter Einsatz des Kalottenvortriebes. Um eine kontrollierte Verformung des Gebirges nach dem Ausbruch des Hohlraumes zuzulassen und zusätzlich genügend Raum für den Einbau einer Spritz- und Ortbetonschale zu schaffen, müssen teilweise erhebliche Überprofile ausgebrochen werden.

Die geotechnischen Kennwerte und die daraus resultierenden Konsequenzen für den Tunnelbau in diesem Abschnitt wurden aufgrund umfangreicher geotechnischer Messungen an den Bohrkernen der Sondierbohrungen Tujetsch in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgeologie der ETH-Zürich und der Versuchsstollen Hagerbach AG ermittelt.

Die prozentuale Verteilung der Gesteinsklassen mit ihren entsprechenden geo-

technischen Kennwerten entlang des Tunnelprofiles wird vom Projektgeologen aufgrund der Ergebnisse der Oberflächenuntersuchungen und der Bohrungen angegeben.

Aufgrund des erwiesenermassen nicht planaren, sondern teilweise linsenförmigen Aufbaus des TZM ergeben sich gewisse Unsicherheiten für die Prognose auf Tunnelniveau. BÜCHI & MÜLLER (1992) befassen sich mit den Fehlergrenzen in der geologischen Prognose und bezeichnen die Bandbreite der Interpretation der geologischen Profile durch das TZM (siehe auch LEU & WYSS 1992).

Die drei abgeteufte Sondierbohrungen Tujetsch (SCHNEIDER, 1994) haben das gesamte nördliche TZM und die Clavaniev-Zone durchbohrt, ohne jedoch das Tunnelniveau zu erreichen. Aus diesen Gründen bleibt durch die Extrapolation in der Prognose eine gewisse Unsicherheit bestehen.

5. Das Piora-Sondiersystem

Aufbau und Tiefgang der Piora-Zone zwischen Gotthard-Massiv und Penninischen Gneissdecken (Lucomagno- und Leventina Gneise) wurde schon im Rahmen der ersten Sondierkampagne für einen Gotthard-Basistunnel in den frühen 70-er Jahren untersucht - allerdings nicht mit schlüssigen Ergebnissen. Eine in substantieller Mächtigkeit bis auf das Tunnelniveau reichende Piora-Mulde mit kohäsionslosem, zuckerkörnigem Dolomit und hoher Wasserführung würde für eine unerwartet darin eindringende Tunnelbohrmaschine eine Katastrophe bedeuten. Die Projektleitung kam in Übereinstimmung mit der Fachkommission Geologie der Alpentransversalen überein, dass die Zone vor dem Bau des Tunnels definitiv erkundet werden müsse. Auf die vorgeschlagenen langen und technisch heiklen Sondierbohrungen wurde zugunsten eines kombinierten Sondiersystems mit Blindstollen und davon ausgehenden horizontalen und schrägen Sondierbohrungen verzichtet. Bei Nachweis der Piora-Zone auf Tunnelniveau besteht die Möglichkeit mittels eines Schachtes und eines Querstollens die günstigste Querung für die Tunnelröhren zu suchen. Gleichzeitig kann die Störung mit technischen Massnahmen "saniert" werden, bevor sie der Vortrieb des Basistunnels erreicht.

Die von der Arbeitsgruppe Bautechnik vorgeschlagenen Drainage- und Konsolidierungs-Massnahmen beabsichtigen den Aufbau eines künstlichen "Gebirgskörpers", in dem die beiden Einspurröhren die Piora-Zone durchqueren und der die auftretenden litho- und hydrostatischen Drucke aufnehmen kann. Der Sondierstollen tritt gegen Mitte-Ende 1995 mit der Annäherung an die Piora-Mulde in die kritische Phase. Mit seismischer Vorerkundung und der Auswertung der strukturellen Parameter wird versucht, die Lage der Zone möglichst genau zu prognostizieren.

6. Die Grenzen der geologischen Prognose

Der geplante Einsatz von Tunnelbohrmaschinen für lange und tiefliegende Alpentunnels hat zum Ziel, den gesamten Querschnitt in einem Arbeitsgang auszubringen und eine möglichst hohe Vortriebsleistung zu erreichen. Die optimale Funktion dieser Maschinen kann aber nur bei sehr guter Kenntnis der zu durchörternden Gebirgsverhältnisse erreicht werden, was eine entsprechend zuverlässige geologische Prognose voraussetzt.

Gerade bei tiefliegenden Tunnelbauten in alpinotypen Gebirgen ist die Extrapolation der Oberflächenverhältnisse auf den Bereich der Trasse mit grossen Unsicherheiten verbunden (Effler et al. 1995). Lange Sondierbohrungen liefern zwar eine Vielzahl wesentlicher lithologischer, struktureller, hydrogeologischer und felsmechanischer Informationen, haben aber immer einen stark punktuellen Charakter. Geophysikalische Methoden, darunter insbesondere die Refraktions- und Reflexionsseismik liefern 2D- oder 3D-Informationen über den Aufbau des Untergrundes, sind aber in komplex deformierten tektonischen Einheiten schwierig zu interpretieren und können die Lage der geologischen "Diskontinuitäten" nicht mit der für die TBM notwendigen Genauigkeiten liefern.

Die sicherste Prognose liefert ein parallel zu oder in der Achse der Tunnelröhre vorgetriebener Sondierstollen. Von einem solchen Stollen aus können bauvorbereitende Massnahmen (Drainage, Konsolidierung) ausgeführt werden. Nachteilig sind die hohen Kosten und die mögliche Bauverzögerung für den Haupttunnel.

Eine weitere Möglichkeit bietet die direkte kontinuierliche oder periodische Vorsondierung mittels horizontaler oder schräger Bohrungen aus dem Bereich der TBM beim Vortrieb des Haupttunnels. Damit kann die "Grobprognose" laufend für den unmittelbar vorausliegenden Gebirgskörper verfeinert werden. Die Bohrungen erlauben ebenfalls Drainage von gespanntem Bergwasser oder Injektion gebräucher Zonen vor Durchgang der TBM.

7. Schlussfolgerungen

Entsprechend der Bedeutung der geologischen Prognose für die beiden Basistunnels Gotthard und Lötschberg der NEAT, sind durch die Projektgeologen umfangreiche Sondierprogramme durchgeführt worden. Dabei haben sich verschiedene geotechnische Schlüsselstellen herauskristallisiert. Beim Lötschberg handelt es sich dabei um die Basis der Wildhorn-Decke und die Flyschabfolgen im Hangenden zwischen Frutigen und Kandersteg, sodann die möglicherweise stark verkarstete Doldenhorn-Decke, den Übergang vom Autochthon ins Aar-Massiv unter dem Gasteretal, den Jungfrau-Sedimentkeil, die Phyllite im Karbonkeil von Ferden und die Sedimente im Autochthon von Gampel-Baltschieder.

Die Prognose des Gotthard-Basistunnels erwartet schwierige Verhältnisse in der Intschi-Zone, im Tavetscher Zwischenmassiv und seinen Grenzen zu Aar- und Gotthard-Massiv und in der Piora-Mulde, falls diese das Tunnelniveau erreicht.

Die Projektleitungen sehen einen möglichst weitreichenden Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen vor.

Die Projekte stellen in tunnelbautechnischer Hinsicht teilweise Pionierleistungen dar. Die Fachkommission Geologie der Alpentransversalen hat im Rahmen ihrer Aufgaben die wesentlichen Teile der geologischen Sondierungen beurteilt und die Gebirgsmodelle überprüft.

Der Einsatz moderner Tunnelbaumethoden verlangt heute von den Geologen eine hohe Prognosegenauigkeit. Wegen hoher Überlagerung und entsprechend weiten Extrapolationswegen kann diese Genauigkeit und Verlässlichkeit nicht durchwegs erbracht werden. Aus diesem Grund wird eine Verfeinerung der geologischen Vorhersage durch geeignete Mitteln wie vorauseile den Sondierbohrungen und Tunnelseismik während dem Bau der Basistunnels Gotthard und Lötschberg, notwendig sein.

Referenzen

- DR. U.P.BÜCHI UND E.R.MÜLLER AG (1991): Bericht Nr. 2407 AlpTransit Gotthardachse: Geologische Vorarbeiten (Disentiser Zone/Tavetscher Zwischenmassiv/Garvera Zone) - Bundesamt für Verkehr.
- EFFLER, M., HOFMANN, O. E., SCHENK, V. (1995): Auffahren des Strassentunnels Puymorens - Geologische Prognose, Gebirgsverhalten und bautechnische Konsequenzen. - Felsbau, 13/1, p.29-38.
- Hiss, B. (1975): Metamorpher Anhydrit im Leventina-Gneis. - Schweiz. Min. Petr. Mitt., v.55, 217-225.
- KELLERHALS, P. (1992): Geologie des Lötschberg-Basistunnels. - In SIA Dokumentation D085: Die AlpTransit-Basistunnel Gotthard und Lötschberg; p. 35-43.
- LEU, W. & WYSS, R. (1992): Geologische Aufnahmen und Prognoseprofil im Gebiet von Sedrun, Vorderrheintal (AlpTransit / Gotthard-Basistunnel). - Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., Vol. 59, Nr. 135; S. 81-92.
- SCHNEIDER, T.R. (1992): Geologie Gotthard-Basistunnel. - In SIA Dokumentation D085: Die AlpTransit-Basistunnel Gotthard und Lötschberg; p. 15-24.
- SCHOOP, R.W. (1992): Die Neuen Alpentransversalen - auch eine geologische Herausforderung. - Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. - Ing., Vol. 59, Nr. 135; S. 5-12.