

AlpTransit Gotthard: Aktuelle Erfahrungen und Entwicklungen beim Bau des Gotthard Basistunnel

Heinz Ehrbar

AlpTransit Gotthard AG, Luzern, Schweiz

Andreas Henke

Ingenieurgesellschaft Gotthard-Basistunnel Süd, Minusio, Schweiz

EINLEITUNG: Zur Zeit befinden sich in der Schweiz die beiden AlpTransit-Achsen Lötschberg und Gotthard im Bau. Im nachfolgenden Artikel werden die Erfahrungen nach den ersten zwei Jahren Bauzeit am Gotthard Basistunnel dargestellt. Ein Projekt von der Dimension des Gotthard Basistunnels gibt Anstoss zu verschiedensten Entwicklungen. Ausgewählte Beispiele dazu werden beschrieben.

1 ALPTRANSIT GOTTHARD

1.1 Grundlagen der Verkehrspolitik in der Schweiz

In mehreren Volksabstimmungen hat sich das Schweizer Volk klar für den Schutz der Alpenwelt und eine entsprechende Verkehrspolitik ausgesprochen. Kernstück dieser Verkehrspolitik ist die Verlagerung des Güterverkehrs von der Strasse auf die Schiene. Mit dem Projekt Alptransit wird die nötige Infrastruktur erstellt, damit die Umlagerungsziele erreicht werden können.

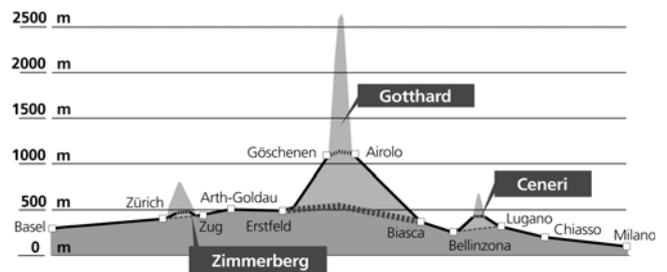
1.2 Die neue Flachbahn Zürich - Lugano

Mit AlpTransit Gotthard entsteht eine Flachbahn unter dem Alpenkamm als neue Hochleistungsbahn. Die Scheitelhöhe liegt auf 550 m.ü.M. und damit ca. 600 tiefer als der bisherige Gotthard Eisenbahntunnel.

Die Kernelemente dieser neuen Flachbahn sind der 20 km lange Zimmerberg-Basistunnel, der 57 km lange Gotthard Basistunnel und der 15 km lange Ceneri Basistunnel.

Für das Projekt AlpTransit Gotthard werden ca. 7 Milliarden Euro investiert.

Die neue Flachbahn ermöglicht die Führung von langen, bis über 2000 Tonnen schweren Güterzügen, ohne zeitraubende Rangiermanöver. Mit dem Projekt AlpTransit integriert sich die Schweiz im Personenverkehr in das europäische Hochgeschwindigkeitsnetz. Rund 20 Millionen Menschen in Süddeutschland, in der Schweiz und in Norditalien werden von Fahrzeitverkürzungen profitieren können.



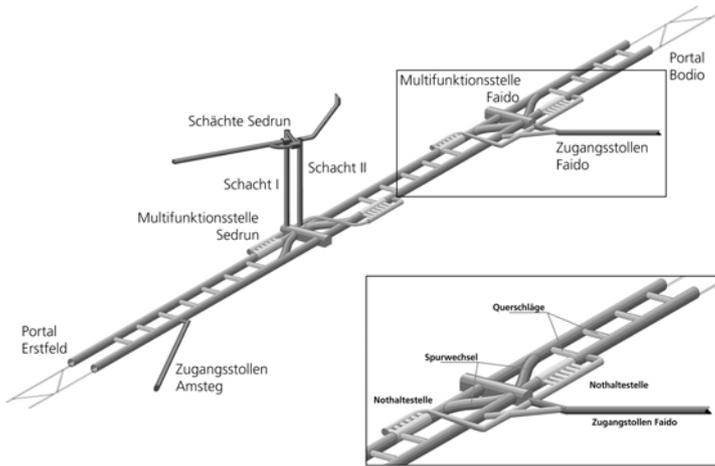
Figur 1. AlpTransit Gotthard, die Flachbahn durch die Alpen

1.3 Der Gotthardbasistunnel

Der 57 km lange Basistunnel besteht aus Sicherheitsgründen aus zwei Einspurröhren. Die beiden Röhren sind alle 325 m mit Querschlägen verbunden. In Drittelpunkten befinden sich in Sedrun und in Faido die so genannten Multifunktionsstellen. Die Züge können dort die Tunnelröhren wechseln. An diesen Orten befinden sich die Nothaltestellen für den Ereignisfall. Leistungsfähige Ventilationsanlagen zum Rauchabzug sowie zum Einblasen von Frischluft von aussen befinden sich im Bereich der Multifunktionsstellen.

Um die Bauzeit und damit die Kosten zu optimieren, erfolgt der Vortrieb gleichzeitig in fünf Teilabschnitten. In den vier Teilabschnitten Amsteg, Sedrun, Faido und Bodio laufen die Hauptarbeiten seit anfangs 2002. Im Teilabschnitt Erstfeld kann mit den Arbeiten erst 2004 begonnen werden.

Abgesehen vom Teilabschnitt Sedrun kommen überall TBM für den Vortrieb zum Einsatz.



Figur 2. Layout des Gotthard Basistunnels (GBT)

2 BISHERIGE ERFAHRUNGEN MIT DEM BAUGRUND AM GBT

2.1 Generelle Geologische Prognose

Von Norden nach Süden durchfährt der Gotthardbasistunnel die folgenden tektonischen Einheiten:

- das Aar-Massiv
- das Tavetscher Zwischenmassiv (TZM)
- das Gotthard-Massiv
- die penninische Gneiszone

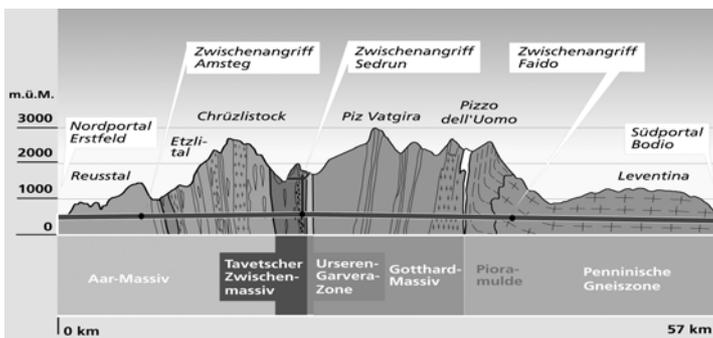
In den Portalzonen sind Lockermaterialstrecken zu durchfahren.

Mehr als 90% der Gesamtlänge befindet sich in bautechnisch günstigen Zonen.

Als bautechnisch schwierige Zonen werden erwartet:

- die Intschizone
- das TZM-Nord und die Clavaniev-Zone
- die Urseren-Garvera-Zone
- und die die Piora-Mulde, wenn auch nicht mehr im ursprünglich vermuteten Ausmass und Schwierigkeitsgrad

Die Ausdehnung dieser Störzonen variiert von ca. 200 m (Piora-Mulde) bis ca. 1'200 m (TZM Nord).



Figur 3. Generelles geologisches Längenprofil GBT

2.2 Teilabschnitt Amsteg

Die Vorarbeiten mit dem Zugangsstollen begannen im Jahr 1999. Im Jahr 2002 wurde ein Kabelstollen vom Fusspunkt des Tunnelvortriebs zum Kraftwerk Amsteg der SBB gefräst. Seit Mai 2003 läuft der maschinelle Vortrieb für die Einspurtunnel.

Bisher kam es in keinem der Vortriebe zu Abweichungen von der geologischen Prognose und damit zu keinen besonderen Schwierigkeiten.

2.3 Teilabschnitt Sedrun

In Sedrun wird seit 1996 gebaut. Der Zugangs-, der Entlüftungsstollen, die zwei je 800 m tiefen Vertikalschächte, die Schachtkopf- und die Schachtfusskavernen wurden zwischenzeitlich erstellt. Die angebotenen Verhältnisse entsprachen der Prognose.

Von Interesse ist der direkte Vergleich der Vortriebsmethoden bei den beiden Schächten in Sedrun. Beide Schächte sind 800 m tief mit einem vergleichbaren Ausbruchdurchmesser von 8.4 m Schacht I und von 7.0 m beim Schacht II.

Der Schacht I wurde in der Zeit von 1998 bis 1999 sprengtechnisch abgeteuft, während der Schacht II 2002/2003 im Raise-Bohr-Verfahren abgeteuft wurde.

Tabelle 1. Vergleichsdaten Schacht I / Schacht II Sedrun (ohne Schachtglocke und Schachtfuss)

	Schacht I	Schacht II
Ausbruchdurchmesser	8.4 m	7.0 m
Schachttiefe	800 m	800 m
Anker	9'200 St	7'250 St
	28'000 m	16'000m
Spritzbeton	3'575 m ³	4'650 m ³
Auskleidung		
- theoretisch	6'300 m ³	1'400 m ³
- effektiv	13'000 m ³	n/a
Injektionen	Cover Drilling	keine
Wasseranfall		
- vor Injektion	8.8 l/s	1.8 l/s
- nach Injektion	0.5 l/s	---
Abteufzeit (Mte)	17 Mte*	12 Mte
(inkl. Uminstallationen)		
Mittlere Abteufgeschwindigkeit	2.0 m/AT**	
- Zielbohrung		10.8 m/AT
- Raisebohrung		25.3 m/AT
- Aufweitungsbohrung		5.1 m/AT
Kosten** / lfm		
- Ausbruch/ Sicherung	22'750 CHF	11'900 CHF
- Auskleidung	5'650 CHF	2'750 CHF

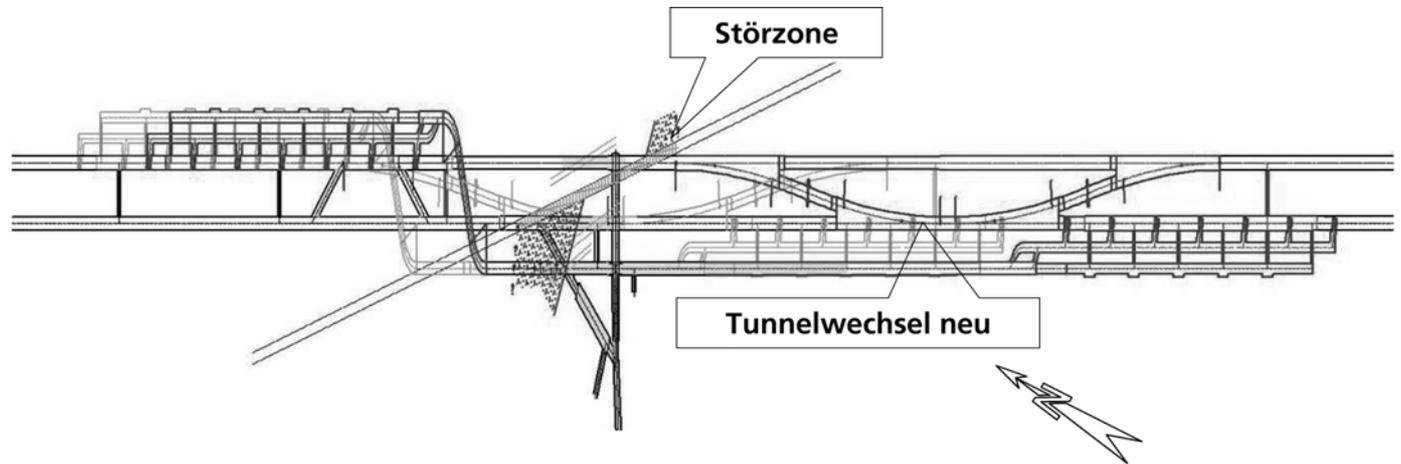
* inkl. Vorschacht

** exkl. Vorschacht

Aus der Tab. 1 ist der Einfluss durch die bereits vorhandene Erschliessung des Schachtfusses beim Schacht II auf die Bauzeit und damit auf die Kosten ersichtlich. Aus dem bergigsschonenden Raisebohring ergeben sich erhebliche Einsparungen an Stützmitteln und Verkleidungsbeton.

2.4 Teilabschnitt Faido

In Faido wird seit 1993 gebaut. Von 1993 bis 1998 wurde der ca. 5 km lange Sondierstollen Piora vortrieben. Trotz eines Wassereinbruchs konnte mit dem Sondiersystem Piora schliesslich bewiesen werden, dass der gefürchtete „zuckerförmige“ Dolomit auf Tunnelniveau nicht als wassergesättigtes (schwimmendes Gebirge) auftritt, sondern in trockener und solider Form.



Figur 4. Möglicher neuer Layout MFS Faido, Variante 2

Diese Tatsache hat dem Projekt erhebliche Mehrkosten erspart. Etwa im Jahr 2007 wird diese Zone zu durchfahren sein.

Anschliessend an das Sondiersystem Piora wurde der 2.8 km lange mit 12% Gefälle geneigte Zugangsstollen aufgeföhren (1998 – 2001). Bei beiden Stollensystemen wurde der Übergang vom Leventinagneis zum Lucomagnogneis, wie prognostiziert, problemlos durchfahren.

Anfangs 2002 wurden dann im Bereich der Multifunktionsstelle Faido die Ausbrucharbeiten für das Hauptlos aufgenommen. Nach kurzer Vortriebszeit kam es im April 2002 im Bereich der Querkaverne zu einem Niederbruch. Weitere Erscheinungen von Auflockerungen mussten im Seitenstollen Nord festgestellt werden. Im Januar 2003 kam es in der Ostöhre Richtung Nord zu einer weiteren Instabilität in der Ortbrust.

Unmittelbar nach den ersten Ereignissen wurden entsprechende Massnahmen getroffen. Nebst der sofortigen Verstärkung der Ausbruchsicherungsmassnahmen, wurde eine „Task Force“ mit ausgewiesenen Experten eingesetzt. Umfangreiche zusätzliche Sondierungen wurden durchgeführt.

Heute ist festzustellen, dass sich die geologischen Verhältnisse anders präsentieren als prognostiziert. Der Übergang vom Leventinagneis zum Lucomagnogneis ist nicht kompakt sondern von einer ausgedehnten Störzone begleitet. Die Lage dieser Störzone konnte aufgrund der vorhandenen Aufschlüsse so nicht vermutet werden. Von der Orientierung her liegt die Störzone zudem äusserst ungünstig, in Bezug auf das Projekt, da sie vorwiegend

die grossen Querschnitte der Multifunktionsstelle (MFS) schleifend schneidet.

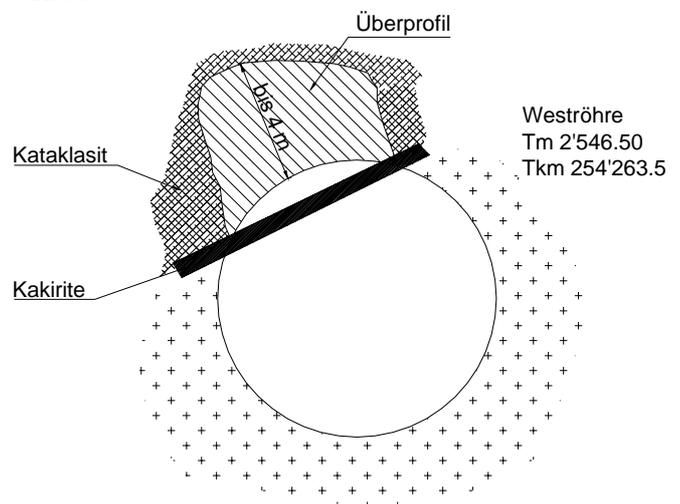
Zur Lösung der Probleme drängt sich deshalb eine teilweise Neudisposition der MFS auf. In Kürze soll definitiv darüber entschieden werden, die Tunnelwechselöhren und die Nothaltestelle West um ca. 700 m nach Süden in stabilere Zonen zu verschieben.

2.5 Teilabschnitt Bodio

Der maschinelle Hauptvortrieb in Bodio läuft seit dem Herbst 2002. Die notwendigen Vorarbeiten (Umgehungstollen, Schutterstollen und Ausbruch Lochermaterialstrecke) verliefen programmgemäss.

Im Februar 2003 wurde beim Vortrieb der Ostöhre eine flachliegende Störzone angetroffen. In der Zeit bis Ende Juli hat sich diese stets im Bereich des Tunnelquerschnittes bewegt. Die Störzone bewirkte Niederbrüche über dem First der TBM oder es ergaben sich bei seitlicher Lage Probleme mit dem Verspannen der Maschine. Als Folge konnten die vertraglich vorgesehenen mittleren Leistungen noch nicht erreicht werden.

Mit zusätzlichen Sondiermassnahmen wird derzeit ermittelt, ob und wann damit gerechnet werden kann, dass die Störzone definitiv das Tunnelprofil verlässt.



Figur 5. Beispiel für Niederbruch EST Bodio Westöhre

3 NEUENTWICKLUNGEN ZUR DURCHQUERUNG DRUCKHAFTER ZONEN

3.1 Geologie

Der Nordvortrieb Sedrun durchquert auf ca. 1200 m das Tavetscher Zwischenmassiv Nord und die Clavaniev Zone. Die Überlagerungshöhe beträgt ca. 900 - 1200 m.

Die Auswertung der 1997/98 ausgeführten Sondierbohrungen ergab, dass das TZM-Nord aus einer engen Wechselfolge von verschiedensten Gesteinsserien aufgebaut ist. Diese besteht zu ca. 60% aus kakiritisierten bis stark kataklastisch überprägten Schiefen, zu ca. 10% aus weichen Schiefen und Phylliten und zu ca. 30% aus mürben, jedoch mehr oder weniger intakten Gneisen. Zudem ist davon auszugehen, dass die lockermaterial-ähnlichen, wenig durchlässigen Gesteine wassergesättigt sind. Der initiale Porenwasserdruck auf Tunnelniveau erreicht deshalb aufgrund des prognostizierten, oberflächennahen Bergwasserspiegels einen Wert von ca. 8 MPa

Unter Einbezug der harten Gesteinsformationen ist im Teilabschnitt Sedrun eine sehr grosse Bandbreite an Gebirgseigenschaften anzutreffen, welche nach speziellen Lösungen verlangt.

3.2 Gefährdungsbilder

Die folgenden Gefährdungsbilder werden für das TZM-Nord mit teilweise hoher Intensität erwartet:

- „echter Gebirgsdruck“
- Porenwasserdruck
- Ortbrustinstabilitäten

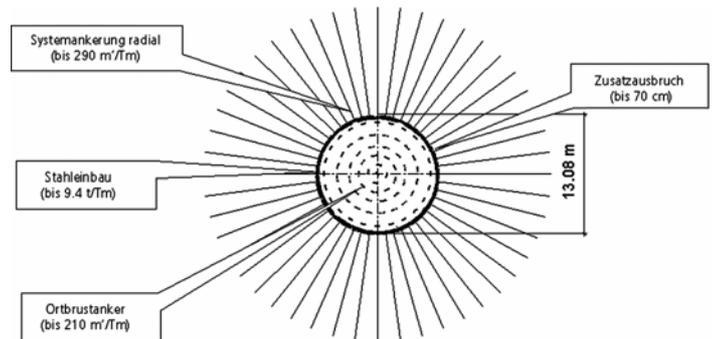
Andere Gefährdungen wie spannungsbedingte oder trennflächenbedingte Ablösungen etc. spielen im Nordvortrieb des Teilabschnitts Sedrun eine untergeordnete Rolle.

3.3 Bautechnische Massnahmen

Zur Bewältigung dieser schwierigen Vortriebe wurden die folgenden bautechnischen Massnahmen definiert:

- kreisförmige Ausbruchgeometrie
- Vortrieb ausschliesslich im Vollaussbruch
- Mehrausbruch bis zu 70 cm zwecks Zulassen von kontrollierten Deformationen, was zu Ausbruchquerschnitten bis zu 135 m² führt.
- Systematische Ortbrustsicherung mit langen Horizontalankern
- Einsatz verträglicher Stützmittel, d.h. in der Anfangsphase (Deformationsphase) ausschliesslich Stützmittel mit hohem Deformationsvermögen (Stahleinbau mit Gleitverbindungen, Anker). Nach dem Abklingen der Deformationen Einbau starrer Stützmittel, wie z.B. Spritzbeton (Widerstandsphase).

- Systematischer Einsatz von zusätzlichen Stützmitteln im rückwärtigen Bereich (Zusatzanker, zusätzlicher Stahleinbau)
- Einsatz von weiteren besonderen Massnahmen, wie
 - Injektionen
 - lange Vorausdrainage
 - Nachprofilieren



Figur 6. Ausbruchsicherungstyp für druckhafte Zonen

3.4 Baubetrieb

Es versteht sich von selbst, dass diese Massnahmen für dem Unternehmer eine erhebliche baugelastische Herausforderung darstellen. Dabei hat der Unternehmer aufgrund der geologischen Verhältnisse davon auszugehen, dass günstige geologische Verhältnisse in relativ kurzer Distanz von ungünstigen Verhältnissen abgelöst werden.

Dies bedeutet für den Unternehmer, dass einerseits alle geforderten baulichen Massnahmen innerhalb Ausbruchquerschnitten von bis zu 135 m² rechtzeitig auszuführen sind. Andererseits ist der Gerätepark so auszulegen, dass die Bauabläufe auch bei geringeren Ausbruchquerschnitten noch möglich sind. Der minimale Ausbruchquerschnitt beträgt mit 68 m² die Hälfte des grössten Querschnittes.

Zudem ist davon auszugehen, dass sich der Ausbruchquerschnitt als Folge des Deformationsvorganges im Gebirge um ein gewisses Mass verkleinert. Dies bedeutet, dass alle Installationen, welche an der Tunnelaibung montiert sind, diese Deformationen schadlos mitmachen müssen.

Diese anspruchsvolle Logistikaufgabe ist nur unter Zuhilfenahme neuer Ansätze zu lösen. Zur Schaffung besserer Zirkulationsmöglichkeiten auf der engen Sohle, hat sich die Arbeitsgemeinschaft Transco Sedrun als ausführende Unternehmung entschlossen Teile der Vortriebsinstallationen aufzuhängen.

Erstmalig soll dabei im Tunnelbau, die aus dem Bergbau bekannte Installation der Streckenausbaumaschine zum Einsatz kommen. Diese multifunktionelle Maschine erlaubt den Einbau von Stahleinbaubogen, das Ablängen von Ortbrustankern, sowie das Einbringen von Spritzbeton an der Ortbrust mit einem Spritzmanipulator.

4 TUNNELBAU IM BEREICH VON STAUSEEN

4.1 Tunneltrassierung

Die wesentlichsten Randbedingungen für die Trassierung des Gotthard-Basistunnels sind:

- die Geologie, mit der Zielsetzung die bautechnisch schwierigen Zonen in kürzest möglicher Distanz zu durchörteren.
- die Topographie, mit dem Ziel die Überlagerung jeweils möglichst gering zu halten. Diese Anforderung ergibt sich zum einen aus felsmechanischen Gründen, aber auch aus Gründen der Ausführung. Die überlagerungsabhängige Gebirgstemperatur soll möglichst gering gehalten werden.
- Die Lage der Talsperren, mit der Zielsetzung, diese nicht direkt zu unterqueren und damit eine möglichst geringe Beeinflussung der Stauhaltungen zu erzeugen.

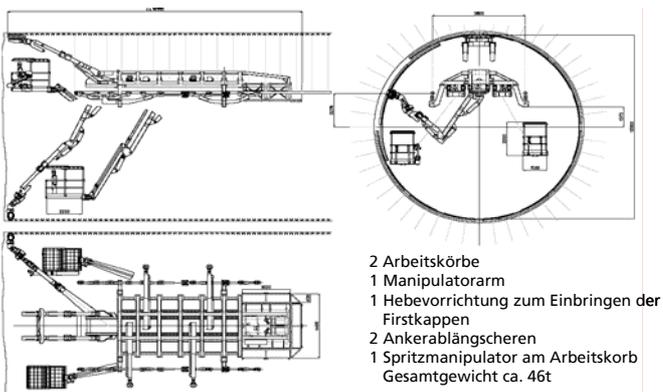
Aufgrund dieser Randbedingungen ergibt sich die S-förmige Linienführung des Gotthard-Basistunnels. Mit dieser Linienführung kann insbesondere vermieden werden, dass die Stauhaltungen Nalps und Santa Maria der Kraftwerke Vorderrhein direkt unterfahren werden. Die Stauseen werden durch zwei doppelt gekrümmte Bogenmauern von 127 m bzw. 117 m Höhe gebildet.

4.2 Grossräumige Setzungen als Folge von Gebirgsdrainage

Gegen Ende 1978 ergaben die Lotmessungen an der Talsperre Zeuzier im Kanton Wallis ungewöhnliche Bewegungen, welche nicht durch den Kraftwerksbetrieb erklärt werden konnten. Infolge dieser Deformationen wurde die Staumauer stark beschädigt, wodurch ein normaler Betrieb für lange Zeit nicht mehr möglich war.

Als Ursache für die Deformationen der Staumauer wurde eine allgemeine Bodensenkung ermittelt, die sich muldenförmig über etwa 2 bis 3 km erstreckte. Diese Senkung war die Folge einer Drainage des Gebirges und damit einer grossräumigen Störung der Kluftwasserdrücke durch den Bau des Sondierstollens für den geplanten Rawil-Tunnel. Am Sperrenstandort wurden eine Senkung von 13 cm und eine Talverengung um 7 bis 8 cm gemessen.

1997 wurden aufgrund von durchgeführten Präzisionsnivellementen entlang der Gotthard-Passstrasse Senkungen bis zu 11.5 cm festgestellt. Im Gebiet der grössten Setzungen befinden sich zwei der bekanntesten unterirdischen Bauwerke der Schweiz, nämlich der Gotthard-Eisenbahntunnel (1882) und der Gotthard-Strassentunnel (1980). Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Drainagewirkung der Tunnelbauwerke und den Setzungen muss angenommen werden.

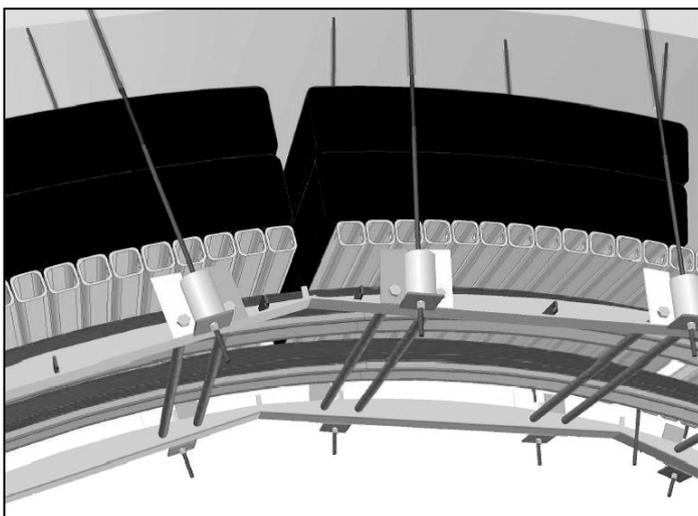


Figur 7. Streckenausbaumaschine (Bild Transco)

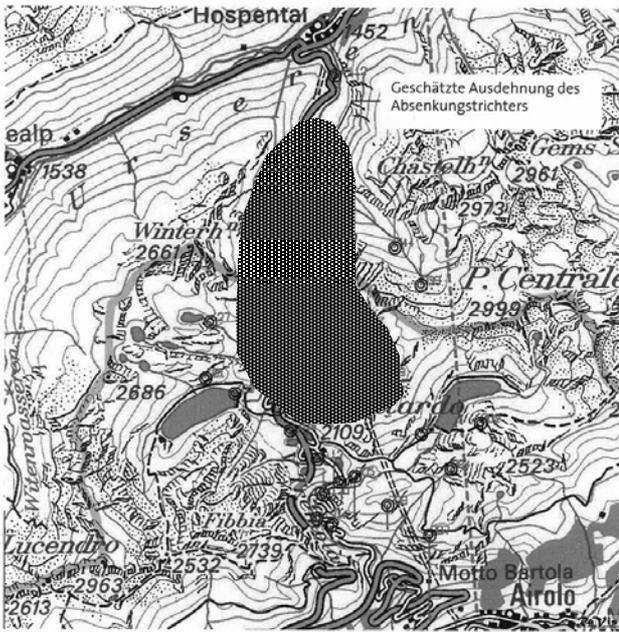
3.5 Stahleinbauversuche

Das Konzept des doppelten, deformierbaren Stahleinbaus wurde bisher im Tunnelbau in diesen Dimensionen noch nicht eingesetzt. Um bessere Erkenntnisse im Hinblick auf die Vortriebsarbeiten zu erhalten hat sich der Bauherr entschlossen, Vorversuche auf der Baustelle durchführen zu lassen. Das gewählte Stahleinbausystem verformt sich nicht zwangungsfrei, weshalb ein besonderes Interesse besteht die folgenden Fragestellungen zu klären:

- Tragverhalten während dem Einschubvorgang
- Tragverhalten nach dem Einschubvorgang bis zum Erreichen der Traglast
- Verhalten von Verbindungen und Verbolzungen und gegenseitige Beeinflussung
- Die Versuche werden im Herbst 2003 auf der Baustelle in speziell hergestellten Versuchsstollenquerschnitten durchgeführt. Es werden jeweils zwei Bogen als Paket geprüft. Die Deformationen werden mittels mit Wasser aufpumpbaren Kissen und über einen Trägerrost aufgezwungen. Erste Resultate sollten in Kürze vorliegen.



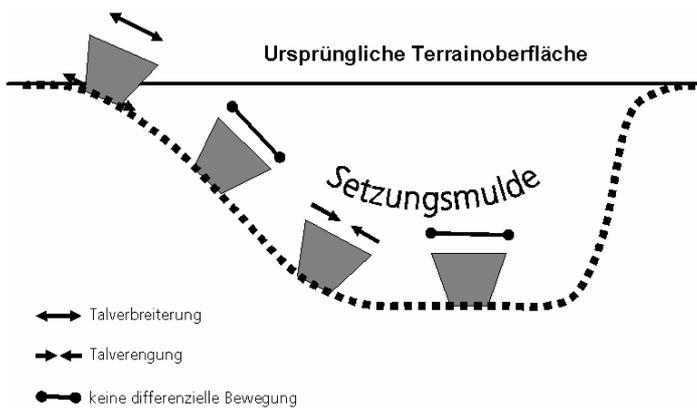
Figur 8. Versuchsanordnung Stahleinbau (Bild Transco)



Figur 9. Setzungsmulde Gotthardgebiet

4.3 Mögliche Gefährdung der Stauanlagen

Nachdem die mögliche Gefährdung durch grossräumige Setzungen als Folge der Gebirgsdrainage erkannt war, wurden durch die Aufsichtsbehörden und die Bauherrschaft umfangreiche Untersuchungen ausgelöst. Es zeigte sich rasch, dass relativ geringe differenzielle Bewegungen der Stauwandfundamenten zu für Bogenstauwauern schädlichen Deformationen führen können. Besonders gefährdet sind die Stauanlagen durch Talverengungen oder Talverbreiterungen.



Figur 10. Auswirkungen einer Setzungsmulde

4.4 Bauliche Massnahmen

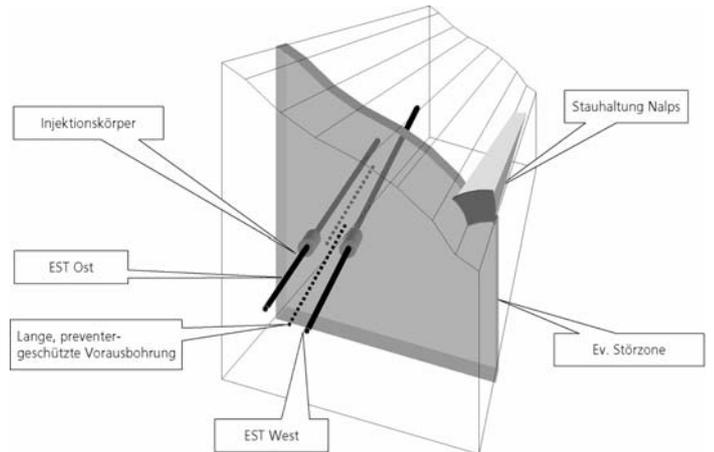
Aufgrund der möglichen Gefährdung gilt es sicherzustellen, dass es während den Tunnelvortrieben in den Teilabschnitten Sedrun und Faido zu keinen unzulässigen Beeinträchtigungen des Gebirgswasserspiegels kommt.

Im Fall der besonders stark exponierten Stauwand Nalps werden die Gebirgs- und Wasserverhältnisse

se für beide Tunnelröhren mittels Vorausbohrungen erkundet. Im direkten Bereich der Stauhaltung sind dabei ca. 400 m lange, preventergeschützte Kernbohrungen über insgesamt 1 km Länge vorgesehen.

An baulichen Massnahmen steht insbesondere ein umfangreicher Katalog an Injektionsmassnahmen zu Verfügung. Dieser reicht bis zur Erstellung von ca. 25 m langen Injektionskörpern mit dem dreifachen Tunneldurchmesser.

Permanente Messungen der Gebirgswasserhältnisse (Mengen und Drücke) sowie der Bewegungen in und um den Tunnel ergänzen die baulichen Massnahmen.



Figur 11. Bauliche Massnahmen

4.5 3-stufiges Oberflächenüberwachungssystem

Aufgrund der gesetzlichen Verpflichtungen und der vertraglichen Vereinbarungen zwischen der ATG als Bauherr und dem Kraftwerkseigentümer wurde ein 3-stufiges Überwachungssystem eingeführt.

- Stufe 1: Ordentliche Überwachung gemäss Stauanlagenverordnung des Bundes. Durchführung der Messungen durch den Kraftwerkseigentümer mit den vorhandenen Instrumentierungen.
- Stufe 2: Erweiterte Überwachung gemäss Stauanlagenverordnung. Geländeüberwachung im Vorfeld der Stauanlagen durch die Experten der Überwachungsbehörden.
- Stufe 3: Zusätzliche Überwachungsmessungen durch den Bauherrn ATG

Zur sicheren Steuerung der Vortriebe hat die ATG den Bedarf, die Talquerschnitte im Bereich der Talsperren ganzjährig permanent zu überwachen. Die Einrichtung der Messanlagen, die Beobachtungen und die Auswertungen erfolgen im Verantwortungsbereich der ATG.

Die Ergebnisse der Messungen aller drei Stufen werden unter den Beteiligten Parteien ausgetauscht und korreliert. Ein paritätisch zusammengesetztes Begleitgremium Stauanlagen zur Koordination der Aktivitäten wurde gegründet.

4.6 Überwachungssystem der Stufe 3

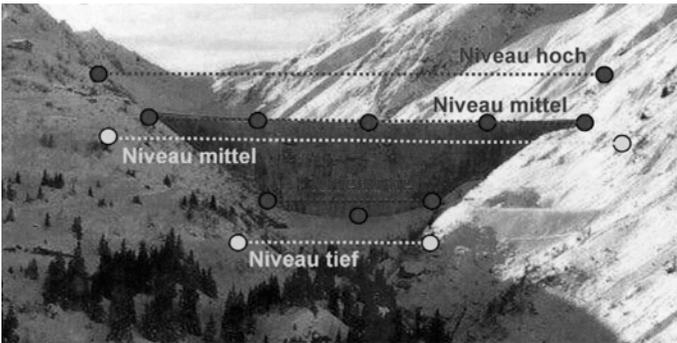
Das Überwachungssystem des Bauherrn soll sicherstellen, dass allfällige Widerlagerbewegungen als Folge des Tunnelvortriebs rechtzeitig festgestellt werden können. Dies bedingt, dass das System vor Beginn der Tunnelvortriebe bereits operativ ist.

Mit dem installierten System werden die Geländebewegungen im Bereich der Stauanlagen in sechs Querschnitten räumlich erfasst. Die Messquerschnitte sind mit Messpunkten bestückt, welche mit Theolithen automatisch abgelesen werden. Die Messdaten werden mittels Funk aus dem Hochgebirge zur verantwortlichen Vermessungsunternehmung übertragen, wo die Daten unverzüglich ausgewertet werden.

Das System wurde im Jahr 2000 installiert und hat seither seine Wintertauglichkeit im Hochgebirge bewiesen.

Ergänzt wird das Überwachungssystem des Bauherrn mit Einzelpunktbeobachtungen, diversen Nivellements und der Auswertung photogrammetrischer Luftbilder.

Es darf festgestellt werden, dass das beschriebene Fernüberwachungssystem bisher einmalig ist.



Figur 12. Überwachungssystem Stufe 3

LITERATUR

- Ebneter F., 2001, „Oberirdische Schwerpunkte der Vermessungsaufgaben“, Schweizerisches Baublatt Nr. 16
- Ehrbar H., Pfenninger I., 1999, „Umsetzung der Geologie in technische Massnahmen im Tavetscher Zwischenmassiv Nord“, Tagungsband GEAT, ETH Zürich
- Ehrbar H., Schällibaum I., Kälin J., 2001, „Gotthard Base Tunnel, Construction Lot Sedrun, A Challenge for Tunnel Construction“, ITA Kongress, Milano
- Ehrbar H., 2002, „Felssicherung in druckhaftem Gebirge am Beispiel des Gotthard-Basistunnels“, Tunnel 09/02, Sonderausgabe IUT, Sargans
- Kovári K., 1998, „Tunnelbau in druckhaftem Gebirge“, Tunnel 5/98: 12-31, München.
- Kovári K., Amberg F., Ehrbar H., 1999, „Tunnelbau in druckhaftem Gebirge - Eine Herausforderung für die neuen Alpentransversalen“, X. Kolloquium für Bauverfahrenstechnik, 25. März 1999, Bochum.
- Lombardi G., 1999, „Tassements de massifs rocheux au-dessus de tunnels“, Tagungsband GEAT, ETH Zürich
- Rehbock M., 2003, „Vortriebe in der MFS Faido“, FGU Tagung, Locarno
- Rondi L., Theiler, A., 2003, „Tunnelling in Rockfall deposits, Dealing with extreme asymmetry“, ITA Kongress, Amsterdam
- Zbinden P., 2003, „Die Flachbahn durch die Schweizer Alpen – Der Bau des längsten Eisenbahntunnels der Welt“, IFPMM World Congress 2003, Luzern

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das Projekt AlpTransit Gotthard in der Schweiz weist enorme Dimensionen auf. Mit dem Kernstück, dem 57 km langen Gotthard Basistunnel wird der derzeit längste Eisenbahntunnel der Welt gebaut.

Es versteht sich von selbst, dass die Erstellung eines solchen Bauwerks von besonderen Gefahren begleitet ist. Diese treten teilweise auch ein, wie die Beispiele Faido und Bodio zeigen. Umgekehrt ergeben sich aber auch Chancen, insbesondere auch für Neuentwicklungen auf verschiedensten Gebieten, welche laufend genutzt werden können.

Im Bewusstsein dieser Zusammenhänge können innovative Lösungen auf allen Stufen der Projektsteuerung erarbeitet werden um die Gefahren so weit als möglich zu verringern und die sich ergebenden Chancen systematisch zu nutzen.