

# Geologische Risiken und Massnahmenplanung am Beispiel des Teilabschnitts Sedrun

Heinz Ehrbar, Silvia Schoch Keller

*AlpTransit Gotthard AG, Luzern, Schweiz*

**ABSTRACT:** AlpTransit Gotthard Ltd has been entrusted by the Swiss Confederation with the design and construction of the new railway lines on the Gotthard axis. The new railway links shall be handed over to the future operator within the foreseen construction time, at the lowest possible cost and with the agreed quality. During each phase of the project threads can impair the accomplishment of this objective. On the other side several chances will support the better accomplishment of this objective.

Sedrun is the central section of the Gotthard Base Tunnel, with totally 5 construction sections. Due to the special boundary conditions (accessibility, altitude, geology, neighbourhood of arch dams) of the Sedrun section all the risk factors are identified and analyzed during the construction phase. In the following paper the methods applied will be presented briefly. It will be shown, that simple, but continuously applied methods are an appropriate tool for risk control and the planning of additional measures.

Die AlpTransit Gotthard AG (ATG) ist vom Bund beauftragt die Bauten auf der Gotthard Achse des Projektes AlpTransit zu erstellen. Diese Bauten sollen termingerecht, kostengünstig und in der vereinbarten Qualität dem künftigen Betreiber übergeben werden können. Auf dem Weg zur Erreichung dieses Zieles gilt es in jeder Projektphase, die Gefahren zu beherrschen, welche die Zielerreichung behindern und die sich bietenden Chancen zu einer besseren Zielerreichung zu nutzen.

Sedrun ist der mittlere Teilabschnitt der insgesamt fünf Teilabschnitte des Gotthard Basistunnels. Aufgrund seiner speziellen Lage in Bezug auf die Geologie wie aber auch auf die Topographie (Zugänglichkeit, Höhenlage, Nähe zu Stauanlagen) werden im Teilabschnitt Sedrun in der derzeit laufenden Ausführungsphase alle Risikofaktoren identifiziert und analysiert.

Der nachfolgende Artikel behandelt die von der ATG angewendeten Methoden zur Risikoanalyse und Massnahmenplanung. Anhand einzelner Beispiele aus dem Gebiet der Baugrundrisiken wird gezeigt, dass sich die einfachen, aber konsequent angewandten Methoden bisher bewährt haben und die sich daraus ergebenden Zusatzmassnahmen rechtzeitig definiert werden konnten.

# 1 METHODIK DES RISIKOMANAGEMENTS BEI DER ATG

## 1.1 Ziele

Das Unternehmensziel der AlpTransit Gotthard AG (ATG) besagt, dass die ATG die Bauten auf der Gotthardachse

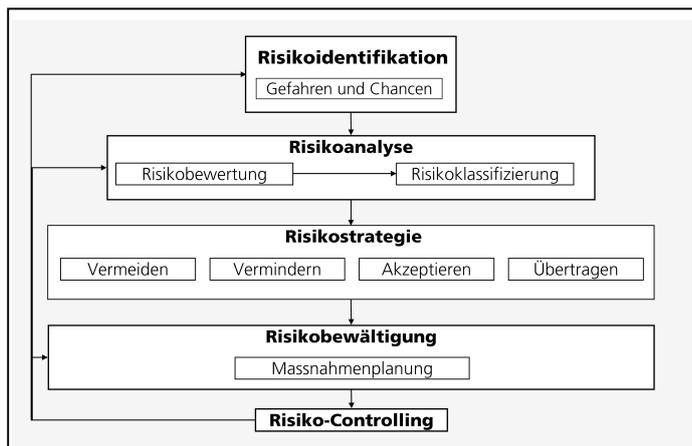
- in der (mit dem Bund) vereinbarten Qualität
- möglichst rasch
- und zu minimalen Kosten

realisieren will.

Das Erreichen dieses einfach formulierten Zieles ist keine Selbstverständlichkeit, da es zum einen Gefahren gibt, welche das Erreichen des Zieles behindern oder gar verunmöglichen. Zum andern gibt es aber auch Chancen, welche das Erreichen des Zieles fördern.

Daraus leitet sich für alle Projektbeteiligten die Anforderung ab, dass die Gefahren zu beherrschen und die Chancen zu nutzen sind. Das Risikomanagement der ATG stellt sicher, dass dieser Anforderung während allen Projektphasen und von allen Projektbeteiligten mittels einer geeigneten und aufeinander abgestimmten Massnahmenplanung nachgelebt wird.

## 1.2 Der Prozess des Risikomanagements



Figur 1: Prozess Risikomanagement bei ATG

Der Prozess des Risikomanagements ist bei der ATG wie folgt aufgebaut:

Zuerst müssen die Chancen und Gefahren erkannt und beschrieben werden. Die **Risikoidentifikation** erfolgt bei der ATG in erster Linie durch die enge Zusammenarbeit mit den Projektingenieuren, örtlichen Bauleitungen, Hauptunternehmern und Experten im Rahmen der periodisch durchgeführten Risikodurchsprachen. Dabei wird insbesondere auch der Frage nach bisher nicht erkannten Chancen und Gefahren nachgegangen.

Zur besseren Strukturierung der Gefahren- und Chancenlisten hat die ATG neun, über die gesamte Achse vereinheitlichte Risikobereiche (Gefahren und Chancen) definiert. Diese vereinheitlichte Liste dient der klaren Kommunikation mit den beauftragten Ingenieuren und Unternehmern.

Erkannte Gefahren und Chancen werden einer **Risikoanalyse** unterzogen. Dies geschieht über die Anwendung der Risikomatrix, in welcher die Eintretenswahrscheinlichkeit und das Schadenausmass bewertet werden.

Die Bewertung erfolgt dabei sowohl bezüglich der Eintretenswahrscheinlichkeit, als auch bezüglich des Ausmasses mittels einer dreistufigen Klassierung.

Im operativen Risikomanagement auf der Stufe der einzelnen Teilabschnitte (Hauptlose) wird der folgende Massstab angewendet:

Tabelle 1: Bewertungsmassstab für das operative Risikomanagement auf Stufe Abschnitt.

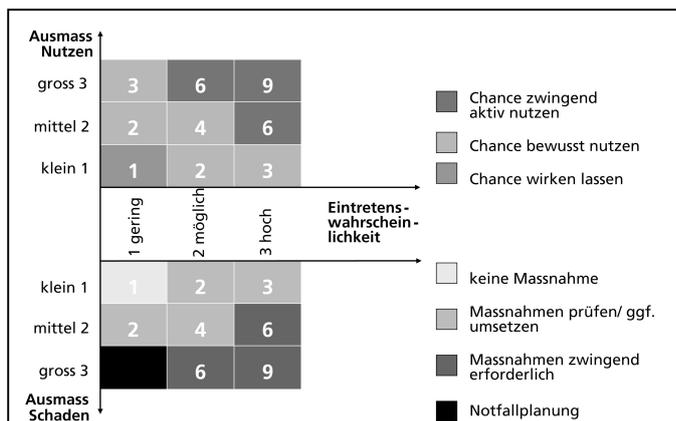
<b>W: Eintretenswahrscheinlichkeit</b>			
1: gering	erfahrungsgemäss ist nicht davon auszugehen		
2: mittel	während Bauzeit nicht auszuschliessen		
3: hoch	damit muss gerechnet werden		
<b>A: Ausmass</b>	<b>Kosten</b>	<b>Termine</b>	<b>Arbeitsicherheit</b>
1: klein	< CHF 1 Mio	< 2 Monate	keine bleibenden Gesundheitsschäden
2: mittel	CHF 1 bis 10 Mio	2 – 6 Monate	bleibende Gesundheitsschäden
3: gross	> CHF 10 Mio	> 6 Monate	Schwere bleibende Gesundheitsschäden, Invalidität bis Todesfolgen

Mangels entsprechender Erfahrungswerte und Beurteilungskriterien macht es im Untertagbau kaum Sinn, numerisch genaue Aussagen zu Wahrscheinlichkeiten und Schadenausmass tätigen zu wollen. Der systematische Einsatz statistischer Methoden ist nicht notwendig und wegen oftmals fehlender geeigneter Stichproben auch nicht zielführend. Die Klassifizierung in kleine, mittlere und Grossereignisse ist für die Massnahmenplanung durchaus ausreichend.

Der Risikowert (R) wird schliesslich aus dem Produkt der Klassierung der Eintretenswahrscheinlichkeit (W) mit jener des Schadenausmasses (A) ermittelt.

Mit der **Risikoklassifizierung** wird festgelegt, bei welchen Risikowerten weitere Massnahmen auszulösen sind. Die ATG verwendet die folgende Klassifizierung:

Bei Risikowerten von 6 und 9 sind Zusatzmassnahmen zwingend zu ergreifen, mit dem Ziel, für das verbleibende Restrisiko einen tieferen Risikowert zwischen 1 und 4 zu erhalten. Wie die nachfolgenden Beispiele zeigen, ist dies aber nicht konsequent möglich. Bei Risikowerten zwischen 2 und 4 sind gemäss System ATG zusätzliche Massnahmen zu prüfen. In dieser Kategorie verdient vor allem die Gefahrenklasse mit einer geringen Eintretenswahrscheinlichkeit (1), aber einem hohen Schadenausmass (3) eine spezielle Erwähnung. Es sind dies die seltenen Grossereignisse, für welche eine entsprechende Notfallplanung erarbeitet werden muss.



Figur 2: Risikoklassifizierung (Handlungsstrategie)

In der **Risikostrategie** gilt es vier typische Fälle zu unterscheiden:

- das Vermeiden einer Gefahr, indem z.B. eine Tätigkeit nicht ausgeführt wird
- das Vermindern einer Gefahr durch geeignete Zusatzmassnahmen
- das Akzeptieren einer Gefahr als Restrisiko
- das Übertragen einer Gefahr, ganz oder teilweise, auf Dritte, z.B. durch den Abschluss einer Versicherung.

Mit der Massnahmenplanung werden jene Tätigkeiten definiert, welche die **Risikobewältigung** ermöglichen. Dabei sind jeweils die materiellen, personellen und organisatorischen Belange zu regeln. Von grösster Bedeutung ist hier das Abstimmen der Überlegungen unter den Projektbeteiligten um allfällige Lücken oder Doppelspurigkeiten in der Massnahmenplanung zu vermeiden.

Ein zielgerichtetes **Risiko-Controlling** stellt die Erfolgskontrolle bei der Massnahmenplanung sicher. Die Wirksamkeit der angewendeten Strategie und Massnahmenplanung wird dauernd überprüft und wo nötig angepasst.

Als Hilfsmittel für die Umsetzung des ganzen Prozesses dient die Risikomatrix.

	Gefahren	Risiko				Geplante Massnahmen (nach Vertrag / Projekt / UQM) => Zusatzmassnahmen	Restrisiko				Verantw.	Termin	Nachweis / Wahrung		
		W	A	R	Z		W	A	R	Z			Dokumentation	erf.	
<b>Baugrund</b>															
<b>Geologie</b>															
111	Baugrund schlechter als prognostiziert (ausserhalb der vertraglichen Bandbreite)														
111 a	TZM-Nord	1	3	3	D	Ausschöpfen der vertraglichen Möglichkeiten, <b>Vorbereitung Rückfallebene, AG TUS</b>	1	3	3	D	DBL/PI	laufend fallweise	Festlegeblätter DBL-SI, Notfallprogramm	X	
111 g	Gotthardmassiv (GM)	2	2	4	B						DBL/PI	laufend	Festlegeblätter		
116	Auftreten von hochpermeablen Gesteinen														
116 a	UOZ	1	3	3	D	<b>Vorbereitungskonzept &amp; weitere Massnahmen</b>	1	2	2	B	DBL/PI	laufend	Vorauserkundungsrapport	X	
116 b	Gotthard Massiv	2	3	6	C	<b>Vorbereitungskonzept &amp; weitere Massnahmen</b>	2	2	4	B	DBL/PI	laufend	Vorauserkundungsrapport	X	
<b>Störzonen</b>															
121	Anzahl, Lage und Ausbildung der Störzonen ungünstiger als angenommen im Bereich Nordvortrieb (TZM-Nord, TZM-Süd)	2	3	6	C	Entsprechende Sicherungstypen <b>Zusätzl. Siehe 111f, Verstärkung Sicherung/ Ausbau Erweiterung Massnahmenkatalog und Beso. Massn. AG TUS</b>	2	3	6	C	DBL/PI DBL/PI ATG	laufend fallweise	Festlegeblätter Projektänderungsantrag	X	
121 d	im Bereich Süd vortrieb (TZM-Süd, UOZ, GM)	2	3	6	C	Entsprechende A.K.Lu. Sicherungstypen, <b>Verstärkung Sicherung/ Ausbau Erweiterung Massnahmenkatalog und Besondere Massnahmen</b>	2	2	4	B	DBL/PI	laufend fallweise	Festlegeblätter Projektänderungsantrag		
123	Zu spätes Erkennen von hochpermeablen Störzonen														
123 a	UOZ	1	3	3	D	Systematische Vorauserkundung <b>Anpassung Vorbereitungskonzept</b>	1	2	2	B	IG/ATG	Herbst 04	Projektänderung VEK	X	
123 b	Gotthard Massiv	2	3	6	C	<b>Anpassung Vorbereitungskonzept</b>	2	2	4	B	IG/ATG	Herbst 04	Projektänderung VEK	X	

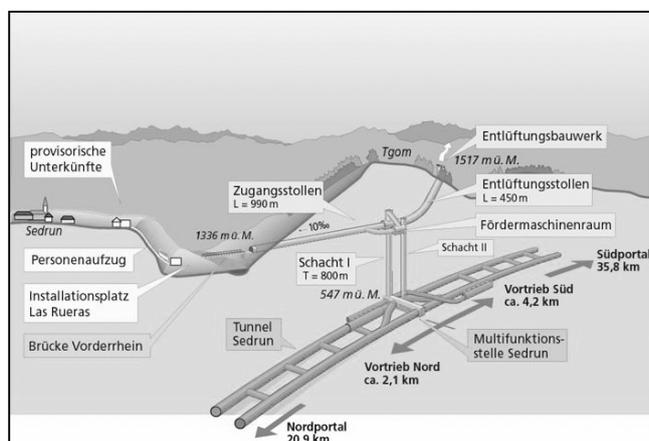
Figur 3: Beispiel für eine Risikomatrix (Auszug)

## 2 BEISPIELE AUS DEM TEILABSCHNITT SEDRUN

### 2.1 Kurzbeschreibung Teilabschnitt Sedrun

Der Teilabschnitt Sedrun ist mit ca. 6.5 km Länge der kürzeste der fünf Teilabschnitte des Gotthard Basistunnels. Aufgrund seiner Lage am Ende des Vorderrheintals hat er eine erschwerte Erschliessung und ist den Erschwernissen des alpinen Klimas ausgesetzt. Die Portalhöhe des Zugangsstollens liegt auf 1350 m.ü.M. Die auf Kote 550 m.ü.M liegenden Tunnelbaustellen werden über zwei 800 m tiefe Schächte erschlossen.

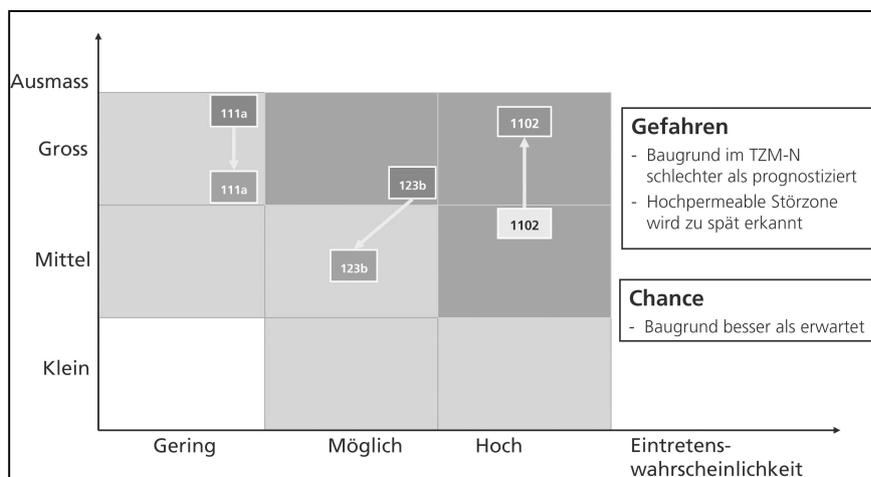
Zudem befinden sich im Raum Sedrun die Stauhaltungen Santa Maria, Nalps und Curnera der Kraftwerke Vorderrhein.



Figur 4: Übersicht Teilabschnitt Sedrun

Die nachfolgend beschriebenen Beispiele des Risikomanagements stammen ausschliesslich aus der Risikogruppe "100 Baugrund". Als wesentliche Gefahren gelten derzeit:

- der Baugrund im TZM-Nord ist schlechter als prognostiziert
- die Störzonen liegen ungünstiger als angenommen
- hoch-permeable Störzonen im Gotthard-Massiv werden zu spät erkannt
- das druckhafte Verhalten im TZM-Nord manifestiert sich stärker
- die Ortbrustinstabilitäten sind ungünstiger als angenommen
- die Oberflächenverformungen sind grösser als prognostiziert und stellen damit eine Gefahr für die Stauhaltungen dar
- ein grösserer Wassereinbruch im Südvortrieb ist verbunden mit der daraus entstehenden Gefahr einer Überflutung der Vortriebe



Figur 5: Ausgewählte Beispiele für Risikomanagement aus dem TA Sedrun

## 2.2 Beispiel 1: Baugrund im TZM Nord schlechter als prognostiziert

Seit die Achse für den Gotthard Basistunnel festgelegt wurde, war aufgrund der Kenntnisse der Alpentektonik klar, dass die Durchquerung des TZM-Nord im Gebiet von Sedrun zu den grössten Herausforderungen gehören wird.

Die Gefahren, welche sich aus dem im TZM-Nord vorhandenen stark druckhaften Gebirge ergeben, lassen sich für das Projekt Gotthard Basistunnel nicht vermeiden. Diese müssen deshalb durch eine geeignete Massnahmenplanung beherrscht werden können.

In der Phase des Bauprojektes wurde deshalb in den Jahren 1997/98 eine 1.7 km lange Schrägbohrung abgeteuft. Die Bohrergebnisse hatten zur Folge, dass die vorgesehenen Ausbruchsicherungsmassnahmen ergänzt wurden, um eine noch grössere Bandbreite an Gebirgseigenschaften abdecken zu können.

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Gebirge noch ungünstiger präsentieren könnte, wird jedoch seither als gering angesehen. Beim Auftreten solcher Verhältnisse wird das Schaden ausmass aber gross sein, da sich schnell einmal erhebliche Terminverzögerungen und damit Kostenfolgen ergeben können. Im Werkvertrag Tunnel Sedrun wurde bereits das Nachprofilieren vertraglich geregelt. Frühere Erfahrungen und das aktuelle Beispiel Faido zeigen, dass solch extreme Gebirgsverhältnisse notfalls mit dem Mittel des Nachprofilierens bewältigt werden können. Es ist jedoch das Ziel eines jeden Tunnelbauers, solche Verhältnisse nach Möglichkeit zu vermeiden. Durch folgende Zusatzmassnahmen wurde eine weitere Verbesserung der Ausgangslage angestrebt:

- Verlängerung der vorausseilenden Kernbohrungen von ursprünglich 36 m auf ca. 80 m Länge, um eine auf ca. 2 Monate erhöhte Vorwarnzeit zu erhalten.

- Bildung einer vortriebsbegleitenden Arbeitsgruppe „Tunnel Sedrun“ bestehend aus Experten, Unternehmer, örtlicher Bauleitung, Projektgenieur und Bauherr, um allfällige Abweichungen von den Projektannahmen möglichst frühzeitig erkennen zu können.
- Erarbeitung einer Rückfallebene durch die Konzipierung eines zusätzlichen Ausbruchssicherungstyps. Aufgrund der derzeit günstigen Baugrundverhältnisse und der genügend langen Vorlaufzeiten wurde die Ausführungsplanung jedoch noch nicht in Angriff genommen.



Figur 6: Nachprofilieren als letzte Massnahme

Die bisher in Sedrun aufgefahrenen Strecken zeigen keine Anzeichen für ein stärker druckhaftes Verhalten als prognostiziert.

### 2.3 Beispiel 2: Nichterkennen von hochpermeablen Störzonen

Die Gefahr des Nichterkennens von hochpermeablen Störzonen ist für den Teilabschnitt Sedrun in mehrfacher Hinsicht von grosser Bedeutung:

Zum einen erfolgt in Sedrun der Tunnelbau fast zur Gänze in fallenden, gefangenen Vortrieben. Ein lang dauernder, unkontrollierbar hoher Wasserzutritt könnte im Extremfall das Überfluten der Vortriebe zur Folge haben. Zum andern befindet sich die Trassierung des GBT im Raum Sedrun in der Nähe der Stauhaltungen der Kraftwerke Vorderrhein. Grosse Wasserentnahmen könnten unzulässige Oberflächensetzungen auslösen, was zu Schäden an den Stauanlagen führen könnte. Der Schadenfall Zeuzier hat gezeigt, dass eine solche Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann und dass im Eintretensfall mit hohen materiellen Schäden zu rechnen ist. Eine entsprechende Massnahmenplanung war somit auch für den Gotthard Basistunnel angezeigt.

Im Bauprojekt wurden die notwendigen Massnahmen, wie Vorauserkundungskonzept und Injektionen seitens der ATG geplant und von zuständigen Expertengremien geprüft. Zudem liess die ATG ein geodätisches Oberflächenüberwachungssystem erstellen, welches ganzjährig die Geländedeformationen im betroffenen Gebiet in mehreren Querschnitten aufzeigt. Das System wurde frühzeitig in Betrieb genommen, um mindestens zwei Jahre lang vom Tunnelvortrieb unbeeinflusste Messresultate zu erhalten.

Seitens der Sicherheitsaufsicht über die Talsperren wurden die maximal zulässigen Talsperrendehformationen für die einzelnen Sperrstellen festgelegt. Zudem wurden Grenzwerte für die über eine bestimmte Strecke zugelassenen Tunnelzuflüsse definiert. Werden diese überschritten, sind Abdichtungsinjektionen zu tätigen.

Im Bauprojekte ging man davon aus, dass die dominante Gefährdung von der im Bereich der Stauhaltung Nalps vermuteten Störzone 46b herkommen wird. Die Gefährdung besteht in erster Linie in hohen initialen Wasserzuflüssen (Prognose bis zu 600 l/s). Dementsprechend

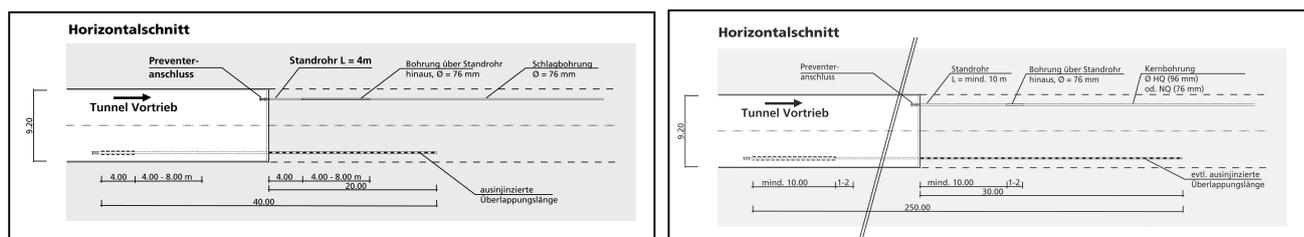
wurde das Voraussondierungskonzept so ausgelegt, dass diese Störzone mittels 300 m langer, horizontaler Erkundungsbohrungen aus Nischen heraus mit Preventerschutz erkundet wird. Als Erkundungsbereich wurde die Strecke zwischen km 124.0 und km 125.0 festgelegt. Für die übrigen Strecken wurden 20 m lange Schlagbohrungen ohne Preventer festgelegt.

Leistungsfähige Pumpanlagen mit einer Förderkapazität von mehr als 1000 l/s sind zur Ereignisbewältigung installiert. Zur Ereignisverhinderung sind die Vorauserkundungsbohrungen und die notwendigen Injektionsmassnahmen in Form eines ausgedehnten Injektionskörpers im Werkvertrag enthalten. Alleine für die Injektionsbohrungen sind mehrere Kilometer Bohrungen vorgesehen.

Den Projektbeteiligten war stets bewusst, dass das Vorauserkundungskonzept und die weitergehende Massnahmenplanung im Zuge der Ausführungsplanung auf Grund erster Erfahrungen zu verfeinern und anzupassen ist.

Basierend auf der Risikoanalyse war klar, dass sich der beschriebene Themenkreis im Zusammenhang mit den Fragen der Talsperrensicherheit in einem Grenzgebiet der gesicherten Erkenntnisse befindet. Damit ergab sich die Notwendigkeit, für die Bauausführung das aktuellste Fachwissen zur Verfügung zu stellen. Dieses wurde in der Fachkommission Vortriebe und Stauanlagen zusammengefasst. Fachexperten aus der Praxis und von der Hochschule, der Projektgenieur, die örtliche Bauleitung, der Unternehmer und der Bauherren sind im genannten Gremium vertreten.

Aus der Tätigkeit dieser Fachkommission wurde die Erkenntnis gewonnen, dass für das Setzungsverhalten an der Geländeoberfläche nicht der langfristig stationäre Tunnelzufluss, sondern die initialen Zuflussmengen und insbesondere das dem Gebirge gesamthaft entzogene Wasser von grosser Bedeutung sind. Somit gilt es praktisch jeden Wasserzutritt, auch aus einer Sondierbohrung, beherrschen zu können. Dies hat zur Folge, dass die hochpermeablen Störzonen erkannt und beherrscht werden müssen. Zum einen leitet sich daraus ab, dass sämtliche Sondierbohrungen (auch die Schlagbohrungen) mittels Preventerschutz auszuführen sind. Zudem wurde die Länge der Schlagbohrungen von 20 m auf 40 m bei 20 m Überlappungslänge erhöht, was zu einer Verbesserung der Prognosesicherheit führt, da in jedem Vortriebsmeter zwei „Nadelstiche“ vorhanden sind.



Figur 7: Aktualisiertes Vorauserkundungskonzept, Grundriss mit Schlagbohrungen und Kernbohrungen (Bild IG GBTS)

Das angepasste Vorauserkundungskonzept sieht zudem das stufenweise Hochfahren der Massnahmen vor, falls es die Gefährdungssituation verlangt.

- So lange keine Störzone vermutet wird und kein hoher Wasseranfall in den Vortrieben festgestellt wird, beschränkt sich die Vorauserkundung auf 40 m lange Schlagbohrungen, bei 20 m Überlappung.
- Der Schutz gegen Wasserzuflüsse aus dem Bohrloch erfolgt mittels eines auf den Formationsdruck abgepressten Standrohrs und eines Preventers.
- Sollte sich aus den Vorauserkundungen mit den Schlagbohrungen die Erkenntnis ergeben, dass mit einer Störzone oder höherem Wasseranfall zu rechnen ist, werden zusätzliche Kernbohrungen angeordnet.
- Mittels hydraulischen Versuchen werden weitere Angaben über die hydrogeologischen Eigenschaften des Gebirges und allfälliger Störzonen ermittelt

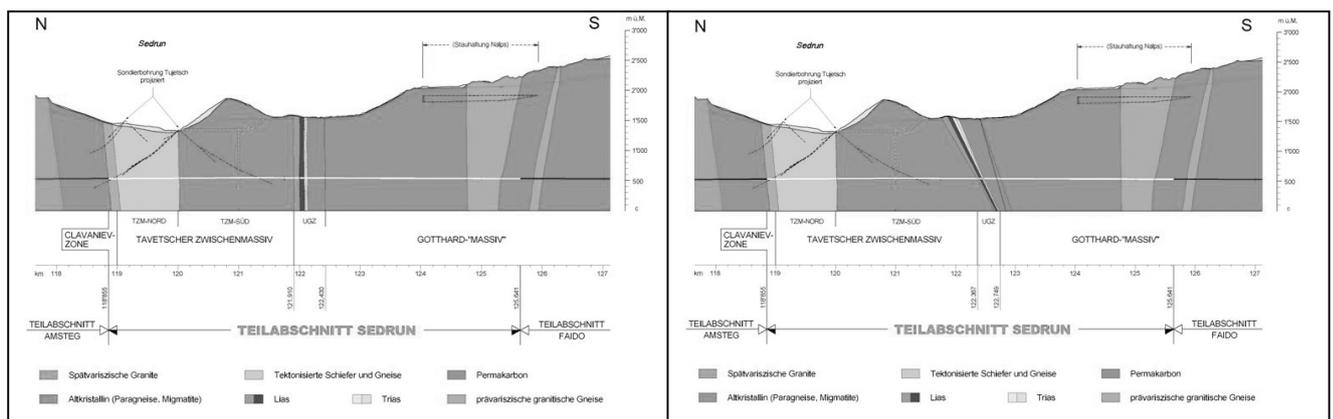
- Falls sich aus dem Wasseranfall oder aus den Oberflächenbeobachtungen Indizien ergeben, dass die Vorauserkundung mit erhöhten Anforderungen zu tätigen ist, wird generell auf preventergeschützte Kernbohrungen mit einer Ziellänge von 150 m bis 250 m mit einer Überlappungslänge von 30 m umgestellt. Die Standrohrlänge wird auf mindestens 10 m erhöht, um Umläufigkeiten zu verringern.

Das angepasste und sich in Ausführung befindende Vorauserkundungskonzept bietet einerseits einen höheren Sicherheitsstandard (= geringere Eintretenswahrscheinlichkeit und kleineres Schadenausmass). Andererseits erlaubt es mit den zur jeweiligen Gefährdung minimal notwendigen Massnahmen zu fahren, was von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung ist.

### 2.4 Beispiel 3: Chance „Baugrund besser als erwartet“

Vor ca. einem Jahr hätte der Südvortrieb die Urseren Garvera Zone erreichen sollen. Aufgrund der Erfahrungen aus dem Gotthard Strassentunnel wurde mindestens für einen Teil dieser Zone stark druckhaftes Verhalten analog dem Nordvortrieb erwartet.

Die Urseren Garvera Zone wurde dann schliesslich etwa 465 m weiter südlich angetroffen als ursprünglich prognostiziert. Nach dem Durchfahren dieser Zone per Ende April 2005 konnte zudem festgestellt werden, dass deren Ausdehnung mit 305 m nur ca. 60% der aus den Oberflächenaufschlüssen prognostizierten Länge von 510 m beträgt. Zu guter letzt konnte auch festgestellt werden, dass in der gesamten Urseren Garvera Zone kein druckhaftes Verhalten festzustellen war.

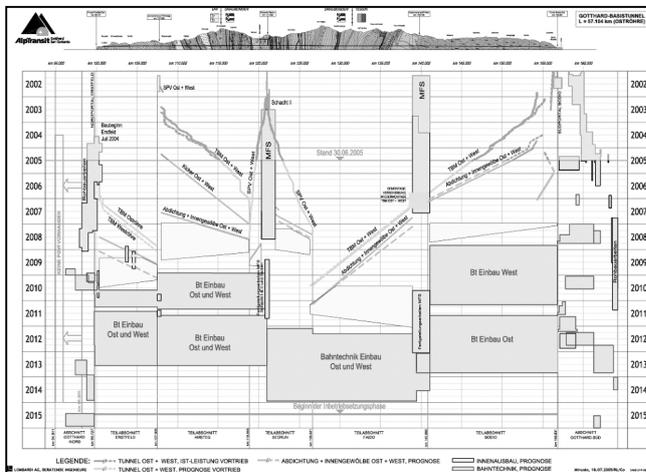


Figur 8: Geologische Prognose ursprünglich (1999) und aktuell

Diese mehrfachen günstigen Effekte führten schliesslich dazu, dass innert kürzester Zeit ein erheblicher Bauzeitvorsprung von ca. einem Jahr gegenüber dem Werkvertragsprogramm erarbeitet werden konnte. Nebst den günstigen finanziellen Effekten, welche auf der Bauherrenseite durch den baulichen Minderaufwand entstehen, ergibt sich eine zusätzliche Herausforderung dadurch, dass es den Bauzeitvorsprung zur Optimierung des Gesamtprojektes zu nutzen gilt.

Dazu gilt es einen Blick auf das Gesamtterminprogramm des Gotthard Basistunnels zu werfen. Dabei erkennt man schnell einmal, dass ohne weitere Gegenmassnahmen an der Losgrenze Sedrun Süd - Faido eine zeitliche Klaffung von mehr als zwei Jahren resultieren würde. Diese Klaffung rührt etwa je zur Hälfte vom Vorsprung im Südvortrieb Sedrun und von der wegen geologischer Schwierigkeiten verspäteten Fertigstellung der Multifunktionsstelle Faido her. Es bietet sich somit an, diese Lücke mittels zusätzlicher Vortriebe von Sedrun zu schliessen, was einen ca. 5 km langen Zusatzvortrieb bedeuten würde. Ein solches Szenarium böte zudem die Chance, dass der Tunnelbau im Bereich der Stauhaltung Santa Maria mit dem bezüglich Vorauserkundung und Injektionen wesentlich flexibleren konventionellen Vortrieb aufgefahren werden könnte. Der Inbetriebsetzungsbeginn des Gotthard Basistunnels würde um mindestens ein halbes Jahr bis zu einem ganzen Jahr vorverlegt.

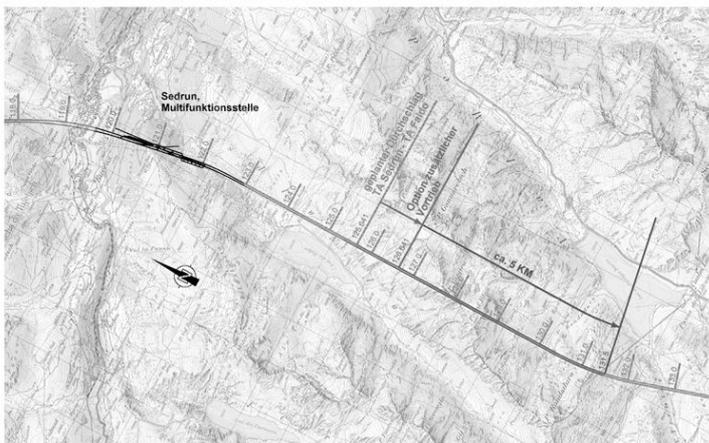
Diese Verhältnisse sind auch auf der Ebene des übergeordneten strategischen Risikomanagements eine grosse Chance. Es stellt sich die Frage, ob diese genutzt werden soll, oder ob andere übergeordnete Gründe dagegen sprechen.



Figur 9: Gesamtterminprogramm GBT gemäss Standbericht 06/2005

Das geschilderte Szenarium hätte nämlich praktisch eine Verdoppelung der auszuberechnenden Mengen im Südvortrieb Sedrun zur Folge. Das Materialbewirtschaftungskonzept müsste neu definiert werden und insbesondere müssten neue Deponieflächen im Raum Sedrun gefunden werden.

Noch sind keine definitiven Entscheide gefällt ob der beschriebene Zusatzvortrieb ausgelöst wird. Allerdings wurde entschieden, die planerischen Vorarbeiten auf Bauherrenseite so weit voranzutreiben, damit weiterhin alle Möglichkeiten offen bleiben. Sollte eine Losverlängerung Sedrun Süd zum tragen kommen, müsste sie nämlich in der zweiten Hälfte des Jahres 2007 ausführungsfähig sein. Dieser Zeithorizont mag lang erscheinen, ist aber in Anbetracht der noch ausstehenden Bewilligungs- und Beschaffungsverfahren als sehr kurz zu bezeichnen. Deshalb mussten alle Projektbeteiligten sofort nach dem Erkennen der neuen Situation ihre Risikoüberlegungen tätigen und die entsprechende Massnahmenplanung in die Wege leiten.



Figur 10: Optionaler Vortrieb von 1 km gemäss Werkverträgen plus theoretisch möglicher Zusatzvortrieb

Auf Bauherrenseite wird mit Hochdruck an der Projektierung und an den Verfahrensfragen gearbeitet, um die notwendigen Gesuche rechtzeitig einreichen zu können, damit die Bestellungen Änderungen rechtzeitig getätigt werden können. Der Unternehmer musste sich rasch einmal überlegen, ob eine allfällige Verlängerung des Südvortriebs einen Einfluss auf sein derzeitiges Installationskonzept hat. Aufgrund seiner Überlegungen gab er in der ersten Jahreshälfte eine wesentlich leistungsfähigere Vortriebsinstallation für den Südvortrieb zur Reali-

sierung frei. Durch das koordinierte Vorgehen der Projektbeteiligten bleiben somit die Chancen gewahrt, welche sich aus dieser speziellen Situation ergeben.

### 3 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Als Fazit des bisherigen Risikomanagements am GBT erlaube ich mir die folgenden drei Empfehlungen aufzustellen:

- Die Risikoanalyse soll auf **projektbezogenen Gefahren- und Chancenlisten** beruhen. Vorgefertigte Klassifizierungssysteme bergen die Gefahr, dass wesentliche Zusammenhänge übersehen werden.
- Das **Verfahren der Risikoanalyse** soll **einfach und überschaubar** gewählt werden um nicht Gefahr zu laufen vor lauter Bäumen den Wald nicht mehr zu sehen. Die Risikoanalyse ist keine Rechen- oder Schreibaufgabe, sondern eine **Denkaufgabe**.
- Das Risikomanagement muss **regelmässig, phasengerecht und systematisch** unter **Einbezug aller Projektbeteiligter** aktualisiert wird. Nur so können Lücken und Doppelspurigkeiten in der Massnahmenplanung vermieden werden.

### REFERENZEN

- Ehrbar H., Pfenninger I., 1999, "Umsetzung der Geologie in technische Massnahmen im Tavetscher Zwischenmassiv Nord", Tagungsband GEAT99, ETH Zürich. Rotterdam: Balkema
- Kovári K., Amberg F., Ehrbar H.: "Mastering of squeezing Rock in the Gotthard Base Tunnel", World Tunneling, June 2000
- Ehrbar H., Kellenberger J., 2003, "Risk Management during Construction of the Gotthard Base Tunnel", Proc. International Symposium on Geotechnical Measurements and Modellings, Karlsruhe, September 2003. Rotterdam: Balkema
- Ehrbar H., 2004, "Vortriebskonzept in den druckhaften Zonen, Vom Projekt zur Ausführung", Tagungsband EUROCK 2004, 53. Geomechanik Kolloquium, Salzburg. Rotterdam: Balkema
- Zbinden P., Sieber A., 2004, "Herausforderungen und Lösungen beim Bau des längsten Eisenbahntunnels der Welt", Tagungsband 2004 Ehrenkolloquium Prof. F. Heinrich und 33. Geomechanik-Kolloquium, TU Bergakademie Freiberg, Deutschland
- Bremen R., 2005, „Oberflächensetzungen als Folge von Tunnelbauten in grosser Tiefe, Stand der heutigen Erkenntnisse“, Tagungsband AlpTransit Tagung, Luzern 2005. Zürich: sia