

Gotthard-Achse im Fokus

Dr. R. Simoni

Die Arbeiten an der neuen Gotthard-Linie befinden sich im Zeitplan. Das Jahr 2008 wird sowohl vom Bundesamt für Verkehr als Besteller als auch von der NEAT-Aufsichtsdelegation der Eidgenössischen Räte als ein sehr erfolgreiches Jahr beurteilt. Nebst den erzielten Fortschritten bei den Bauarbeiten führen vor allem auch die seit dem Herbst 2008 klar definierten neuen politischen Randbedingungen zu dieser Beurteilung. Einer Eröffnung des Gotthard-Basistunnels 2017 und des Ceneri-Basistunnels 2019 steht aus heutiger Sicht nichts im Weg.

Seit dem 16. September 2008 ist der vom Parlament verabschiedete neue NEAT-Gesamtkredit in Kraft, welcher unter anderem die Finanzierung des Gotthard-Basistunnels, des Ceneri-Basistunnels und der zugehörigen übertägigen Neubaustrecken sicherstellt. Dank eines umfassenden, systematischen Risikomanagements konnte in der Frage der mutmaßlichen Endkosten und der verbleibenden Risiken Einigkeit zwischen dem Besteller und der AlpTransit Gotthard AG als Erstellerin gefunden werden.

Die vereinbarten übergeordneten Kosten- und Terminziele sind als sogenannte Fokusziele die Richtschnur für alle Projektbeteiligten, auch im Tagesgeschäft (Bild 1).

Dr. Renzo Simoni, Dr. sc. techn., Dipl.-Bauing. ETH, Vorsitzender der Geschäftsleitung, AlpTransit Gotthard AG, Luzern/CH

Gotthard-Basistunnel

Nachdem im Jahr 2007 nur 4.901 m Tunnelröhren erstellt wurden, waren es im Jahr 2008 total 16.958 m. Diese markante Steigerung ist auf die Leistungsvortriebe im Teilabschnitt Erstfeld und die dank günstigerer Baugrundverhältnisse erheblich verbesserten Vortriebsleistungen im Teilabschnitt Faido zurückzuführen.

Eine noch bessere Leistung wurde dadurch verhindert, dass im Teilabschnitt Sedrun ab Mai 2008 bis zum Jahresende eine ausgedehnte Störzone angefahren wurde. Deshalb konnten in der Ostrohre nur noch 126 m Tunnel vorgetrieben werden, was etwa der Leistung eines Monats bei ungestörten Verhältnissen entspricht. Nachfolgend werden die Vortriebsarbeiten der einzelnen Teilabschnitte genauer beschrieben.

Am Gotthard-Basistunnel wurden bis zum 1. April 2009

Focus on the Gotthard Axis

Dr. R. Simoni

Work on the new Gotthard Line is forging ahead according to plan. 2008 has been assessed both by the Bundesamt für Verkehr (BAV) as client as well as the NEAT supervisory delegation from the Swiss authorities as a highly successful year. In addition to the progress made in construction the clearly defined new political marginal conditions applied since the autumn of 2008 have led to this appraisal. As things are at present nothing is standing in the way of opening the Gotthard Base Tunnel in 2017 and the Ceneri Base Tunnel in 2019.

Since September 16th, 2008 the new total credit for NEAT (Trans-Alpine routes) passed by parliament has been in force. Among other things it assures the financing of the Gotthard Base Tunnel, the Ceneri Base Tunnel and related new routes running on the surface. Thanks to comprehensive, systematic risk management the issue of the likely final costs and the remaining risks could be resolved between the client and the AlpTransit Gotthard AG as contractor.

The agreed superordinated cost and scheduling targets as so-called focal targets are the guideline for all those involved in the project, also applying to day-to-day business (Fig. 1).

Gotthard Base Tunnel

After only 4,901 m of tunnel was completed in 2007 no less than 16,958 m was produced in 2008. This striking increase resulted from the start of the high-performance excava-

tions in the Erstfeld part-section and thanks to the considerably improved rates of advance due to more favourable subsurface conditions in the Faido part-section.

An even better performance was prevented by the fact that as from May 2008 up till the end of the year an extensive fault zone was encountered in the Sedrun part-section. As a consequence only 126 m of tunnel was driven in the eastern tube, something corresponding to a month's progress given undisturbed conditions. In the following the driving operations for the various part-sections are examined at length.

Up till April 1st, 2009, 129.3 km of tunnels, galleries and shafts, had been driven for the Gotthard Base Tunnel. In other words

Dr. Renzo Simoni, Dr. sc. techn., Dipl.-Bauing. ETH, CEO AlpTransit Gotthard AG, Lucerne/CH

129,3 km Tunnel, Stollen und Schächte ausgebrochen. Damit sind 84 % des Gesamtausbruchs von 153,3 km getätigt.

Nebst den Vortriebsarbeiten laufen die Betonarbeiten für das Innengewölbe programmgemäß. Die Einspurröhren in den Teilabschnitten Amsteg und Bodio sind praktisch fertig gestellt. Ab Ende 2009 sollen diese Bauobjekte in die Obhut des nachfolgenden Bahntechnikunternehmens übergehen (Bild 2). Der Bahntechnikneubau kann jedoch nur dann einwandfrei erfolgen, wenn auch die sogenannte Rohbau-Ausrüstung des Tunnels vorgängig montiert ist. Dabei handelt es sich um Elemente wie Türen und Tore (Bild 3), Lüftungseinrichtungen, Doppelböden etc. Der Einbau dieser Elemente startete in den Teilabschnitten Bodio und Amsteg im Herbst 2008 und beginnt in Kürze im Teilabschnitt Sedrun (Bild 4).

Ceneri-Basistunnel

Am Ceneri-Basistunnel laufen die Bauarbeiten mittlerweile an allen 3 Hauptarbeitsstellen, nämlich am Südportal in Vezia, beim Zwischenangriff in Sigirino und am Nordportal in Vigana. Alle 3 Baustellen



1 Fokuziele der AlpTransit Gotthard AG: 11,7 Mrd. CHF Endkosten Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels 2017 und des Ceneri-Basistunnels 2019

1 Focal points for the AlpTransit AG: Final costs of CHF 11.7 bill. Opening of the Gotthard Base Tunnel 2017 and the Ceneri Base Tunnel 2019

weisen spezielle Herausforderungen auf. Das Südportal ist eingezwängt in eine bebaute und empfindliche Umgebung in den Vororten von Lugano. Zudem wird ein Straßentunnel mit wenigen Metern Überdeckung überquert.

In Sigirino ist der Zugangsstollen vollständig ausgebrochen. Im Hinblick auf die Hauptvortriebe, welche ab 2010 vom Fußpunkt des Stollens aus in nördlicher und in südlicher Richtung starten sollen, werden derzeit die notwendigen Kavernen für die untertägigen Installationen aus-

84 % of the total excavation of 153.3 km has been executed.

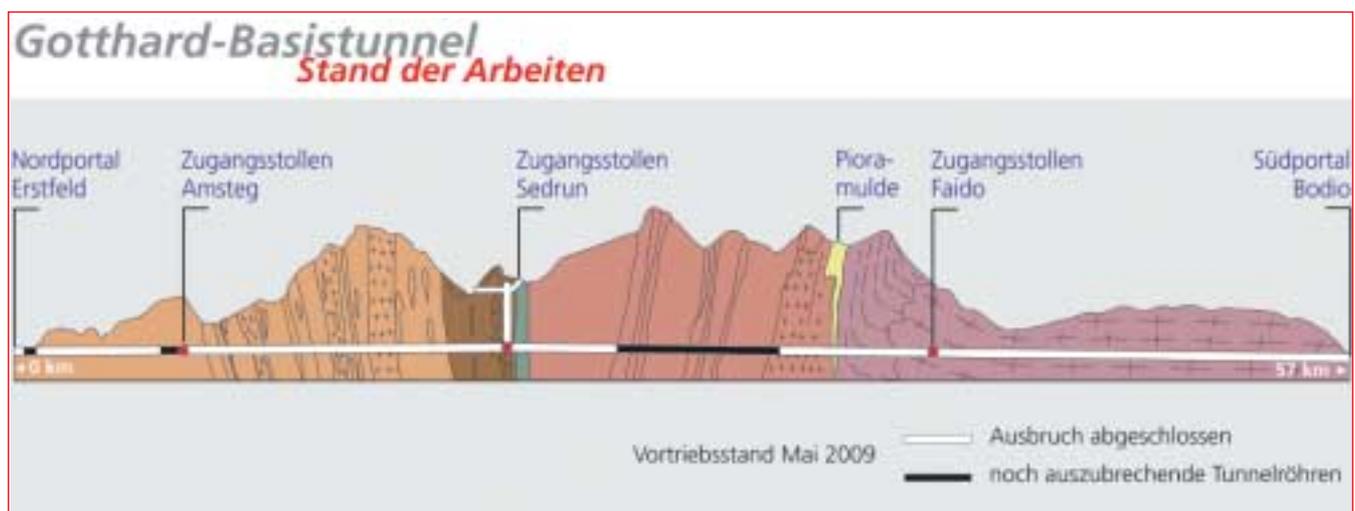
In addition to the driving operations the concreting work for the inner vault are running according to schedule. The single-track tubes in the Amsteg and Bodio part-sections have almost been completed. As from the end of 2009 these sections will be handed over to the contractors responsible for the rail technology (Fig. 2). However, the rail technology can only be properly installed providing that the tunnel's so-called roughwork furnishing has been accomplished beforehand. This applies

to element such as doors and gates (Fig. 3), ventilation systems, double floors etc. Work on installing these elements began in autumn 2008 in the Bodio and Amsteg part-sections and is due to start shortly in the Sedrun part-section (Fig. 4).

Ceneri Base Tunnel

In the meantime construction is forging ahead on the Ceneri Base Tunnel at all 3 main sites, namely at the south portal in Vezia, the intermediate point of attack at Sigirino and at the north portal in Vigana. All 3 construction sites represent special challenges. The south portal is constricted in a built-up and susceptible district on the suburbs of Lugano. Furthermore a road tunnel has to be crossed with only a few metres of overburden to spare.

In Sigirino the access tunnel has been completely excavated. As far as the main drives are concerned, which are scheduled to start in 2010 from the bottom point of the tunnel towards the north and south, the chambers needed for the underground installations are currently being excavated. In addition the systems for logistics, material preparation and stor-



2 Stand der Arbeiten am Gotthard-Basistunnel

2 Stage reached by work at the Gotthard Base Tunnel

gebrochen. Im Weiteren befinden sich hier die Anlagen für Logistik, Materialaufbereitung sowie -ablagerung im Aufbau.

Am Nordportal haben die Arbeiten zur Unterquerung der Autobahn A2 begonnen. Auch hier handelt es sich um äußerst anspruchsvolle Arbeiten, da eine beim Autobahnbau erstellte Schüttung mit wenigen Metern Überdeckung bergmännisch durchfahren werden muss (Bild 5).

Termine

Die Inbetriebsetzung des Gotthard-Basistunnels wird per Ende 2017 prognostiziert. Ende 2006 und Ende 2008 hat die AlpTransit Gotthard AG die Szenarien des Hauptdurchschlags am Gotthard-Basistunnel von der Ingenieurgesellschaft Gotthard-Basistunnel Süd eingehend analysieren lassen (Bild 6).

Dank dem Wegfall erheblicher Restrisiken aus dem Baugrund hat sich die Prognosegenauigkeit per Ende 2008 erheblich erhöht. Per Ende 2006 wurde der Hauptdurchschlag auf August 2011 bei km 128,9 prognostiziert. Die Prognosebandbreite betrug ca. ± 2.2 km in der Distanz und -18 bzw. $+32$ Monate bezogen auf den Durchschlagszeitpunkt.

Die Studie per Ende 2008 prognostiziert den letzten Durchschlag per Februar 2011 bei km 127,5, also rd. 1,4 km weiter nördlich als vor 2 Jahren ermittelt. Die Streubreite schrumpfte auf $-0.7/+1.4$ km in der Distanz und auf $-4/+9$ Monate bezogen auf den Termin (Bild 7).

Ursache für diese Verschiebungen sind die aktualisierte Beurteilung der Baugrundrisiken, aber auch Bestellungsänderungen im Teilabschnitt Faido, welche zu einer Beschleunigung des TBM-Vor-



3 Einbau der Querschlagstüren im Abschnitt Amsteg

3 Installing the cross-passage doors in the Amsteg contract section



4 Innenausbau der Tunnelverzweigung in der Multifunktionsstelle Sedrun

4 Inner furnishing of the tunnel fork in the Sedrun Multi-Function Station



5 Unterquerung der Autobahn A2 in Vigana, Voreinschnitt

5 Undercutting the A2 motorway at Vigana, approach cutting

triebs führen (Reduktion der Voraussondierungsmaßnahmen in der zeitkritischen zweiten Tunnelröhre).

Am Ceneri-Basistunnel sollen die Hauptarbeiten im Sommer 2009 vergeben werden

age are also being set up here.

At the north portal the work designed to undercut the A2 motorway has started. This also represents an extremely tricky operation as a slope with only a

few metres of overburden created when the motorway was being built has to be penetrated by mining means (Fig. 5).

Deadlines

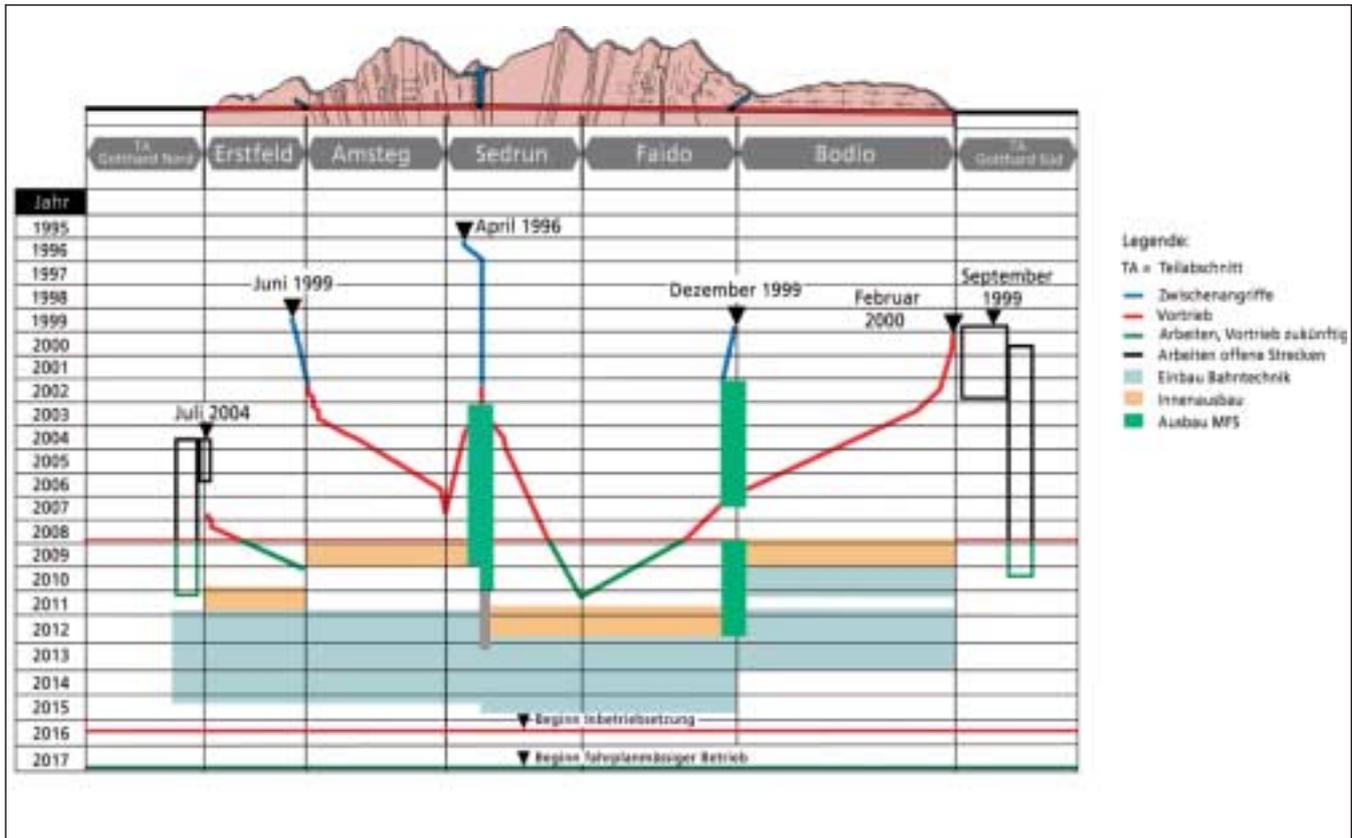
The Gotthard Base Tunnel is scheduled to open at the end of 2017. At the end of 2006 and 2008 the AlpTransit Gotthard AG had the scenarios for the main breakthrough at the Gotthard Base Tunnel extensively analysed by the Ingenieurgesellschaft Gotthard-Basistunnel Süd (Fig. 6).

Thanks to the elimination of substantial residual risks pertaining to the subsurface the accuracy of the prognosis considerably increased at the end of 2008. At the end of 2006 the main breakthrough was predicted for August 2011 at km 128.9. The range of the prognosis amounted to roughly ± 2.2 km in distance and -18 to $+32$ months with respect to the point in time for the breakthrough.

The study at the end of 2008 forecasts the final breakthrough to occur in February 2011 at km 127.5 in other words 1.4 km further to the north than determined 2 years previously. The spread diminished to $-0.7/+1.4$ km regarding distance and to $-4/+9$ months with respect to the deadline (Fig. 7).

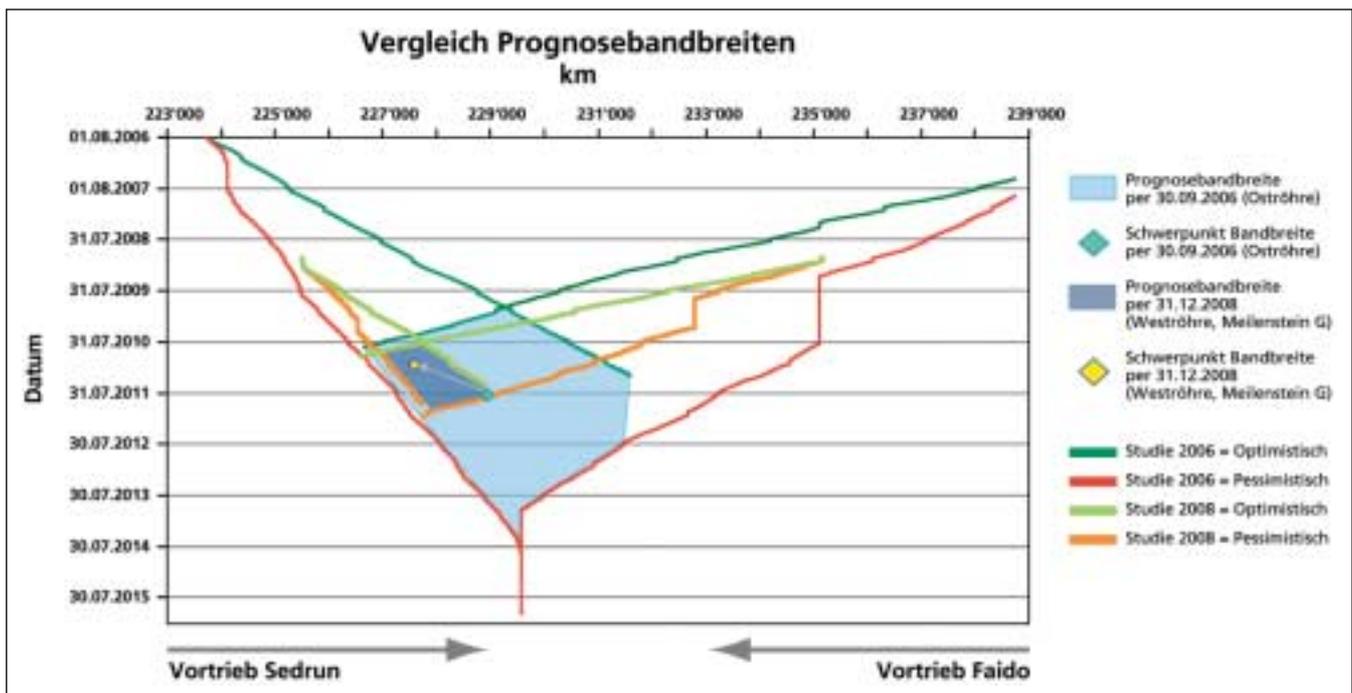
The reason for these corrections relates to the updated assessment of the subsurface risks as well as changes affecting orders in the Faido part-section, which have led to the TBM drives being speeded up (reduction of the advance exploratory measures in the time-bound second tunnel tube).

The main construction work for the Ceneri Base Tunnel is to be awarded in summer 2009 so that driving operations can commence in mid-2010. The tunnel is due to be opened at the end of 2019.



6 Terminprogramm Gotthard-Basistunnel

6 Scheduling programme for the Gotthard Base Tunnel



7 Vergleich der Prognosen des Hauptdurchschlags am Gotthard-Basistunnel per Ende 2006 und per Ende 2008 (inkl. Streubreiten)

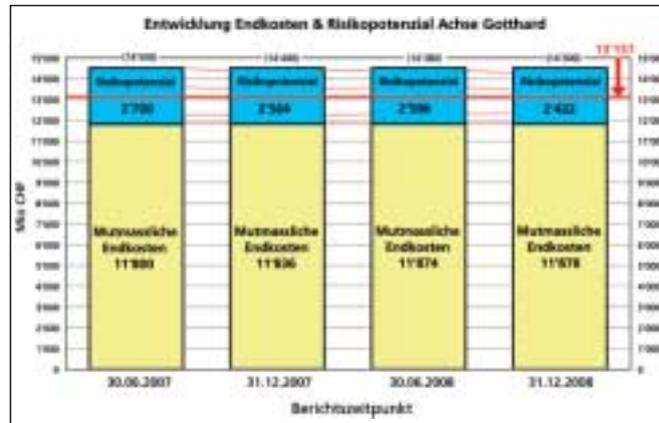
7 Comparison of the forecasts for the main breakthrough at the Gotthard Base Tunnel at the end of 2006 and end of 2008 (incl. spreads)

um mit den Vortriebsarbeiten ab Mitte 2010 zu starten. Die Inbetriebsetzung ist per Ende 2019 prognostiziert.

Kosten

Die Kosten- und Risikosituation wird von der AlpTransit Gotthard AG quartalsweise über die ganze Achse beurteilt. Die mutmaßlichen Projektkosten beliefen sich im Sommer 2007 auf Basis einer umfassenden Neubeurteilung auf CHF 11,8 Mrd. (Achse Gotthard, Preisbasis 1998). Die Summe der quantifizierten Risiken betrug 2,7 Mrd. CHF.

Per Ende 2008 wurden die mutmaßlichen Endkosten auf ca. 11,9 Mrd. CHF geschätzt. Die quantifizierten Risiken



8 Kostenentwicklung der Gotthard-Achse seit 2007

8 Cost development for the Gotthard Axis since 2007

konnten wegen des Wegfalls erheblicher Baugrundrisiken mittlerweile um 0,3 Mrd. CHF auf 2,4 Mrd. CHF reduziert werden (Bild 8).

Costs

The cost and risk situation is assessed by the AlpTransit Gotthard AG along the entire

axis on a quarterly basis. In summer 2007 the probable project costs amounted to CHF 11.8 bill. (Gotthard Axis, price basis 1998) on the basis of a comprehensive new assessment. The sum of quantifiable risks amounted to CHF 2.7 bill.

At the end of 2008 the probable final costs were estimated at around CHF 11.9 bill. In the meantime the quantifiable risks could be reduced by CHF 0.3 bill. to CHF 2.4 bill. after the elimination of substantial subsurface risks (Fig. 8).

Vortriebsarbeiten

Teilabschnitt Erstfeld: Erfolgreicher Vortrieb

S. Gielchen

Im April und Juni 2008 konnte die Installationsphase für die Tunnelbohrmaschinen (TBM) abgeschlossen und die Leistungsvortriebe in beiden Röhren aufgenommen werden (Bild 9). Bis Ende März 2009 sind im Tunnel Ost rd. 6.100 m (86 %) bei einer durchschnittlichen Tagesleistung von über 18 m/AT aufgeföhren worden. Der Durchschlag zum benachbarten Teilabschnitt Amsteg erfolgt noch vor dem Sommerunterbruch 2009 (Bild 10).

Im Tunnel West konnten bei einer durchschnittlichen Tages-

leistung von 17 m/AT bis Ende März 2009 4.700 m (66 %) Vortrieb erreicht werden. Die sehr guten Vortriebsleistungen, welche erheblich über den Projektannahmen liegen, wurden trotz eines Bergwasseranfalls von insgesamt über 200 l/sec (aus beiden Röhren, gemessen am Portal, inkl. Prozesswasser) beibehalten.

Der Ausbruch der Querschläge folgt dem Vortrieb der TBM kontinuierlich. Im März 2009 wurde mit dem Sprengvortrieb des Verzweigungsbauwerkes Ost für die künft-

Driving Operations

Erstfeld Part-Section: successful Excavation

S. Gielchen

In April and June 2008 the installation phase for the tunnel boring machines (TBMs) was concluded and the high-performance drives started in the 2 tubes (Fig. 9). By the end of March 2009, 6,100 m (86 %) had been driven in the eastern tunnel given an average daily rate of advance of in excess of 18 m/working day. The breakthrough into the neighbouring Amsteg part-section is due to take place prior to the 2009 summer break (Fig. 10).

In the western tunnel 4,700 m (66 %) had been driven

by the end of March 2009 given an average daily rate of advance of 17 m/working day. The extremely good rates of progress, which are considerably in excess of the scheduled ones, were maintained in spite of ingressing underground water of altogether more than 200 l/sec (from both tubes, measured at the portal including process water).

The excavation of the cross-passages continuously followed up the TBM drive. In March 2009 drill+blast operations commenced on the eastern



Stefan Gielchen, Dipl.-Ing.
Bergbau, AlpTransit Gotthard
AG, Oberbauleiter Erstfeld/
Amsteg, CH

9 Übersicht Erstfeld

9 Overview Erstfeld



10 TBM-Vortrieb Erstfeld

10 Erstfeld TBM drive

tige unterirdische Verbindung zum geplanten Axentunnel begonnen.

Beim Tagbautunnel am Nordportal des Gotthard-Basistunnels sind zwischenzeitlich in der Oströhre 220 m

von 600 m und in der Weströhre 170 m von 558 m betonierte. In einem Takt von 2–3 Wochen wurden Gewölbeelemente mit Betonkubaturen bis zu 500 m³ erstellt (Bild 11). 



11 Erstfeld mit InfoCenter und Tagbautunnel im Hintergrund

11 Erstfeld with InfoCenter and cut-and-cover tunnel in the background

branch structure for the future underground link to the planned Axen Tunnel.

With regard to the cut-and-cover tunnel at the Gotthard Base Tunnel's north portal in the interim 220 of 600 m has been

concreted in the eastern tube and 170 of 558 m in the western one. In a 2–3 week cycle, vault elements were produced involving volumes of concrete of up to 500 m³. 

Teilabschnitt Sedrun: Vortrieb in ausgedehnter Störzone – Vorauserkundungskonzept

H. Höfle

Im Tunnelabschnitt zwischen Faido und Sedrun laufen gegenwärtig die Vortriebsarbeiten beider Tunnelröhren – einerseits als TBM-Vortrieb von der Seite Faido, andererseits als konventioneller Vortrieb von der Seite Sedrun – aufeinander zu.

Gegen Ende des Jahres 2010 bzw. Anfang des Jahres 2011 sollen beide Vortriebe den Hauptdurchschlag des Gotthard-Basistunnels vollziehen. Dieser Meilenstein im Gesamtterminprogramm zur Verwirklichung des Tunnels markiert gleichzeitig das Ende der Ausbruch- und Sicherungsarbeiten des gesamten über 153 km langen Tunnel-systems.

Der Abschnitt zwischen der Piora-Mulde auf der Seite von Faido und dem südlichen Ende der Multifunktionsstelle Sedrun weist hohe Gebirgsüberlagerungen bis zu maximal 2.470 m auf. Es war deshalb in der Projektentwicklungsphase nicht möglich, mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand vorab eine umfassende Baugrunderkundung durchzuführen. Damit ist die Prognosegenauigkeit im Quervergleich zu den durch Sondierbohrungen aufgeschlossenen

Abschnitten geringer und es verbleiben dementsprechend höhere Restrisiken.

Ein Beispiel für das Auftreten eines solchen Restrisikos ist die im Mai 2009 in der Oströhre und später in der Weströhre angetroffene Störzone. Etwa bei km 125,3 wurde gemäss der geologischen Prognose eine Störzone mit einer Ausdehnungslänge von 5–10 m prognostiziert. Wie sich nach der Durchörterung herausstellte, wies die Störzone eine tatsächliche Länge von etwa 150 m auf. Deren für den Tunnelvortrieb ungünstiges Verhalten ent-

Sedrun Part-Section: Excavation in extensive Fault Zone – Advance Exploration Concept

H. Höfle

Currently the driving operations for both tubes are running to meet each other in the tunnel section between Faido and Sedrun – on the one hand as a TBM drive from the Faido side, on the other as a conventional excavation from the Sedrun side.

At the end of 2010 or the beginning of 2011 both drives are scheduled to execute the main breakthrough for the Gotthard Base Tunnel. This milestone in the overall scheduling programme for the realisation of the tunnel at the same time marks the end of the excavation and supporting work for the en-

tire more than 153 km long system of tunnels.

The section between the Piora Basin at the Faido side and the southern end of the Sedrun Multi-Function Station possesses massive rock overburdens of up to a maximum of 2,470 m. As a result it was not possible during the project development phase to undertake extensive subsurface exploration in advance at an acceptable cost. Consequently the prognosis accuracy is lower than those for the sections where exploratory drilling was carried out so that accordingly high residual risks remain.



12 Linienführung Sedrun

12 Sedrun route alignment

Hartmuth Höfle, Dipl.-Bauing.
AlpTransit Gotthard AG,
Abschnittsleiter GBT Mitte,
Luzern/CH

Dipl.-Bauing. Hartmut Höfle,
AlpTransit Gotthard AG,
Section Manager, GBT Mitte,
Lucerne/CH

wickelte sich erst etwa 20 m hinter der Ortsbrust. Es zeigte sich, dass das Gebirge extrem zerschert sowie kakiritisiert war und sich äusserst druckhaft verhielt. Der eingebrachte nachgiebige Sicherungsverbau bestand aus einschiebbaren Ausbaubögen im Längsabstand von 1 m, Selbstbohr-Injektionsankern kombiniert mit starker Ortsbrustsicherung aus Stahlfaser-Spritzbeton, sich übergreifenden 12 m langen Horizontalankern und voraus-eilenden Spiessschirmen in der Kalotte. Trotzdem traten radiale Verformungen nach innen von bis zu 90 cm auf. Nach dem Abklingen der Verformungsgeschwindigkeit – etwa 30 m hinter der Ortsbrust – wurde der endgültige Sicherungsspritzbeton in einer Dicke von 25 cm aufgetragen. Damit war zunächst das Gebirge im Nahbereich um den Tunnel herum in ausreichendem Maße entspannt und die Hohlraumverengung gestoppt.

Um in allen Situationen einen sicheren Vortrieb zu ermöglichen ist während der Vortriebsarbeiten die regelmäßige und lückenlose Vorauskundung des vor der Ortsbrust anstehenden Baugrundes unabdingbar.

Zwischen Sedrun und Faido werden die Bogenstaumauern Val Nalps und Santa Maria mit den Tunnelröhren in teilweise geringem seitlichem Abstand unterfahren. Beobachtungen und frühere Ereignisse haben gezeigt, dass es notwendig ist die Auswirkungen auf die Bergwasserverhältnisse durch die Tunnelvortriebe im Einflussgebiet von Staumauern gering zu halten. Durch den Tunnelvortrieb entspannen sich die Gebirgswasserdrücke von bis zu 170 bar. Verbunden mit der unvermeidbaren Entwässerung in der Umgebung der Tunnelröhren führt dies trotz der vorhandenen hohen Ge-



13 Bohreinrichtung in Sedrun mit Standrohr, Preventer und Absperrorgan
13 Drilling unit in Sedrun with standpipe, preventer and shut-off valve

birgsüberlagerungen zu messbaren Oberflächenverformungen. Diese sind wegen der generellen Empfindlichkeit von Bogenstaumauern gegenüber Bewegungen der Widerlager zu begrenzen um Schäden an der Mauerstruktur zu vermeiden (Bild 12).

Für die Festlegung der geeigneten Maßnahmen ist es somit erforderlich, die Gebirgs- und Bergwasserverhältnisse im Einflussbereich der Staumauern systematisch von der Ortsbrust aus mittels Kernbohrungen und nachfolgender Bohrlochtests zu erkunden. Die Bohreinrichtungen für diesen Zweck sind mit Standrohr, Preventer und Absperrorgan versehen, um auch bei hohen Wasserdrücken ein gefahrloses Verschliessen der Bohrröhre im Gefährdungsfall zu ermöglichen. Die Länge des einzementierten Standrohres wird jeweils auf den zu erwartenden Gebirgswasserdruck angepasst und mit dem Erfahrungswert 12 bar Druckabbau je laufenden Meter Standrohr bestimmt. Bei grösseren Wasserzuflüssen, die zu einer Störung des Bergwasserhaushalts führen, sind Maßnahmen zur Abdichtung bzw. zur Reduktion der Bergwasser-Durchlässigkeit mittels Abdichtungsinjektionen in der

An example for the occurrence of a residual risk of this nature is provided by the fault zone, which was encountered in the eastern tube in May 2009 and subsequently in the western one. At roughly km 125.3 a fault zone some 5-10 m in extent was forecast in accordance with the geological prognosis. As things emerged once this zone was penetrated its actual length was roughly 150 m. Its unfavourable effect on the tunnel excavation first developed some 20 m behind the face. It was revealed that the rock was extremely broken up and worn quite apart from revealing highly squeezing behaviour. The installed yielding safety supports consisted of retractable arches at 1 m gaps, automatic grouting anchors combined with strong face supports comprising steel fibre shotcrete, overlapping 12 m long horizontal anchors and advance pipe umbrellas in the crown. Notwithstanding radial deformations of up to 90 cm occurred towards the inside. After the speed of the deformations dropped – roughly 30 m behind the face – the final lining shotcrete was placed with a thickness of 25 cm. In this way the rock surrounding the tunnel relaxed to a sufficient degree and constriction of the cavity stopped.

In order to facilitate a safe drive in all situations regular and complete advance exploration of the subsurface in front of the face is essential.

Between Sedrun and Faido the Val Napa and Santa Maria arch dams are undercut laterally by the tunnel tubes in some cases only a short distance away. Observations and earlier incidents have shown that it is essential to minimise the effects of tunnel drives on the underground water conditions in the proximity of dams. Rock water pressures of up to 170 bar relax as a result of a tunnel excavation. In conjunction with the inevitable dewatering in the vicinity of the tunnel tubes this leads to measurable surface deformations in spite of the high rock overburdens that prevail. These have to be restricted on account of the general sensibility of arch dams to movements of the abutments in order to avoid damage to the wall structure (Fig. 12).

As a result it is necessary for determining suitable measures to explore the rock and groundwater conditions in the sphere of influence of dams systematically from the face by means of core drilling and follow-up drill-hole tests. The drilling units used for this purpose are equipped with standpipe, preventer and shut-off valve in order to facilitate the drill holes to be closed without any risk even in case of danger if high water pressures are prevalent. The length of the installed standpipe is always adjusted to the anticipated rock water pressure and determined with the reference value of a 12 bar drop in pressure per running metre of standpipe. In the case of larger amounts of inflowing water, which lead to the underground water resources being disturbed, measures devised to seal or reduce the underground water permeability by means of grouting around

Umgebung des Tunnels vorgesehen (Bild 13).

In weniger sensiblen Tunnelbereichen sowie in der im Ausbruch räumlich jeweils nachteiligen Kernbohrung ist anstelle der Kernbohrungen eine Vorauserkundung mittels Schlagbohrung vorgesehen (Bild 14). Bei beiden Bohrmethoden ist immer die Gewährleistung der Arbeitssicherheit der im Tunnel beschäftigten Mitarbeiter ein wichtiges Erkundungsziel; grosse Wassereinbrüche müssen durch rechtzeitiges Erkennen einer Gefährdung für Personen und Bauwerke vermieden werden. Dies ist bis zum heutigen Tag gelungen. Die sich in Bohrrichtung jeweils mit etwa 20 m überlappenden Bohrungen ergeben einen fortlaufenden Aufschluss, der vom begleitenden Geologen- und Geotechnikerteam im Hinblick auf die zu erwartenden Risiken und Gefährdungsbilder fortlaufend interpretiert wird und die entsprechenden Gegenmassnahmen auslöst.

Eine zuverlässige Vorauserkundung ist bei derart ungünstigen Baugrundverhältnissen aus mehreren Gründen von erheblichem Interesse:

- Voraussage der zu erwartenden Gebirgswasserhältnisse bezüglich Mengen und Druck
- Voraussage über das zu erwartende Gestein, dessen Trennflächengefüge und Wasserdurchlässigkeit und daraus
- Ermittlung von Einflüssen auf die Arbeitssicherheit vor Ort
- Vorausberechnung von Einflüssen auf die Staumauern
- richtige Auswahl und Disposition von Ausbruchgeometrien und Sicherungsmitteln
- Planung und Vorbereitung notwendiger Injektionskampagnen
- Zusammensetzung des Bohrguts im Hinblick auf die Verwertbarkeit des Ausbruchmaterials



14 Vorauserkundung mittels Schlagbohrung im Teilabschnitt Sedrun

14 Advance exploration using percussion drilling in the Sedrun part-section

■ Bauzeitermittlungen.

Die Ausführungszeit einer Vorauserkundungsbohrung als Kernbohrung, beginnend mit der Installation des Bohrgerätes vor Ort, Bohren und Zementieren des Standrohrs, Abpressversuch, Preventermontage, Durchführung der Bohrung mit Kerngewinn, abschliessenden Hydrotests, Auslaufversuchen und Rückbau der Bohreinrichtung beträgt im Mittel ca. 1 Bohrmeter je Stunde. Eine angestrebte Erkundungslänge von ca. 250 m erfordert somit einen Zeitaufwand von 11 Tagen, was gleichbedeutend mit 11 Tagen Vortriebsstillstand ist.

Bei geringeren Anforderungen an die Erkundungsqualität kommt eine Schlagbohrung zur Anwendung, deren optimal erzielbare Bohrlänge etwa 80 lfd. m beträgt. Der gesamte Zeitaufwand für eine Erkundungslänge von 250 lfd. m beträgt lediglich etwa 5 Tage. Es ist also für Bauzeit- und Kostenermittlung von wesentlicher Bedeutung, dass das erwartete Erkundungsergebnis vor Ausführung einer Bohrung klar festgelegt wird. 

the tunnel are foreseen (Fig. 13).

In less sensitive tunnel sectors as well as for the tunnel tube that is following up the other, advance exploration using percussion drilling is foreseen rather than core drilling (!Fig. 14). Occupational safety of the labour force working in the tunnel that has to be assured in the case of both methods represents an essential exploratory target; major inbursts of water have to be avoided promptly by identifying any danger for man and machine. This has been successful right up until the present. The drill holes that overlap by some 20 m in the direction of drilling provide continuous data, which are constantly interpreted by the accompanying team of geologists and geotechnicians with regard to the expected risks and danger patterns and trigger the appropriate countermeasures.

Reliable advance exploration is of considerable interest for a number of reasons given such unfavourable ground conditions:

- Prediction of the anticipated rock water conditions relating to amounts and pressure
- Prediction of the expected rock, its cleavage plane structure and water permeability and in turn

- Establishing influences on industrial safety on the spot
- Prior calculation of influences on the dam walls
- The correct selection and disposition of excavation geometries and supporting means
- Planning and preparation of necessary grouting campaigns
- Composition of the drilled material regarding the usability of the excavated material
- Determining construction times.

The execution time for advance exploration drilling in the form of core drilling beginning with the installation of the drilling unit on the spot, drilling and cementing the standpipe, hydrostatic test, assembly of the preventer, execution of the drilling with core sample, subsequent hydro tests, coast-down tests and retrieval of the drilling unit amounts on average to approx. 1 drilled metre per hour. In other words an aspired exploration length of around 250 m thus requires a time period of 11 days, something which also denotes the drive standing still for 11 days.

Given lower requirements on the exploration quality percussion drilling is applied, which has an optimal attainable drilling length of some 80 running metres. The overall amount of time required for a 250 m exploration length only amounts to some 5 days. In other words it is of considerable importance both for determining the construction time and costs that the expected exploration result is clearly determined prior to the execution of drilling. 

Erfolgreiche Durchörterung der Piora-Mulde im Teilabschnitt Faido

S. Flury, A. Priller

Nach Beendigung der Sprengarbeiten in der Multifunktionsstelle (MFS) Faido konnte im Juli 2007 die Tunnelbohrmaschine Ost und im September 2007 die TBM West den Vortrieb ab der MFS Faido Richtung Sedrun aufnehmen. Seither wurden in der Oströhre rd. 6.000 m und in der Weströhre rd. 5.100 m Tunnel aufgeföhren (Stand Ende Mai 2009). Dies entspricht mittleren Vortriebsleistungen von rd. 10 m pro Arbeitstag. Diese für den TBM-Vortrieb niedrigen Werte röhren daher, dass nach dem Start der beiden TBM auf einer Länge von ca. 1.100 m horizontal geschieferte Lucomagno-Gneise mit einem teilweise hohen Glimmeranteil durchgeföhren werden mussten. Dieser Felstyp neigte zu großen Deformationen am Ausbruchrand, was einen entsprechenden hohen Sicherungsaufwand mittels Stahleinbau, Anker und Spritzbeton zur Folge hatte. Dieser hohe Sicherungsaufwand erlaubte sowohl in der Ost- wie auch in der Weströhre Leistungen von nur 6 m pro Tag (Bild 15). Nach dem

Durchfahren der Chièra-Synform (einer Faltenachse) steht die Schieferung steil, und das bautechnische Verhalten des Gebirges hat sich wesentlich verbessert. Seither erfolgt der Vortrieb mit mittleren Leistungen von 15 m pro Arbeitstag bei einer Gebirgsüberlagerung von rd. 2.000 m und einer Felstemperatur von 42 °C.

Nach intensiven Vorbereitungsmaßnahmen konnte im Oktober 2008 und im Januar 2009 die berühmt-berühmte Piora-Mulde ohne größere Probleme erfolgreich durchfahren werden. Ein großer Meilenstein für die Realisierung des Gotthard-Basistunnels wurde erfolgreich gemeistert.

Vorgängige Erkundung der Piora-Mulde

Um den Bau des Gotthard-Basistunnels bestand bereits seit Jahrzehnten ein Expertenstreit unter Geologen und Ingenieuren. Diese stellten den Bau des Tunnels wegen kaum zu bewältigender Störzonen – unter anderem die heute auch schon gemeisterte Clavaniev-Zone im Tavetscher-Zwischenmassiv Nord und die Piora-Mulde – in Frage.

Im Zeitraum von 1993 bis 1998 wurde die Piora-Mulde mittels eines Sondiersystems erkundet. Mit einer Tunnelbohrmaschine wurde ab Faido ein 5,5 km langer Erkundungsstollen, der sich 350 m oberhalb des zukünftigen

Successful Penetration of the Piora Basin in the Faido Part-Section

S. Flury, A. Priller

After completion of blasting operations in the Faido Multifunction Station (MFS) the tunnel boring machine East was able to begin driving from the Faido MFS towards Sedrun in July 2007 with the same applying to the tunnel boring machine West in September of the same year. Since then approx. 6,000 m of tunnel has been driven in the eastern tube and approx. 5,100 m in the western one (as of end-May 2009). This corresponds to average rates of advance of roughly 10 m per working day. These low values for the TBM excavation can be attributed to the fact that after starting up, the 2 TBMs had to pass through horizontally layered Lucomagno gneisses with an in part high proportion of mica over an approx. 1,100 m length. This type of rock tended to produce large deformations on the periphery of the excavation, something that called for a high amount of supporting requiring the installation of steel, anchors and shotcrete. This high degree of supporting meant that rates of only 6 m per day were possible both in the eastern as well as the western tube (Fig. 15). After passing through the Chièra Synform (a fold axis) the schistosity is steeply inclined and the technical behaviour of the rock has considerably improved in constructional terms. Since then the drive has taken place with average rates of progress amounting to 15 m per working day given rock overburden of some 2,000 m and 42 °C rock temperature.

Following intensive preparatory measures the notorious Piora Basin was penetrated successfully without any major problems in October 2008 and in January 2009. A major milestone in accomplishing the Gotthard Base Tunnel was thus successfully mastered.

Prior Exploration of the Piora Basin

For decades a dispute has been rife among geologists and engineers relating to the building of the Gotthard Base Tunnel. Its accomplishment was questioned on account of fault zones that could scarcely be mastered – including the Clavaniev Zone in the Tavetsch Intermediate Massif North, which today has been successfully negotiated – and the Piora Basin.

During the period from 1993 to 1998 the Piora Basin was investigated using an exploratory system. A 5.5 km long exploratory tunnel was excavated from Faido with a tunnel boring machine, which was located some 350 m above the future Base Tunnel. At the end of March 1996 a core drilling for the

Stefan Flury, Dipl.-Ing., ETH/SIA, AlpTransit Gotthard AG, Abschnittsleiter GBT Süd, Luzern/CH
Anton Priller, Dipl.-Ing., AlpTransit Gotthard AG, Oberbauleiter Faido/Bodio, Faido/CH

Dipl.-Ing. Stefan Flury, AlpTransit Gotthard AG, Section Manager GBT Süd, Lucerne/CH
Dipl.-Ing. Anton Priller, AlpTransit Gotthard AG, Senior Manager Faido/Bodio, Faido/CH

tigen Basistunnels befand, vortrieben. Ende März 1996 traf eine Kernbohrung erstmals auf die vermutete Piora-Mulde mit zuckerkörnigem Dolomit unter hohem Wasserdruck.

Wegen einer fehlerhaften Manipulation an der Preventeranlage flossen innerhalb von 3 Stunden rd. 1.400 m³ zuckerkörnigem Dolomit und Wasser aus dem Bohrloch mit einem Durchmesser von 10 cm in den Sondierstollen und ins Freie. Die Tunnelbohrmaschine musste daraufhin demontiert und aus dem Stollen transportiert werden.

Vom Sondierstollen aus wurden anschließend insgesamt 19 Sondierbohrungen von total 7.000 m Länge in die Piora-Mulde abgeteuft (Bild 16). Davon reichten 5 Bohrungen bis auf das Niveau des Basistunnels. Zur Überraschung aller bestand das Gestein auf Niveau des Basistunnels aus hartem Dolomit-Anhydrit ohne Wasser. Umfangreiche Laboruntersuchungen der Bohrkerne ergaben, dass es sich bei der gefundenen karbonatisch-sulfatischen Trias um ein Gestein mit relativ guten felsmechanischen Kennwerten handelt.

Die Erkenntnisse aus den damaligen Sondierungen flossen in das Bauprojekt 1999 des Gotthard-Basistunnels und damit auch in den Werkvertrag für das Baulos Faido ein.

Trotz der guten Erkenntnisse aus dem Sondiersystem wurde im September 2008 die vorausseilende TBM Ost kurz vor der Piora-Zone angehalten, um mittels einer 284 m langen Kernbohrung weitere Erkenntnisse zur genauen Bestimmung der Lage der geologischen/geotechnischen Ausbildung der Piora-Mulde zu gewinnen. Übergeordnetes Ziel dieser Bohrung war eine detaillierte Vorbereitung, um die



15 Hoher Sicherheitsaufwand in den Lucomagno-Gneisen

15 High degree of supporting in the Lucomagno Gneiss

Auswirkung allfälliger Gefährdungen möglichst klein zu halten. Schon Monate vor dem Erreichen der Piora-Mulde wurde ein Maßnahmenplan erarbeitet. Dieser Maßnahmenplan sollte neben der Personensicherheit dazu beitragen, die negativen Auswirkungen von ausserordentlichen Verhältnissen auf Bauzeit und Baukosten zu minimieren.

Geologische Verhältnisse

Die im September 2008 mit etwa 10° Grad Steigung über dem Bohrkopf angesetzte Kernbohrung bestätigte die Ergebnisse aus der Sondierkampagne der 1990er Jahre. Auf Tunnelniveau ist der Fels in einem festen Zustand und es ist kein Wasser anzutreffen. Aus den Sondierbohrungen ergab sich folgender geologischer Aufbau der Piora-Zone auf Tunnelniveau:

1. ca. 10 m lange Quartenseerie, welche den Charakter einer Störzone aufweisen kann
2. Daran anschließend folgt die ca. 120 m lange karbonatisch-sulfatische Trias, die aus einer Wechsellagerung von festen Dolomit-Anhydrit-Gesteinen besteht. Ca. 250 m über Tunnelniveau besteht diese Zone aus dem gefürchteten

first time encountered the Piora Basin with sugar-like Dolomite subject to high water pressure.

On account of faulty operation of the preventer unit some 1,400 m³ of sugar-form Dolomite and water flowed out of the 10 cm diameter drill hole into the exploratory tunnel and out into the open within the space of 3 h. Subsequently the tunnel boring machine was dismantled and removed from the tunnel.

Thereafter a total of 19 exploratory drillings with a total length of 7,000 m were undertaken from the tunnel into the Piora Basin (Fig. 16). Five of these drill holes extended down to the depth of the Base Tunnel. To everyone's surprise the rock at Base Tunnel level consisted of hard Dolomite anhydrite without water. Extensive lab tests of the core samples revealed that the carbonatic-sulphatic Trias that had been discovered represented a rock with relatively good rock mechanical properties.

The findings gained from the explorations executed at that time were incorporated in the Gotthard Base Tunnel project in 1999 and in turn in the works contract for the Faido contract section.

In spite of these good findings obtained from the explora-

tion system the advance TBM East was halted shortly before the Piora Zone in September 2008 so that further investigations could establish the exact geological/geotechnical position of the Piora Basin by means of a 284 m long core drilling. The superordinated target of this drill hole was to provide detailed preparation in order to minimise the effects of possible dangers as much as possible. A category of measures was drawn up months prior to the Piora Basin being reached. This plan was designed to reduce the negative effects of out of the ordinary conditions on the construction time and costs as much as possible quite apart from contributing towards industrial safety.

Geological Conditions

The core drilling applied in September 2008 at an incline of roughly 10° above the cutterhead confirmed the results of the exploration campaign carried out during the 1990s. At tunnel level the rock possesses a solid state and no water is to be encountered. The following geological setup was the outcome of the exploratory drilling executed for the Piora Basin at tunnel level:

- 1: Approx. 10 m long Quarten series, which can possess the character of a fault zone
- 2: This is followed by the approx. 120 m long carbonatic-sulphatic Trias, which consists of intermittent bedding of solid Dolomite anhydrite rocks. Roughly 250 m above tunnel level this zone comprises the feared water-saturated sugar-form Dolomite. So-called cap rock seals off the rock so that dry conditions prevail at tunnel level.
- 3: The roughly 10 m long Corandoni Zone joins up further to the north, which also possesses the character of a fault zone.

wassergesättigten zuckerkörnigen Dolomit. Ein sogenannter Gipsstut dichtet das Gebirge ab, so dass auf Tunnelniveau trockene Verhältnisse vorhanden sind.

3. Weiter nördlich schliesst die ca. 10 m lange Corandoni-Zone an, welche wiederum den Charakter einer Störzone aufweist.

Nördlich der Corandoni-Zone schliesst dann der Medelser-Granit des Gotthard-Massivs an.

Bautechnische Umsetzung

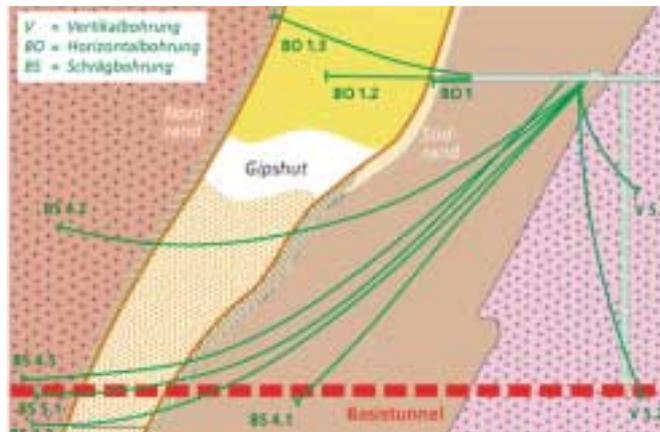
Auf Grund der bereits 1998 angetroffenen Felsverhältnisse im Sondiersystem Piora, den Untersuchungsergebnissen aus den damaligen Erkundungsbohrungen und der Tatsache, dass keine Bergwasserzirkulation zu erwarten war, wurde die Machbarkeit eines Vortriebs mit TBM zur Durchquerung der Piora-Mulde als gegeben beurteilt.

Als wesentlichste Gefahr, welche einen erfolgreichen Tunnelbau verhindern könnte, wurde primär die Gefahr des Einklemmens der Maschine als Folge von großen Gebirgsdeformationen erkannt. Um der Hauptgefahr des Verklemmens wirksam zu begegnen wurden folgende bautechnische Maßnahmen definiert (Bild 17):

- Vermeidung von Auflockerungen durch eine direkt hinter dem Bohrkopf eingebrachte steife Ausbruchsicherung (Stahleinbau)
- Durchörterung der Piora-Mulde im Durchlaufbetrieb möglichst ohne Unterbruch, Minimierung der Stillstandsrisiken

■ Vortrieb mit dem maschinentechnisch maximalen Durchmesser von 9,50 m, um ein Höchstmaß an Deformationsraum zu garantieren.

Diese Vorgehensplanung hatte zur Folge, dass die TBM



16 Sondiersystem Piora

16 Piora exploration system



17 Ausbruchsicherung während der Durchquerung der Piora-Mulde

17 Securing the excavation while penetrating the Piora Basin

Ost im August 2008 und die TBM West in der Weihnachtspause 2008/2009 vor der Durchquerung der Piora-Mulde einer Revision unterzogen wurden. Dadurch sollte die Gefahr eines maschinenbe-

exploratory drilling at the time and the fact that no underground water circulation was to be expected, the feasibility of a TBM excavation for negotiating the Piora Basin was assessed.

The main danger, which could hinder successful tunnelling, was primarily the risk that the machine could become stuck as a result of large rock deformations. In order to effectively counter this major obstacle the following technical measures for construction were defined (Fig. 17):

- Avoidance of disaggregations resulting from a rigid excavation support (placing steel) installed directly behind the cutterhead
- Penetration of the Piora Basin in continuous operation without interruption if possible, minimisation of the risks of standstill
- Excavation with a maximum machine diameter of 9.50 m in order to assure as high a degree of deformation area as possible.

This procedure resulted in the foreseen for penetrating the Piora Basin being subjected to modifications for TBM East in August 2008 and for TBM West in the christmas-break 2008/2009. In this way the danger of a standstill resulting from the machine was to be minimised.

Steel rings (TH profiles) were installed directly behind the cutterhead at 1 m gaps as supporting measures and a shotcrete seal placed to protect the surface of the excavation. Roughly 25 m behind the cutterhead a shotcrete ring altogether 30 cm thick was produced in order to complete the rigid support ring.

Thanks to these measures the Piora Zone was successfully penetrated with the TBM East in October 2008 and with the TBM West in January 2009 within the space of 14 days. In spite of heavy excavation supports av-

Technical Execution of Construction

Based on the rock conditions encountered in the Piora exploration system back in 1998, the investigation results from the

dingten Stillstandes minimiert werden.

Als Stützmaßnahmen wurden direkt hinter dem Bohrkopf Stahlringe (TH-Profile) in einem Abstand von 1 m eingebaut und eine Spritzbetonversiegelung zum Schutz der Ausbruchoberfläche eingebracht. Ca. 25 m hinter dem Bohrkopf wurde dann ein Spritzbetonring von total 30 cm Dicke erstellt, womit der steife Ausbauring fertig gestellt war.

Mit diesen Maßnahmen konnte die Piora-Zone mit der TBM Ost im Oktober 2008 und mit der TBM West im Januar 2009 innerhalb von je 14 Tagen erfolgreich durchfahren werden. Trotz schwerer Ausbruchsicherung konnten mittlere Vortriebsleistungen von 10 m pro Arbeitstag erreicht werden. Es wurde kein Wasser angetroffen. Das Gebirge verhielt sich stabil und die eingetretenen Deformationen lagen im Bereich von wenigen Zentimetern.

Mit der erfolgreichen Durchörterung der Piora-Mulde mit beiden TBM konnte der diesem Bereich zugeordnete Restrisikobetrag von über 100 Mio. CHF eliminiert werden.

Ausblick/Vortrieb nördlich der Piora-Mulde

Die geologische Prognose sieht nach dem Medelser-Granit den Übergang in die Streifengneise des Gotthardmassivs vor. Falls Prognose und Befund für diese Strecke übereinstimmen, kann mit dem Durchschlag nach Sedrun Ende 2010/Anfang 2011 gerechnet werden.

Bis zum Durchschlag nach Sedrun sind derzeit insgesamt noch ca. 6,7 km Gebirge zu durchörteren. Der im Teilabschnitt Faido liegende Teil

nördlich der Piora-Mulde weist eine Länge von 5,0 km auf, während von Sedrun her noch ca. 1,7 km bis zur aktuellen Losgrenze bei km 127,5 aufzufahren sind.

Diese Strecke zwischen Sedrun und Faido ist jene Zone des Gotthard-Basistunnels, wo die höchsten Überlagerungen und mit über 50° C die höchsten Gebirgstemperaturen auftreten. Wegen der schlechten Zugänglichkeit und den hohen Überlagerungen musste sich die geologische Prognose in erster Linie auf die Aufschlüsse an der Oberfläche und deren Projektion auf das Tunnelniveau beschränken. Die Prognosegenauigkeit ist deshalb gegenüber dem Gebiet der Piora-Mulde geringer.

Um dieser Unsicherheit zu begegnen wird der Baugrund aus dem Vortrieb heraus mittels ca. 100 m langer Bohrungen erkundet. Die Bohrungen überlappen sich, so dass ein genügender Sicherheitsabstand gegenüber einer allfälligen Störzone besteht. Sollten in der Sondierbohrung größere Wasserzutritte festgestellt werden, sind erweiterte Vorerkundungen mit Preventerschutz und Tests zur Bestimmung der hydrogeologischen Verhältnisse nötig.

In Kenntnis der Resultate dieser zusätzlichen Untersuchungen wird das weitere Vorgehen gemäss Maßnahmenplan festgelegt, wie z.B. das Ausführen von Injektionen, Drainagemassnahmen oder eines Umgehungsstollens. Solche Massnahmen sind im Ausführungsfall erfahrungsgemäss zeit- und kostenintensiv. Entsprechende Kosten sind in den Risikopotenzialen berücksichtigt. 

erage rates of advance of 10 m per working day were attained. No water was encountered. The rock proved to be stable and the deformations that occurred amounted to no more than a few cm.

Through successfully passing through the Piora Basin with the 2 TBMs the residual risk amounting to more than CHF 100 mill. allocated to this section was eliminated.

Outlook/Driving to the North of the Piora Basin

The geological prognosis foresees the transition into the Gotthard Massif gneisses after encountering Medelser granite. Should the forecast and the findings for this section correspond the breakthrough to Sedrun can be reckoned with at the end of 2010/start of 2011.

At present some 6.7 km of rock has still to be penetrated until the breakthrough to Sedrun occurs. The part to the north of the Piora Basin located in the Faido part-section is 5.0 km in length whereas approx. 1.7 km has to be driven from Sedrun to the actual boundary mark at km 127.5.

This section between Sedrun and Faido is the zone of the Gotthard Base Tunnel where the highest overburdens and the greatest rock temperatures occur – at more than 50 °C. On account of the poor accessibility and the high overburdens the geological forecast was forced to depend mainly on surface investigations and their projection down to tunnel level. As a result their accuracy is less reliable as compared with the Piora Basin section.

In order to counter these uncertainties the subsurface is investigated from the drive using approx. 100 m long drill holes. These drillings overlap so that a

sufficient safety gap exists vis-à-vis a possible fault zone. Should major inflows of water be established during the drilling programme more extensive advance investigations with preventive protection and tests to determine the hydrogeological conditions are essential.

When the results of these additional investigations are known the issue of how to proceed further will be determined based on a catalogue of measures such as e.g. undertaking grouting, drainage measures or a bypass tunnel. Such measures should they have to be carried out cost both time and money as experience has shown. Corresponding costs have been taken into account in the risk potentials. 

Innenausbau der Multifunktionsstelle Faido

S. Flury

Im Juni 2008 erreichte die zweite ca. 600 m lange Brücken-Konstruktion zur Herstellung des Innengewölbes („Wurm“ genannt) nach einer rd. 15 km langen Betonier-

Stefan Flury, Dipl.-Ing. ETH/SIA,
AlpTransit Gotthard AG,
Abschnittsleiter GBT Süd,
Luzern/CH

strecke im Teilabschnitt Bodio die Losgrenze Bodio/Faido. Nach dem Einfahren in die Tunnelverzweigung Süd der Multifunktionsstelle (MFS) Faido wurden die Betonarbeiten für das Innengewölbe für ca. 4 Monate eingestellt und die Schalungen auf das größere Profil im Teilabschnitt Faido umgebaut. Nebst den Revisionsarbeiten wurden die Installationen für die Kühlein-

Inner Furnishing of the Faido Multi-Function Station

S. Flury

In June 2008 the second roughly 600 m long bridge structure designed to produce the inner vault (known as the "Worm") reached the boundary between Bodio and Faido after an approx. 15 km long section where concrete was placed. After the entering the southern tunnel fork of the Faido Multi-Function Station (MFS) the concreting work on the inner vault ceased for roughly 4 months

and the formwork converted for the larger profile in the Faido part-section. Apart from the modification work carried out the installations for the air-conditioning systems were convert-

Dipl.-Ing. Stefan Flury,
AlpTransit Gotthard AG, Section
Manager GBT Süd,
Lucerne/CH

richtungen auf eine stärkere Kapazität umgerüstet, da im TA Faido wegen Überlagerungen bis 2500 m Felsursprungstemperaturen bis über 50° C erwartet werden. Nach Beendigung dieser Arbeiten konnte die Erstellung des Innengewölbes in der MFS Richtung Norden fortgesetzt werden. Der Wurm Ost befindet sich derzeit am nördlichen Ende der MFS.

In der Weströhre ist das Innengewölbe bis zur Querkaverne der Multifunktionsstelle fertig betoniert.

Parallel zu den Betonarbeiten des Innengewölbes in der MFS wurde im März 2009 mit den Betonarbeiten an den Abluftschächten des Abluftsystems der Nothaltestelle West begonnen. Der Innenausbau der Abluftschächte erfolgt im Bereich des Fahr-raumes mit einer Isolations-schicht und einem Ortbeton-innengewölbe. Die Ansaug-stollen zu den Abluftschächten und der Abluftstollen selber werden mit einem brandbe-ständigen Spritzbeton ausgekleidet (Bild 18).

Auf Grund von zu großen Gebirgsdeformationen zu Beginn der TBM Strecke Faido-Sedrun nördlich der MFS muss das Tunnelprofil auf einer Länge von ca. 300 m in beiden Tunnelröhren nachprofiliert und die Bauwerkssohle zum Teil komplett ausgetauscht werden. Mit diesen Nachprofilierungsarbeiten wurde in der Oströhre im März 2009 begonnen. Der gesamte Zugverkehr für die Versorgung der beiden TBM-Vortriebe sowie der Querschlagbaustelle muss über die Weströhre geführt werden. Zur Aufrechterhaltung des Verkehrs wur-



18 Innenausbau der Abluftschächte in der MFS Faido

18 Inner furnishing for the exhaust air shafts in the Faido MFS



19 Nachprofilierung im Lucomagno-Gneiss

19 Reworking in the Lucomagno Gneiss

den 2 weitere bauglogistische Querschläge ausgebrochen. Nach Fertigstellung der Nachprofilierungsarbeiten in der Oströhre wird der gesamte Verkehr umgelegt, und die Weströhre saniert. Die Dauer der Nachprofilierungsarbeiten beider Tunnelröhren wird in etwa ein Jahr in Anspruch nehmen (Bild 19).

Auf Grund dieser Nachprofilierungsarbeiten müssen die Innengewölbebaustellen voraussichtlich einige Monate angehalten werden. 

ed for a larger capacity as the original temperatures for the rock in excess of 50 °C was expected on account of overburdens of up to 2,500 m. After this work was completed the production of the inner vault in the MFS in a northern direction could be continued. The "Worm East" is currently located at the northern end of the MFS.

In the western tube the inner vault has been concreted up to the cross-chamber of the Multi-Function Station.

Parallel to the concreting operations for the inner vault in

the MFS, work started in concreting the exhaust air shafts for the waste air system for the emergency halt West in March 2009. The inner furnishing of the exhaust air shafts is taking place in the proximity of the running surface with an insulation layer and an in situ concrete inner vault. The suction heading leading to the exhaust air shafts and the exhaust air headings themselves are lined with fire-resistant shotcrete (Fig. 18).

On account of major rock deformations at the beginning of the Faido-Sedrun TBM section to the north of the MFS the tunnel cross-section has to be reworked in both tubes over a length of some 300 m and the floor of the structure in part completely replaced. These reprofiling operations began in the eastern tube in March 2009. The entire train traffic for supplying the 2 TBM drives as well as the construction site for the cross-passages has to be run over the western tube. Two further logistical cross-passages had to be excavated to maintain traffic. After completion of the reprofiling operations in the eastern tube the entire flow of traffic will be rerouted and the western tube redeveloped. The reprofiling operations for both tunnel tubes are likely to take about one year (Fig. 19).

On account of the reprofiling operations the inner furnishing sites will presumably be held up for several months. 

Weitere News, Artikel oder Informationen zu aktuellen Projekten finden Sie unter

www.tunnel-online.info

Banketteinbau mit Fertigelementen im Teilabschnitt Amsteg

S. Gielchen

Die Arbeiten für das Innengewölbe Amsteg erfolgten nach vollendeten Vortriebsarbeiten pro Röhre an jeweils drei gleichzeitig betriebenen Arbeitsstellen. Damit wurden Tagesleistungen von bis zu 60 m Gewölbeeinbau ermöglicht.

Anfang Frühjahr 2008 wurde der letzte Block des Innengewölbes des Tunnels Ost an der Losgrenze zu Sedrun betoniert. Damit wurden in 11 Monaten 10.800 m Innengewölbe betoniert. Nach Umsetzen der Schalungsinstallationen wurde das Innengewölbe in die Weströhre umgesetzt. Bis Februar 2009 wurde das Innengewölbe bis auf den Bereich Fußpunkt Amsteg/Montagekaverne vollständig betoniert.

Im Frühjahr 2008 gelangte die Arbeitsgemeinschaft Gotthard-Basistunnel Nord (AGN) mit dem Vorschlag an AlpTransit Gotthard AG (ATG), den Einbau der Bankette in Fertigteilbauweise anstelle einer Ortbetonlösung gemäss Projekt auszuführen (Bild 20).

Folgende Randbedingungen wurden durch die AGN Los 252 definiert:

- Die Fertigteilbauweise kommt für die Regelstrecke Tunnel Ost und Tunnel West zwischen der

Losgrenze Sedrun und dem Fußpunkt Amsteg zur Anwendung

- Die Bankette werden nach dem Regelquerschnitt zweiteilig erstellt

- Die für die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks wesentlichen Auftrittskanten werden durch ein vorfabriziertes, maßgenaues Betonelement gebildet

- Die Fertigteilbankette werden in einer Länge von 10 m gefertigt, damit die Fuge zwischen den einzelnen Elementen mit den Blockfugen von Sohle, Kicker und Innengewölbe übereinstimmt und somit Toleranzen eingehalten und Ungenauigkeiten kompensiert werden können

- Sämtliche Kabelschutzrohre werden innerhalb der Betonfertigteile geführt

- In einem zweiten Arbeitsschritt wird der verbleibende Querschnitt mit Ortbeton verfüllt.

Die ATG genehmigte im Sommer 2008 den Antrag der AGN, die Bankette gemäß Ausführungsvariante des Unternehmers zu erstellen. Von September 2008 bis März 2009 wurden die Fertigteilbankette im Osttunnel bis auf den Bereich Fusspunkt/Montagekaverne komplett eingebaut (Bild 21). Vorlaufend wurde die Bergwasserleitung verlegt. Zurzeit laufen die Einbauarbeiten des „Rohbau Ausrüstung“ (Querschlagabschlusswände, Schachtdeckel, Doppelböden, Querschlagbelüftung, Querschlagtüren).

Installing the Kerbs with pre-cast Elements in the Amsteg Part-Section

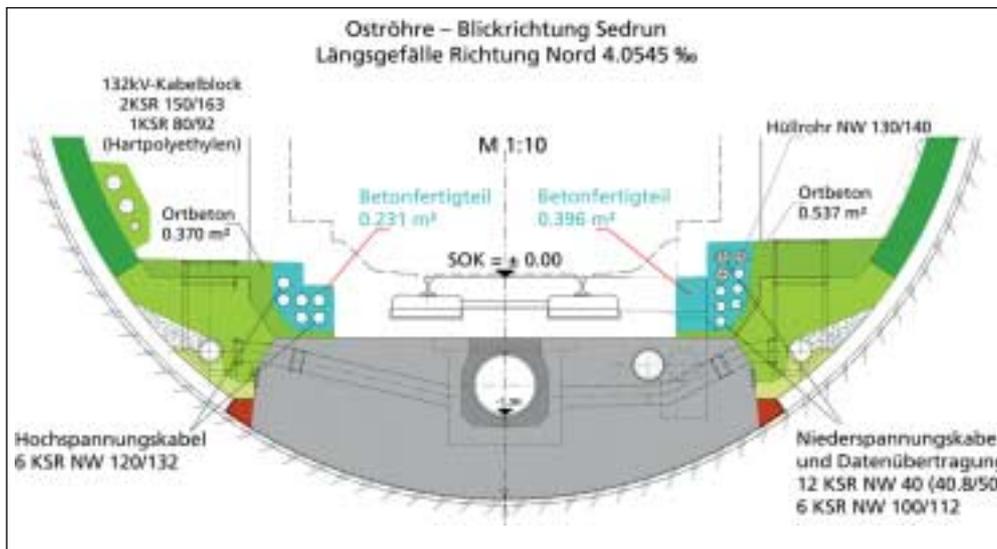
S. Gielchen

The work on the Amsteg inner vault took place following the completion of the driving operations from three working points per tube operated at the same time. As a result daily rates of advance of up to 60 m of installed vault were achieved.

At the beginning of spring 2008 the final block of the inner vault for the eastern tunnel was concreted at the boundary with

Sedrun. In other words 10,800 m of inner vault was concreted within 11 months. After relocating the formwork elements the inner vault in the western tube was tackled. Up until February 2009 the inner vault was completely concreted excepting the Amsteg bottom point/assembly chamber sector.

In spring 2008 the Gotthard Base Tunnel North (AGN) JV was



20 Regelquerschnitt Bankett-Fertigelemente

20 Standard cross-section for the kerb prefabricated elements

Im Bereich der Querschläge befinden sich auf der querschlagsabgewandten Seite die Kabelzugschächte der Hochspannungsleitungen, auf der Querschlagsseite diejenigen der Niederspannungsleitungen.

Da die Anordnung der Kabelschutzrohre (KSR) in der Regelstrecke von den Anforderungen bezüglich Rohrbild im Bereich der Einzugschächte abweicht, müssen die KSR aufgefächert werden. Aus diesem Grund werden bis zu den Blockfugen der Querschlagsblöcke die Fertigteilbankette eingebaut und die Bankette im Bereich der Querschläge, wie werkvertraglich geregelt, in Ortbetonbauweise erstellt.

Zu Produktionsbeginn erstellte das Fertigteilwerk ein externes Pufferlager für 2.000 lfd. m Fertigteilbankette je Seite Hoch- und Niederspannung. Auf dem Installationsplatz Amsteg wurde ein Pufferlager von 700 lfd. m Fertigteilbanketten je Seite Hoch- und Niederspannung eingerichtet. Die Anlieferung der Fertigteilbankette geschieht auf Grund der beschränkten Lagerkapazitäten auf dem Installationsplatz per

Lkw „just in time“. Der Umschlag auf dem Installationsplatz erfolgt mit dem vorhandenen Portalkran. Der Baustellentransport vom Installationsplatz Amsteg zum Einbauort erfolgt mit der Stollenbahn.

Die Bauabfolge startet an der Losgrenze Amsteg–Sedrun im Osttunnel. Vorgängig wird das bestehende zweigleisige Baugleis auf ein eingleisiges, mittleres Baugleis umgebaut.

Die Fertigteile werden mit einem von der AGN entwickelten Versetzwagen (Flächenkran mit 4 elektrischen Kettenzügen auf den höhenrichtigen Betonauflägern jeweils bis zum nächsten, nördlichen Querschlag versetzt. Die 50 cm langen Betonaufläger werden vorlaufend zu den Versetzarbeiten in einem eigenen Arbeitsgang errichtet. Die Fertigteile werden stumpfaneinander gestossen. An der Stirnfläche mit den auskragenden Rohrenden der KSR ist eine Moosgummidichtung angebracht, die beim Versetzvorgang verletzungsicher eine Blockfuge von 3 mm zulässt. Für die lage-richtige Positionierung und zur Vermeidung von starken

able to convince the AlpTransit Gotthard AG (ATG) to install the kerb using pre-cast elements instead of applying an in situ concrete solution as foreseen in the project (Fig. 20).

The following general conditions were defined for the AGN contract section 252:

- The pre-cast solution applies to the standard sections Tunnel East and Tunnel West between the Sedrun section boundary and the Amsteg bottom point
- The kerbs are to be produced in 2 parts in keeping with the standard cross-section
- A prefabricated, precisely dimensioned concrete element will form the edges that are essential for the serviceability of the structure
- The pre-cast kerbs are to be manufactured in 10 m lengths so that the joint between the individual elements conforms with the block joints for the floor, kicker and inner vault so that tolerances can be adhered to and inaccuracies compensated
- All cable protection pipes are guided through the pre-cast concrete elements
- The remaining cross-section is backfilled with in situ con-

crete in a second working step.

In summer 2008 the ATG approved the AGN's application to produce the kerbs in accordance with the contractor's proposal. From September 2008 until March 2009 the kerbs comprising pre-cast elements were installed in the eastern tunnel excepting the bottom point/assembly chamber sector (Fig. 21). The underground water line was laid extending forward. Currently installation operations for "Roughwork Furnishings" (cross-passage end walls, shaft covers, double floors, cross-passage ventilation and cross-passage doors) are underway.

The cable shafts for the high-voltage lines are located in the proximity of the cross-passages at the side facing them while the shafts for the low-voltage lines are to be found at the cross-passage side. As the arrangement of the cable protection pipes deviates in the standard section from the requirements posed on the set-up of the pipes in the vicinity of the transport shafts, the pipes have to be fanned out. For this reason the prefabricated kerbs are installed up to the block joints of the cross-section blocks and the kerbs in the vicinity of the cross-passages produced using in situ concrete as agreed originally in the contract.

At the start of production the pre-cast part factory produced an external buffer stockpile for 2,000 running metres of pre-cast kerbs for high and low-voltage respectively. On the Amsteg installation yard a buffer stockpile of 700 running metres of pre-cast kerbs for high and low-voltage respectively was set up. Owing to the restricted storage capacity on the installation yard the pre-cast kerbs are supplied by lorry "just in time". The portal crane available on the installation yard deals with the elements stored there.



21 Verlegen der Bankett-Fertigelemente

21 Laying the kerb prefabricated elements



22 Tunnel mit fertig gestelltem Innenausbau

22 Tunnel with completed inner furnishing

Richtungswechseln werden an den Blockfugen temporäre Anschlagwinkel auf dem Sohlbeton montiert.

Mit dem Erreichen der TBM-Montagekaverne der Oströhre wechseln die Baustellen in die Weströhre. Die Bauabfolge im Westtunnel ist wie im Osttunnel von der

Losgrenze Amsteg–Sedrun Richtung Fußpunkt Amsteg.

Die AGN konnte mit ihrem innovativen Konzept, die Bankette als Fertigteilelemente auszuführen, die hohen Ansprüche in punkto Logistik und technische Ausführung durchwegs einhalten (Bild 22). 

The tunnel railway carries the elements from the yard at Amsteg to the point of installation.

The construction sequence begins at the Amsteg–Sedrun boundary mark in the eastern tunnel. At present the existing 2-track construction track is being converted to a single-track, central line.

The prefabricated parts are transported to the next, northly cross-passage by means of a carriage developed by the AGN - gantry crane with 4 electric chain hoists on the concrete abutments set at the right height in each case. The 50 cm long concrete abutments are aligned for the installation operations in a single working stage. The prefabricated parts are butt joined with one another. A sponge rubber seal is attached to the face with the projecting ends of the pipe, which pro-

vides for a block joint of 3 mm that prevents injury during the relocation process. Temporary brackets are mounted on the base concrete in order to ensure correct positioning and to avoid pronounced changes in direction.

Once the TBM assembly chamber in the eastern tube is reached the sites switch over to the western one. The construction sequence in the western tunnel is from the Amsteg–Sedrun boundary mark in the direction of the Amsteg bottom point just as in the eastern tunnel.

The AGN was capable of fulfilling the high demands relating to logistics and technical execution thanks to its innovative concept of producing the kerbs in the form of pre-cast elements (Fig. 22). 

Anspruchsvolle Material- bewirtschaftung

Dr. R. Lieb

Während in der Fachwelt bei den großen Tunnelbauprojekten meist die Vortriebsarbeiten im Mittelpunkt stehen, werden von den Anwohnern in Baustellennähe oft die Anlagen der Materialbewirtschaftung wesentlich deutlicher wahrgenommen. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist es für die Verantwortlichen der Materialbewirtschaftung eine der Hauptaufgaben, einen Kompromiss zu finden zwischen den Anforderungen aus dem Baubetrieb und den berechtigten Interessen der Betroffenen, den Umweltauforderungen und wirtschaftlichen Randbedingungen. Seitens der Baustellen wird von den Materialbewirtschaftern größtmögliche Flexibilität bei der Abnahme, Zwischenlagerung, Lagerung und Aufbereitung des Ausbruchmaterials erwartet, wogegen seitens der Bevölkerung und Umwelt der Anspruch nach möglichst geringer räumlicher und zeitlicher Beeinträchtigung besteht.

Für den Gotthard-Basistunnel gilt oben Gesagtes wegen der langen Bauzeit von rd. 20 Jahren und der enormen Materialmengen (ca. 25 Mio. t

Ausbruch) als Folge der ausserordentlichen Gesamtdimensionen in ganz besonderem Maße.

Ein wesentliches Ziel zur Erfüllung der Umweltauflagen war es, möglichst viel des anfallenden Materials wiederzuverwenden. Dabei gilt es primär, den Bedarf der eigenen Baustellen an Dammschüttmaterial sowie an Gesteinskörnungen (Betonzuschlagstoff nach alter Normbezeichnung) für die Beton- und Spritzbetonproduktion zu decken. Für diese Zwecke nicht verwendbares Material und der Überschuss werden an Dritte als Baurohstoffe oder als Material für Rekultivierungen abgegeben (Bild 23). Eine vollständige externe Versorgung wäre zudem wegen der enormen Transportmengen oftmals nur schon aus logistischen Gründen praktisch unmöglich.

Die Selbstversorgung wird durch Mindestanforderungen an die mechanischen und petrographischen Eigenschaften des Ausbruchmaterials beschränkt. Dort wo diese mit eigenem Material nicht in genügendem Maße erfüllt werden können muss auf Fremdversorgung umgestellt werden. Dies war am Gotthard-Basistunnel bei den Vorlosen der Fall. Beim Ceneri-Basistunnel wird aber auch das Hauptlos von dieser Problematik betroffen sein.

Dr. Rupert Lieb, Dr. sc. techn.,
Dipl.-Ing. Bauwesen, AlpTransit
Gotthard AG, Leiter Bau-
management, Luzern/CH

Sophisticated Material Management

Dr. R. Lieb

Usually excavation work enjoys the spotlight as far as the experts are concerned when it comes to major tunnelling projects. However, frequently the material management systems are noticed considerably more by local residents close to the site. This represents one of the main reasons why those responsible for material management regard it as one of their principal tasks to find a compromise between the demands posed by construction operations and the justifiable interests of those affected, the environmental requirements and economic conditions. Construction sites expect the greatest possible flexibility during the acceptance, intermediate storage, dumping and preparation of the excavated material while at the same time the population and environment desire as little nuisance as possible with regard to space and time.

This especially applies to the Gotthard Base Tunnel on account of the lengthy construction period of around 20 years and the enormous amounts of material as a consequence of the out of the ordinary overall dimensions (approx. 25 mill. t of excavated material).

Reusing as much of the material that ensues represented an important target for fulfilling the environmental considerations. Towards this end the primary aim was to cover the needs of the site for fill material as well as rock granulations

(concrete aggregate according to the old norm specification) for producing concrete and shotcrete. Material not used for these purposes as well as the surplus is passed on to third parties as construction material or for recultivation requirements (Fig. 23). A complete external supply would in addition not often be feasible on account of the enormous quantities requiring transportation for logistical reasons alone.

Self-supply is restricted by the minimum requirements on the mechanical and petrographical properties of the excavated material. Should one's own material not be capable of fulfilling this need an outside source must be sought. This was the case regarding the advance contract sections for the Gotthard Base Tunnel. However, the main contract section of the Ceneri tunnel will also be affected by this problem complex.

Verification of the suitability of the excavated material for producing concrete and shotcrete is obtained on the basis of the following quality assessments:

- Rock hardness (Los Angeles test)

Dr. Rupert Lieb, Dr. sc. techn.,
Dipl.-Ing. Bauwesen,
AlpTransit Gotthard AG, Head of
Construction Management,
Lucerne/CH

Der Nachweis der Eignung des Ausbruchmaterials für die Beton- und Spritzbetonherstellung erfolgt durch folgende Qualitätsprüfungen:

- Gesteinshärte (Los Angeles Test)
- Petrographische Untersuchungen (Glimmergehalt, ungeeignete Komponenten, Alkali-Aggregat-Reaktivität)
- Siebanalysen
- Kornform.

Die Geschwindigkeit des Materialanfalls sowie der Anteil der Verwertbarkeit sind direkt von den angetroffenen Baugrundverhältnissen abhängig und können in kürzester Zeit erheblichen Schwankungen unterworfen sein (z. B. beim Anfahren einer ausgedehnten Störzone).

Eine der größten Herausforderungen der Materialbewirtschaftung ist deshalb, das geplante Bauprogramm jederzeit derart einhalten zu können, damit nicht die Materialbewirtschaftung zur leistungsbestimmenden Größe wird, sei es bei den Betonierprogrammen oder aber bei Dammschütтарbeiten. Die Hauptschwierigkeit zur Sicherstellung des Gleichgewichts zwischen Materialanfall und -bedarf besteht darin, dass die Zwischenlager zur Pufferung unterschiedlicher Abläufe auf allen Baustellen nur beschränkt vorhanden sind. Die folgenden Beispiele illustrieren dies.

Geänderte Randbedingungen auf der Nordseite des Gotthard-Basistunnels

Das behördlich genehmigte Materialbewirtschaftungskonzept gemäss Auflageprojekt 1995 sah vor, dass die Vortriebsarbeiten in den Teilabschnitten Erstfeld und Amsteg nahezu parallel erfolgen sollten und das Ausbruchmaterial



23 Materialflusschema Gotthard-Basistunnel

23 Material flow chart for the Gotthard Base Tunnel

neben der Versorgung der Untertagbaustellen mit Zuschlagstoffen auch für die Dammbauten der offenen Strecke verwendet werden sollte. Durch politische Gründe und den Rekurs im Vergabeverfahren für die Tunnelbauarbeiten im Los Erstfeld erfuhr der Baubeginn in der offenen Strecke und im Teilabschnitt Erstfeld eine deutliche Verzögerung von mehreren Jahren. Zudem wurden die Dammhöhen im Zuge des Genehmigungsverfahrens reduziert.

Zusätzlich haben sich die Arbeitssequenzen in den Tunnellosen gegenüber dem Auflageprojekt ebenfalls erheblich geändert. Ging das Auflageprojekt von einer Parallelität von Vortrieb und Innenausbau aus, so erhielten Angebote den Zuschlag, bei welchen das Innengewölbe erst nach Abschluss der Vortriebsarbeiten erstellt werden sollte. Während der Ausführung kamen die Vortriebsarbeiten im Teilabschnitt Erstfeld zudem erheblich schneller voran als ursprünglich angenommen.

- Petrographical examinations (mica content, unsuitable components, alkali aggregate reactivity)
- Screen analyses
- Grain form.

The speed of material availability as well as the degree of usability directly depend on the subsurface conditions encountered and can be subject to substantial fluctuations within the shortest space of time (e.g. when an extensive fault zone is encountered).

As a result one of material management's greatest challenges is to be in a position to adhere to the planned construction programme at all times to ensure that material management does not emerge as a parameter governing performance whether in conjunction with concreting programmes or filling operations. The main difficulty for securing the balance between material availability and need is that yards for temporary storage to act as a buffer for various cycles are only available to a restricted extent on a construction site. The following examples illustrate this.

Changed general Conditions on the North Side of the Gotthard Base Tunnel

The material management concept approved by the authorities in keeping with the 1995 stipulations foresaw that the driving operations in the Erstfeld and Amsteg part-sections should take place parallel to one another and the excavated material should be used for fill for the open line quite apart from supplying the underground sites with aggregates. For political reasons and recourse regarding the award proceedings for the tunnelling work in the Erstfeld contract section, the start of construction on the open line and in the Erstfeld part-section suffered a considerable delay amounting to several years. In addition the heights of the embankments were reduced during the approval proceedings.

Furthermore the working cycles in the tunnel sections have altered considerably as compared with the initial project. The project assumed that the excavation and the inner fur-

Alle diese Faktoren führten zu einem erheblich größeren Bedarf an Zwischenlagerkapazität und an zusätzlichen Verwertungsmöglichkeiten. Als wohl einmalige Lösung kann die zwischen dem Frühjahr 2003 und Juli 2006 erfolgte Abgabe von 2,4 Mio. t überschüssigem Ausbruchmaterial aus dem Vortrieb Amsteg an das Projekt Urner Seeschüttung bezeichnet werden (Bild 24). Mit diesem Projekt des Kantons Uri wurden ökologisch wertvolle Flachwasserzonen wiederhergestellt, die in den letzten Jahrzehnten im Zuge der Gewinnung von Kies aus dem Urner See zerstört wurden. Das Ausbruchmaterial wurde mit Zügen zur Schiffsverladestation in Flüelen gebracht, dort auf Schiffe verladen und im See an den geeigneten Stellen verklappt.

Die sehr guten Vortriebsleistungen im Teilabschnitt Erstfeld haben zur Folge, dass erheblich größere Leistungen von den Materialförderanlagen erbracht werden müssen. Dank ausreichend dimensionierter Materialbewirtschaftungsanlagen (Umschlagstellen, Förderbänder) konnte diese Herausforderung bisher problemlos gemeistert werden (Bild 25). Derzeit sind im Raum Erstfeld 18 km Förderbandanlagen mit einer Leistung von 1.200 t/h und eine Materialverladeanlage für Eisenbahntransporte mit einem Puffervolumen von 5.000 t im Einsatz.

Das Bereitstellen zusätzlicher Zwischenlagerkapazitäten zur Aufnahme des rascher anfallenden Materials auf dem Baustellenperimeter war eine enorme Herausforderung und stand unter großem Zeitdruck, wenn man negative Auswirkungen auf den Vortrieb verhindern wollte. Dank der Unterstützung durch die zuständigen Behörden,



24 Urner Seeschüttung

24 Lake Urnersee fill



25 Materialbewirtschaftungsanlagen in Erstfeld

25 Material management systems in Erstfeld

welche die entsprechenden rechtlichen Voraussetzungen schufen und dank der raschen Umsetzung durch die betroffenen Unternehmer gelang dieses Unterfangen rechtzeitig.

Bis heute wurden über 3,8 Mio. t Material (v. a. TBM-Ausbruch, Zuschlagstoffe via Amsteg, Dammschüttungen offene Strecke Rynächt) umgeschlagen.

Zeitliche Optimierung des Hauptdurchschlags und Folgen daraus

Auch im mittleren und in den südlichen Teilabschnitten des Gotthard-Basistunnels (Sedrun, Faido und Bodio) ha-

cally valuable shallow water zones were re-created, which had been destroyed over recent decades through extracting gravel from Lake Urnersee. The excavated material was carried by train to the ship loading station at Flüelen, where it was put on board and dumped at suitable points in the lake.

The extremely good driving operations in the Erstfeld part-section mean that considerably greater performances have to be provided by the material conveyance systems. Thanks to amply dimensioned material management systems (transfer points, belt conveyors) this challenge has so far been mastered without any problem (Fig. 25). Currently 18 km of belt conveyor systems providing a performance of 1,200 t/h and a material loading system for rail transports with a buffer volume of 5,000 t are operational in the Erstfeld area.

Providing additional temporary storage capacities to accept the incidence of material from the construction sites represented an enormous challenge and was subject to great time pressure in order to ensure that negative effects on the excavation were avoided. Thanks to the support of the responsible authorities, which created the corresponding legal prerequisites and thanks to the rapid response of the contractors concerned, this was achieved according to schedule.

Until today more than 3.8 mill. t of material (incl. TBM excavated material, aggregates via Amsteg, embankment fill for the Rynächt open route) has been tackled.

Time Optimisation of the main Breakthrough and its Consequences

Substantial changes as compared with the original material management concept have

nishing would be pursued parallel to one another but then proposals to produce the inner furnishing once the driving operations had been completed received the green light. In addition the driving operations in the Erstfeld part-section made far greater progress during their execution than had originally been anticipated.

All these factors led to a substantially greater need for intermediate storage capacity and additional possibilities for use. The release of 2.4 mill. t of surplus excavated material from the Amsteg excavation as fill for Lake Urnersee can be described as a unique solution, which occurred between spring 2003 and July 2006 (Fig. 24). Thanks to this Canton Uri project ecologi-



26 Deponien des Gotthard-Basistunnels

26 Disposal sites for the Gotthard Base Tunnel

ben sich wesentliche Änderungen gegenüber dem ursprünglichen Materialbewirtschaftungskonzept ergeben (Bild 26).

Die Menge des Ausbruchmaterials nahm im Teilabschnitt Sedrun seit der Plangenehmigungsverfügung vom Oktober 1995 um rd. 900.000 t zu. Als wesentlichster Grund sind vor allem die zusätzlichen oder geänderten Ausbrüche als Folge von Bestellungsänderungen zu nennen. Als Beispiele seien erwähnt: Halbierung der Querschlagsabstände, Bau des zweiten Schachtes, umfangreicheres Abluftsystem für die Ereignislüftung, Auslösen der

Option von 1 km zusätzlichen Vortriebs per Ende 2005, Bau von 4 Warteräumen für die Porta Alpina.

Als Folge einer umfangreichen Studie zur Optimierung des Gesamtterminprogramms wurde im Frühjahr 2008 beschlossen, die Losgrenze Sedrun/Faido ein weiteres Mal um ca. 1,5 km zusätzlichen Vortrieb Richtung Süden (Faido) bis maximal km 128.000 zu verschieben. Dieser Entscheidung hat zur Folge, dass weitere 750.000 t Ausbruchmaterial im Raum Sedrun anstatt am Südende des Gotthard-Basistunnels abgelagert werden müssen (Bild 27).

also resulted in the central and southern part-sections of the Gotthard Base Tunnel (Sedrun, Faido and Bodio) (Fig. 26).

The quantity of excavated material increased in the Sedrun part-section since the plan approval proceedings of October 1995 by some 900,000 t. Additional or changed excavations as a consequence of alterations to the contract can be cited as the main reason for this. Examples are for instance: Halving the distance between cross-passages, construction of the second shaft, a more extensive exhaust air system for incident ventilation, initiating the option of an additional drive of 1 km at the end of 2005 and the building of 4 waiting rooms for the Porta Alpina.

As the outcome of an extensive study to optimise the overall scheduling programme it was decided in spring 2008 to relocate the Sedrun/Faido section boundary again by driving roughly 1.5 km towards the south (Faido) to reach a maximum of km 128.000. This decision resulted in a further 750,000 t of excavated material having to be stored in the Sedrun area rather than at the southern end of the Gotthard Base Tunnel (Fig. 27).

Thanks to the necessary planning being undertaken early enough the additional storage locations could be determined in time with all the affected interest groups and approved by the authorities. The main breakthrough for the

Dank frühzeitiger Aufnahme der planerischen Überlegungen konnten die zusätzlichen Ablagerungsstandorte mit allen betroffenen Interessenspartnern rechtzeitig festgelegt und von den Behörden bewilligt werden. Dank dieses zusätzlichen Handlungsspielraums kann der Hauptdurchschlag am Gotthard-Basistunnel unabhängig von allfälligen Restriktionen der Materialbewirtschaftung optimiert werden.

Das zusätzlich in Sedrun anfallende Material fehlt in der Deponie Buzza di Biasca in der Nähe des Südportals des Gotthard-Basistunnels. Da die Deponie Caviencia im Teilabschnitt Faido aufgrund zu großer Setzungen in der Umgebung und insbesondere im Bereich der Gotthardlinie der SBB nicht in der ursprünglich geplanten Form genutzt werden konnte, wurde das entsprechende Volumen in die Deponie Buzza di Biasca umgelagert. Wegen fehlender Möglichkeit zum Bahntransport erfolgen die Transporte über rd. 20 km per Lkw über die Autobahn A2.

Im Teilabschnitt Bodio entsprach die Verwertbarkeit des Ausbruchmaterials zwar insgesamt der Prognose, nicht jedoch in Bezug auf den zeitlichen Anfall von aufbereitem Material und Schüttmaterial. Zudem erwies sich aufgrund der kleineren Stückigkeit des Ausbruchmaterials die Ausbeute an aufbereitem Material als wesentlich geringer als prognostiziert. Beide Faktoren führten zu Engpässen bei der Gewinnung von Gesteinskörnungen, die durch zusätzliche Nachsiebungen, Versorgung aus den Teilabschnitten Amsteg und Erstfeld sowie dem Zukauf von Zuschlagstoffen aus regionalen Steinbrüchen behoben werden mussten.



27 Deponie Val da Claus in Sedrun

27 Val da Claus disposal site at Sedrun

Schlussfolgerung

Obwohl in allen Bereichen der Materialbewirtschaftung großzügige Bandbreiten bezüglich Materialanfall und Verwertbarkeit vorgesehen waren, ist eines allen Teilabschnitten gemeinsam:

Die für die Materialbewirtschaftung maßgebenden Parameter haben sich häufig und in einem größeren Stil als im Auflageprojekt angenommen geändert. Daraus ergab sich überall die Notwendigkeit, die Kapazitäten von End- und Zwischenlagern anzupassen. Weitere Maßnahmen wie die Abgabe an Dritte oder der Zukauf von Material mussten ergriffen werden. Nur dank der rechtzeitigen Umsetzung dieser Maßnahmen war es möglich, kostenintensive Anpassungen der Bauprogramme zu vermeiden.

Aufgrund der getätigten Erfahrungen empfiehlt es sich, im Risikomanagement die Indikatoren für die Materialbewirtschaftung so zu wählen und zu verfolgen, dass Abweichungen frühzeitig erkannt werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass trotz langer Vorlaufzeiten für Planenehmigungsverfahren und Vorarbeiten ergänzende Lager oder Transportmöglichkeiten rechtzeitig zur Verfügung stehen. 

size of the material. Both factors led to bottlenecks in the production of rock grain sizes, which had to be compensated for through additional screening, supplies from the Amsteg and Erstfeld part-sections as well as purchasing aggregates from quarries in the region.

Conclusion

Although a great deal of latitude prevailed regarding the availability of material and usability in all fields of the material management, all part-sections possess one thing on common:

The parameters governing the material management have frequently changed to a great extent from those to be found in the original project. This meant that it was necessary to adjust the capacities for final and intermediate storage everywhere. Further measures such as selling to third parties or purchasing material had to be resorted to. It was only possible to avoid costly adjustments to the construction programme by ensuring that these measures were applied in time.

On the basis of the findings that have been gained it is advisable to select and pursue the indicators for material management in such a way in the scope of risk management that deviations are identified at an early stage. Only in this way can it be assured that additional storage yards or transport possibilities are available in plenty of time in spite of lengthy preambles leading up to plan approval proceedings and preparatory work. 

Gotthard Base Tunnel can be optimised independent of any restrictions on the material management as a result of this additional scope for action.

The additional material that has to be coped with in Sedrun was originally earmarked for being dumped at Buzza di Biasca close to the south portal of the Gotthard Base Tunnel. As the Caviencia disposal site in the Faido part-section could not be used in its originally planned form on account of major settlements in its environs and especially affecting the Gotthard Route, the corresponding volume was relocated to the Buzza di Biasca disposal site. Transportation took place over the A2 motorway – involving some 20 km by lorry.

Altogether the usability of the excavated material in the Bodio part-section admittedly corresponded to the prognosis; however, this did not apply to the time factor regarding the availability of prepared material and fill. In addition there was a far poorer yield of prepared material on account of the smaller

Arbeitssicherheit

Unfall- und Berufskrankheiten- verhütung im Untertagbau

M. Vogel

Die Zusammenarbeit zwischen Unternehmern, Arbeitnehmern, Bauherrschaft und der Suva zeigt Wirkung: Obwohl sich die Zahl der Beschäftigten im schweizerischen Tunnelbau seit Beginn der NEAT-Projekte 1996 verdoppelt hat, ist die Zahl der tödlichen Arbeitsunfälle nicht angestiegen. Seit dem Projektstart vor 12 Jahren ereigneten sich auf der Gotthard-Achse 7 Todesfälle, 3 davon im Zusammenhang mit Pneu- und Schienenfahrzeugen. In kausalem Zusammenhang mit den Vortriebsarbeiten ereignete sich 1 einziger tödlicher Unfall. Das Unfallrisiko im Tunnelbau sank von damals ca. 400 Unfällen pro 1000 Beschäftigten und Jahr auf 229 im Jahr 2007. Dies bedeutet eine Reduktion um mehr als 40 %. Damit hat sich das Unfallrisiko im Tunnelbau dem Durchschnitt des allgemeinen Baugewerbes angenähert, die Unfälle haben jedoch immer noch deutlich

schwerere Folgen als auf normalen Baustellen.

Große Herausforderungen im Untertagbau

Die Liste der Gefahren, denen Tunnelbauer bei ihrer Arbeit ausgesetzt sind, ist lang. An erster Stelle stehen Unfälle mit Fahrzeugen und Maschinen. Gefürchtet sind aber auch Gesteinsniederbrüche, Wassereinbrüche oder Brände mit Rauchentwicklung. Weitere Gesundheitsgefährdungen entstehen durch Quarzstaub, asbesthaltiges Gestein, Rußpartikel aus Dieselmotoren, Sprengschwaden, Bauchemikalien, aber auch durch Lärm, Vibrationen, körperliche Beanspruchung und Schichtarbeit.

Eine besondere Herausforderung bei den NEAT-Projekten ist die Hitze, denn im Gotthard-Basistunnel – bis zu 2.000 m unter der Erd-

Industrial Safety

Accident and occupational Disease Prevention in Tunnelling

M. Vogel

Collaboration between entrepreneurs, employees, client and the Suva (Swiss National Accident Insurance Fund) is showing a positive outcome: Although the number of persons employed in Swiss tunnelling has doubled since the beginning of the NEAT projects in 1996, the number of fatal industrial accidents has not increased. Since the start of the project 12 years ago, there have been 7 fatal accidents on the Gotthard Axis, 3 of them in conjunction with wheeled and track-bound vehicles. As far as driving operations are concerned there has been only 1 fatal accident. The accident risk in tunnelling sank from at the time some 400 incidents per 1,000 employees and year to 229 in 2007. This signifies a drop in excess of 40 %. This means that the accident risk factor in tunnelling has approached the average of the construction industry in general, however the incidents have still considerably more serious

consequences than on normal construction sites.

Major Challenges in Tunnelling

The list of hazards which tunnellers are exposed to during their work is a long one. Accidents involving vehicles and machines occupy first place. Rock cave-ins, water inflows or fires with smoke developing are also feared. Further health hazards arise as a result of quartz dust, rock containing asbestos, smoke particles from diesel engines, blasting fumes, construction chemicals as well as through noise, vibrations, physical exertion and shift work.

A particular challenge with respect to the NEAT projects is heat, for in the Gotthard Base Tunnel – down to 2,000 m below the earth's surface – rock temperatures of around 50 °C are expected. Tunnel boring machines, vehicles, the excavat-

oberfläche – werden Gebirgstemperaturen um die 50° Celsius erwartet. Tunnelbohrmaschinen, Fahrzeuge, das ausgebrochene Gestein und der erhärtende Beton geben zusätzlich Wärme ab. Zusammen mit dem Bergwasser kann ein feuchtwarmes Klima entstehen. Um die Arbeitnehmer keinem erheblichen Gesundheitsrisiko auszusetzen, darf die Temperatur am Arbeitsplatz im Untertagebau 28° Celsius nicht überschreiten. Dies erfordert aufwändige und technisch anspruchsvolle Kühlmaßnahmen.

Arbeitssicherheit als Teil der Planung

Die Gefährdungen im Tunnelbau verlangen umfassende Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer. Gemäss Unfallversicherungsgesetz ist der Arbeitgeber für die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz seiner Mitarbeiter verantwortlich. Beim komplexen Bauprojekt der AlpTransit Gotthard wurden die Arbeitssicherheit und der Gesundheitsschutz jedoch bereits in der Planung berücksichtigt. Zudem suchten die AlpTransit Gotthard AG und die Suva frühzeitig die Zusammenarbeit.

Mit dem Bauprojekt des Gotthard-Basistunnels wurde in verschiedener Hinsicht Neuland betreten, da noch nie ein Verkehrstunnel in dieser Länge, Tiefenlage und Komplexität realisiert wurde. Gut ausgebildete Sicherheitsbeauftragte der beteiligten Unter-

nehmen haben eine zentrale Funktion. Voraussetzung ist allerdings eine Sicherheitskultur, die sich entwickeln muss und nicht einfach verordnet werden kann. Arbeitssicherheit ist eine Haltung, die in erster Linie von der Unternehmensleitung gelebt werden muss. Nur so kann in der Prävention eine nachhaltige Wirkung erzielt werden.

Duale Sicherheitsstrategie

Um Berufsunfälle und -krankheiten zu verhüten, verfolgt die SuVA zusammen mit der Bauherrschaft eine duale Strategie. Einerseits setzen sie auf technische (z. B. Partikelfilter für Dieselmotoren, Lüftung, Kühlung), organisatorische (z. B. Arbeitsorganisation, Führung) und personenbezogene Maßnahmen (z. B. Warnkleidung, Selbstretter-Ausrüstung, Schutzmasken). Andererseits ist die Suva zuständig für die arbeitsmedizinische Vorsorge. Damit werden Arbeitnehmer mit individuellen Risikofaktoren und einer damit verbundenen erhöhten gesundheitlichen Gefährdung erfasst bzw. Berufskrankheiten – wie z. B. Silikose, Allergien durch Zement etc. – so früh wie möglich erkannt.

Die Arbeitnehmer der AlpTransit-Baustellen werden bei Stellenantritt und danach in regelmäßigen Zeitabständen untersucht. Fachärztinnen und -ärzte für Arbeitsmedizin der Suva beurteilen, ob die Arbeitnehmer gefährdet sind. Die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen werden bis zum Abschluss der Bauarbeiten weitergeführt. Sie gestatten es, Arbeitnehmer mit individuellen Risikofaktoren und einer damit verbundenen erhöhten Gefährdung zu erkennen und die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen. 

ed rock and the setting concrete are also sources of heat. A muggy climate can evolve together with the underground water. In order to ensure that the labour force is not exposed to a considerable health risk, the temperature at the underground workplace must not be more than 28 °C. This calls for complex and technically sophisticated air-conditioning measures.

Industrial Safety incorporated in Planning

The hazards prevalent in tunnelling require comprehensive measures devised to protect employees. In keeping with the law governing accident insurance the employer is obliged to bear responsibility for industrial safety and the health protection of his labour force. However, industrial safety and health protection have already been taken into account at the planning stage for a scheme as complex as the AlpTransit Gotthard construction project. In addition the AlpTransit Gotthard AG and the Suva embarked on collaborating with one another early on.

New ground was broken in various respects with the Gotthard Base Tunnel construction project as never before has a transport tunnel of this length,

depth and complexity been accomplished. Well trained safety officers from the companies involved have a key role to play. However, the prior requisite is an approach to safety that has to develop and cannot simply be called for. Industrial safety is an attitude, which first and foremost must be experienced by the company management. Only in this way can a lasting effect be achieved regarding prevention.

Dual Safety Strategy

In order to prevent occupational accidents and illnesses the SuVA pursues a dual strategy in conjunction with the client. On the one hand they depend on technical (e.g. particle filters for diesel engines, ventilation, air-conditioning), organisational (e.g. work organisation, management) and personnel-related measures (e.g. protective clothing, self-rescue equipment, protective masks). On the other the Suva is responsible for industrial medical prevention. In this way employees with individual risk factors and in turn an increased health risk potential are assessed and industrial illnesses – such as e.g. silicosis, allergies resulting from cement etc. – traced as soon as possible. 

Zusammenhang Unfallzeitpunkt – Schichtverlauf

W. Zeder

Der AlpTransit Gotthard AG als Bauherrin des Gotthard-Basistunnels ist die Sicherheit der Arbeitnehmer auf ihren Baustellen ein zentrales Anliegen. Gemeinsam mit den Unternehmern und der SUVA betreibt sie einen großen Aufwand für die Arbeitssicherheit. Sie führt für alle Baustellen Statistiken zur Beurteilung der Sicherheit und der Unfallhäufigkeit. Die Resultate dienen der Erfolgskontrolle. Überdies schaffen sie die Grundlage für künftige Personalschulungen und für die Maßnahmenplanung.

Alle ATG-Baustellen untersucht

Die AlpTransit Gotthard AG wollte deshalb wissen, wie sich die Unfälle auf den großen Tunnelbaustellen über die Dauer einer Arbeitsschicht verteilen. Für ihre Untersuchung benutzte die AlpTransit Gotthard AG das Unfallgeschehen vom 1. Juni 2008 bis zum 31. Dezember 2008. Sie stützte sich dabei auf die Ereignismeldungen der Unternehmer,

ergänzt mit dem Unfallzeitpunkt sowie dem Schichtbeginn und dem Schichtende.

Die betrachteten Baustellen lassen sich wie folgt kurz charakterisieren:

- In Erstfeld standen in der Untersuchungsperiode die Vortriebsarbeiten mit den beiden Tunnelbohrmaschinen und der konventionelle Ausbruch der Querschläge im Vordergrund. Die Wegzeit vom Change-House zum Arbeitsplatz betrug im Mittel ca. 15 Minuten.

- In Amsteg sind die Vortriebsarbeiten bereits abgeschlossen. In der Berichtsperiode wurden Gewölbe hergestellt und Ausbauarbeiten wie Bankette, Kabeltrassen usw. ausgeführt. Die Wegzeit betrug im Mittel ca. 20 Minuten.

- In Sedrun waren in der Untersuchungsperiode in Richtung Süden die konventionellen Vortriebsarbeiten im Gange. Im Nordabschnitt wurden Gewölbe und Ausbauarbeiten ausgeführt. Die Wegzeit betrug im Mittel über 1 Stunde.

- In Faido lag der Schwerpunkt der Arbeitsausführung beim Vortrieb mit 2 Tunnelbohrmaschinen in Richtung Norden. Die Wegzeit betrug im Mittel ca. 30 Minuten.

- Im Teilabschnitt Bodio waren während der Berichtsperiode Innenausbauarbeiten wie das Herstellen von Banketten und Wänden sowie erste Montagearbeiten (Türmontagen) in Ausführung. Die

Connection between Time of Accident and Course of Shift

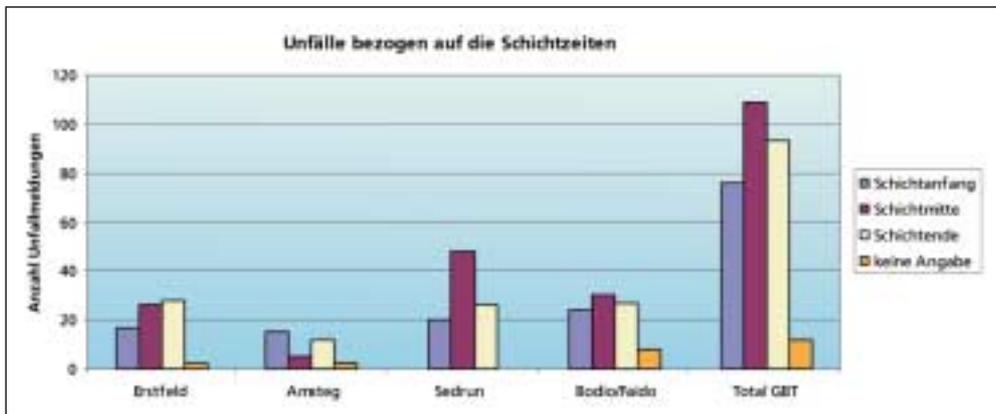
W. Zeder

The AlpTransit Gotthard AG as the client for the Gotthard Base Tunnel is essentially concerned with the safety of its employees on the construction sites. Together with the contractors and the Suva its outlay for industrial safety is considerable. For all sites it records statistics designed to assess the safety and accident frequency. Results serve to ascertain success. In addition they serve as the basis for

future staff training schemes and the planning of measures.

All ATG Construction Sites investigated

As a consequence the AlpTransit Gotthard AG wanted to know how accidents are divided up on major tunnelling sites during the course of a working shift. For its investigation the AlpTransit AG made use



28 Zusammenhang Unfallzeitpunkt-Schichtverlauf

28 Link between time of accident and course of shift

Wegzeit betrug im Mittel ca. 30 Minuten.

Insgesamt waren während der beobachteten Zeitspanne auf den Baustellen Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faido und Bodio ca. 1.860 Mitarbeiter beschäftigt.

Ergebnisse der Untersuchung

Die Untersuchung der Alp-Transit Gotthard AG kam zu folgenden Ergebnissen (Bild 28):

■ Die Auswertung der Daten zeigt ein uneinheitliches Bild.

Es sind keine Gesetzmäßigkeiten zu erkennen.

■ Bei Baustellen mit Schwergewicht bei den Vortriebsarbeiten nimmt die Unfallhäufigkeit gegen das Schichtende tendenziell zu.

■ Baustellen mit langen Anmarschwegen neigen zu einer größeren Unfallhäufigkeit im mittleren Schichtdrittel.

■ Die monatlichen Auswertungen lassen keine Schwerpunkte erkennen.

■ Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Unfallzeitpunkt und Schichtverlauf ist nicht sichtbar. 

of accidents occurring between June 1st and December 31st, 2008. This was based on incident reports by the contractors supplemented with the point in time of the accident as well as when the shift started and finished.

The construction sites that were analysed can be briefly characterised as follows:

■ In Erstfeld during the investigation period the driving operations with the 2 tunnel boring machines and the conventional excavation of the cross-passages were highlighted. The time required from the changehouse to the workplace amounted to roughly 15 min on average.

■ In Amsteg the driving operations have already been concluded. During the period of the report vaults were produced and furnishing work such as kerbs, cable ducts etc. executed. The time required on average amounted to 20 min.

■ In Sedrun during the investigation period conventional drives were in progress towards the south. In the northern section vaults and furnishing work was being carried out. On aver-

age the time required to the workplace amounted to more than 1 h.

■ In Faido the emphasis was placed on excavation northwards with 2 tunnel boring machines. On average the time needed to the workplace was roughly 30 min.

■ During the period of the report in the Bodio part-section inner furnishing work such as the production of kerbs and walls as well as initial assembly jobs (assembly of doors) was underway. On average the time needed to the workplace amounted to about 30 min.

Altogether around 1,800 employees were required on the Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faido and Bodio construction sites during the observed time period.

Results of the Investigation

The AlpTransit Gotthard AG investigation arrived at the following conclusions (Fig. 28):

■ Evaluation of the data revealed a non-uniform picture. No conformities could be identified

■ In the case of construction sites where the emphasis lay on driving operations the accident frequency tended to increase towards the end of the shift

■ Construction sites which took a long time to reach tended to greater accident frequency in mid-shift

■ The monthly evaluations revealed no points of focus

■ A distinct connection between the time of accident and the course of the shift is not perceivable. 

Die Redaktion ist für Sie da!

Haben Sie Fragen oder Vorschläge zu den Artikeln in Tunnel, zu Autoren oder zu Produkten? Wollen Sie uns Ihre Meinung sagen?

Schreiben Sie uns oder rufen Sie an:

Redaktion Tunnel, Postfach 120,
D-33311 Gütersloh,

Telefon: +49 (0) 52 41 / 80-88730

Fax: +49 (0) 52 41 / 80-9650,

E-Mail: roland.herr@bauverlag.de