



**Tunnels**

**Tunnels**

**Tunnels**

Peter Teuscher, Peter Zbinden



Die neuen Eisenbahn-Alpentransversalen Gotthard und Lötschberg.  
The new Gotthard and Lötschberg alpine rail crossings.

## Einleitung

Europa ist in Bewegung. Immer schneller wollen Ziele erreicht werden, immer mehr Personen und Güter queren die Alpen. Während noch vor 20 Jahren die Zukunft der Bahn angesichts der Konkurrenz von Automobil und Flugzeug eher unsicher erschien, haben die 1981 lancierten Hochgeschwindigkeitszüge die Situation in Europa markant verändert.

Das Schweizer Volk hat seinen Willen geäußert und sich klar für die Modernisierung der Bahn sowie für die Verlagerung des alpenquerenden Transitverkehrs von der Strasse auf die Schiene ausgesprochen. Die Annahme der Vorlage zu den neuen Eisenbahn-Alpentransversalen (NEAT) im Jahr 1992 bildete die Planungsgrundlage. Mit der Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe

(LSVA) und der Vorlage zur Modernisierung der Bahn gab der Souverän im Jahre 1998 grünes Licht für das grösste Investitionsvorhaben der Schweiz.

Das Transitverkehrsvolumen durch die Alpen hat in den letzten Jahrzehnten stetig zugenommen, doch die Bedeutung der Bahn blieb gegenüber der Strasse mehr und mehr zurück. Die Realisierung der beiden Jahrhundertbauwerke – der 34,6 km lange Basistunnel am Lötschberg sowie der 57 km lange Basistunnel am Gotthard (Bild 1) – wird einen entscheidenden Beitrag leisten, um den politischen Willen, den Güterverkehr von der Strasse auf die Schiene zu verlagern, in die Tat umzusetzen.

## Moderne Verbindungen für Europa

Mit dem Bau der NEAT integriert sich die Schweiz im Reisezugverkehr in das erfolgreiche europäische Hochgeschwindigkeitsnetz. Die zukünftigen Reisezüge werden mit über 200 km/h über die Neubaustrecken rollen. Sowohl auf der Gotthard- als auch auf der Lötschberg-Achse reduziert sich die Reisezeit zwischen Basel und Mailand um rund eine Stunde. An den Knotenbahnhöfen entstehen leistungsfähige Anschlüsse an das schweizerische, deutsche und italienische Bahnnetz. Dank dieser kürzeren und schnelleren Verbindung wird die

## Introduction

Europe is on the move. Destinations must be reached more quickly than ever – more and more people and goods are crossing the Alps. 20 years ago, it seemed that the railways faced an uncertain future on account of the competition posed by cars and aircraft; the high-speed trains that were proposed in 1981 have changed the situation in Europe significantly.

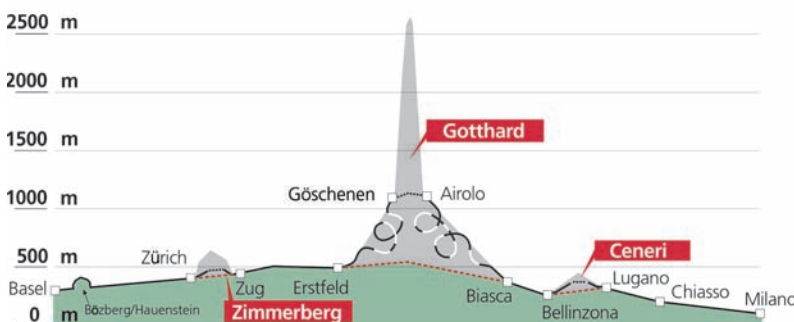
The people of Switzerland have expressed their will and have clearly spoken out in favour of modernising the railways and switching transit traffic from road to rail. The acceptance of the draft for the new Alpine rail routes (NEAT) in 1992 formed the basis for planning. With the performance-related levy on heavy traffic (LSVA) and the bill for modernising the railways, the legislature gave the green light in 1998 for Switzerland's greatest ever investment programme.

During recent decades, the volume of transit traffic passing through the Alps has constantly increased; however, the railways' significance compared with roads lagged behind, with a gap ever-growing. The completion of two unique structures, namely the 34.6 km long Lötschberg base tunnel and the 57 km long Gotthard base tunnel (figure 1, will make a decisive contribution towards translating the political resolve, to switch goods traffic from rail to road, into practice.

## Modern links for Europe

By building the NEAT, Switzerland is integrating itself in terms of passenger traffic into the successful European high-speed network. In future, passenger trains will travel over the new route at more than 200 km/h. The travel time between Basel and Milan over the Gotthard as well as over the Lötschberg line amounts to just under four hours. At rail hubs,

2 Gotthardachse mit Gotthard-, Zimmerberg- und Ceneri-Basistunnels.  
Gotthard route with Gotthard, Zimmerberg and Ceneri base tunnel.



Bahn wieder konkurrenz- und marktfähiger. Über 20 Millionen Menschen im Norden und im Süden werden diese Vorteile wahrnehmen.

## Die Gotthard-Achse

### Überblick

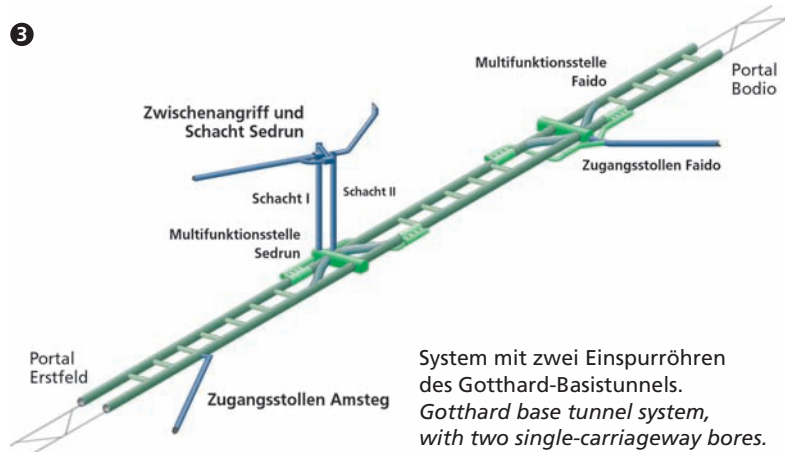
Der Gotthard-Basistunnel ist das Herzstück der Nord-Süd-Bahnverbindung via die Gotthard-Achse. Er wird in nördlicher Richtung durch den Zimmerberg-Basistunnel, in südlicher Richtung durch den Ceneri-Basistunnel ergänzt (Bild 2). Die Scheitelhöhe dieser Flachbahn liegt 550 m ü. M., also nur rund 130 m höher als der Hauptbahnhof in Zürich. Die neue Gotthardbahn wird damit zur tiefstliegenden Alpenquerung.

Der 57 km lange Tunnel besteht aus zwei einspurigen Röhren, welche durch Querstollen ca. alle 300 m miteinander verbunden sind (Bild 3). An zwei Stellen entstehen aus Gründen der Sicherheit Nothaltestellen. In diesen können Personen im Brandfall aus den Zügen evakuiert werden.

### Baukonzept Gotthard-Basistunnel

Die Geologie entlang der Tunneltrasse ist dank der steil stehenden bis vertikalen Felsstruktur, der zahlreichen Sondierbohrungen sowie der vielen ausgeführten Tunnelprojekte weitgehend bekannt (Bild 4). Trotzdem besteht ein gewisses Restrisiko, welches jedoch mit verschiedenen Zusatzmassnahmen stark eingeschränkt wird. Um Bauzeit und Kosten zu optimieren, erfolgt der Vortrieb gleichzeitig von fünf verschiedenen Orten aus (Bild 6).

3



System mit zwei Einspurröhren des Gotthard-Basistunnels.  
Gotthard base tunnel system, with two single-carriageway bores.

attractive connections to the Swiss, German and Italian rail systems are being established. The railways will become competitive and market-oriented again thanks to these shorter and speedier connections. More than 20 million people on both sides of the Alps will be able to take advantage of them.

### The Gotthard axis

#### Overview

The Gotthard base tunnel represents the core of the north-south rail link along the Gotthard axis. In a northern direction, it is supplemented by the Zimmerberg base tunnel and towards the south by the Ceneri base tunnel (figure 2). The high point of this line is located 550 m above sea level, in other words, only 130 m higher than Zurich's Central Station. In this way, the new Gotthard route will become the deepest-seated Alpine crossing.

The 57 km long tunnel comprises two single-track tubes, which are linked by cross passages every 300 m (figure 3). Emergency stop stations are provided at two points for safety reasons. Persons can be evacuated into

them from the trains in the event of an incident.

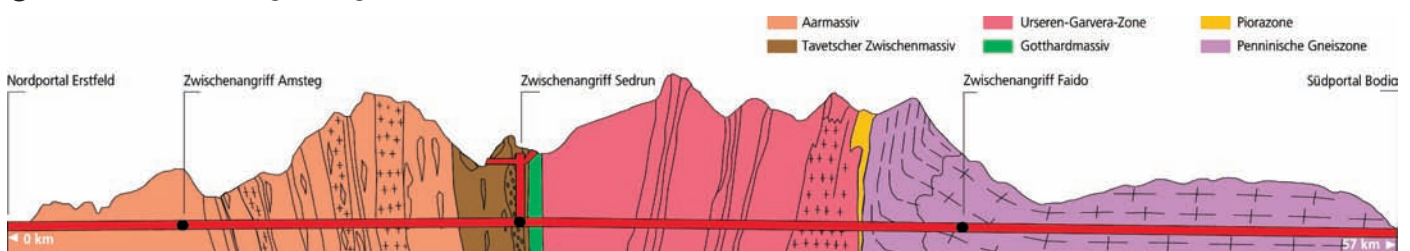
### Gotthard base tunnel construction concept

The geology along the tunnel route is largely known thanks to the steep to upright rock structure as well as the large number of exploratory bores and tunnel projects that have already been carried out (figure 4). Nonetheless, there is a certain residual risk, which can be considerably reduced thanks to various precautionary measures. In order to ensure that construction times and costs are optimised, tunnelling is to progress simultaneously at five different faces (figure 6). The Gotthard base tunnel is scheduled to open in 2013.

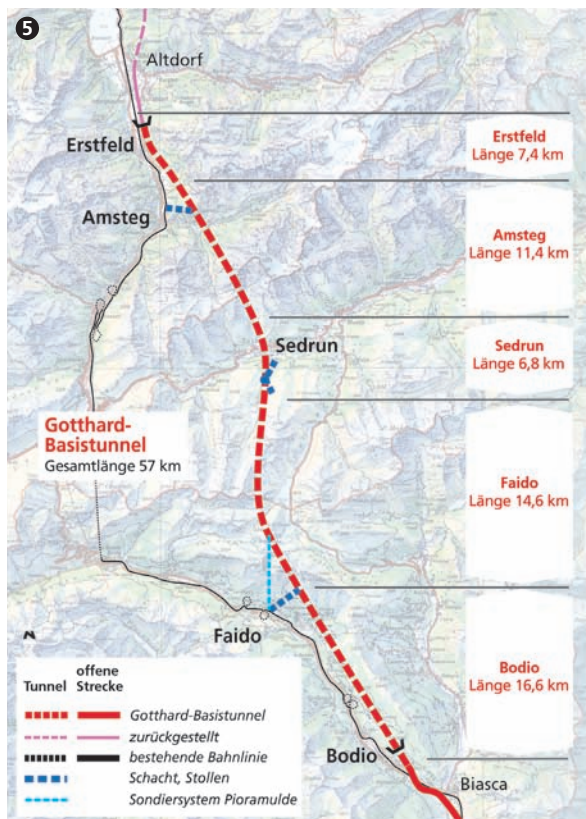
The Erstfeld section is the northernmost part of the Gotthard base tunnel (figure 5). Last year, the Swiss Federal Council approved the route alignment in the Canton of Uri, so it seems likely that construction can be started in 2004. The Amsteg section is the adjoining one in the north. The 1.8 km long access tunnel has already been completed, which

4

Geologisches Längenprofil des Gotthard-Basistunnels.  
Geological longitudinal section of the Gotthard base tunnel.







Horizontale Linienführung des Gotthard-Basistunnels mit der Einteilung der Baulose.  
*Horizontal line layout of the Gotthard base tunnel, showing the division into sections.*

Die Eröffnung des Gotthard-Basistunnels ist für das Jahr 2013 geplant.

Der Teilabschnitt Erstfeld ist der nördlichste Teil des Gotthard-Basistunnels (Bild 5). Nachdem der schweizerische Bundesrat im vergangenen Jahr die Linienführung im Kanton Uri festgelegt hat, sind die Arbeiten für das Auflageprojekt in Auftrag gegeben worden. Der Teilabschnitt Amsteg ist der zweite Abschnitt von Norden. Abgeschlossen ist der Bau des 1,8 km langen Zugangsstollens, der die Erschließung der Baustelle vom Installationsplatz aus ermöglicht. Der Ausbruch der Felskaverne für den Vortrieb Richtung Süden hat begonnen.

Der Teilabschnitt Sedrun ist über einen 1 km langen Zugangsstollen und den anschließenden 800 m tiefen Schacht erschlossen. Dieser hat im Februar 2000 das Niveau des zukünftigen Basistunnels erreicht. Im Bau befinden sich zurzeit (Mitte 2002) der zweite Schacht und die definitive Förder-

anlage. Hier entsteht auch eine der beiden Multifunktionsstellen, die in der Betriebsphase bahntechnische Einrichtungen, Nothaltestellen und Spurwechsel beherbergen werden.

Der Teilabschnitt Faido wird ebenfalls über einen 2,7 km langen Zugangsstollen erschlossen, welcher ein Gefälle von 12,7 % aufweist. Hier liegt die zweite Multifunktionsstelle.

Der Teilabschnitt Bodio ist der südlichste Teil des Gotthard-Basistunnels. Abgeschlossen sind der Schutterstollen sowie der Umgehungsstollen, der eine Zone mit Lockergestein im Portalbereich umgeht und damit eine schnellere Erschließung der unterirdischen Montageplätze für die Tunnelbohrmaschinen ermöglicht.

Mit den Bauarbeiten wurde in Sedrun 1996, in Amsteg Mitte 1999 und in Faido und Bodio Ende 1999 respektive Anfang 2000 begonnen. Unter dem Gotthardmassiv entsteht der längste Tunnel der Welt. Bei Felsüberlagerungen von bis zu 2300 m erwartet man eine Gesteinstemperatur von maximal 45°C. An das Arbeitsklima werden hohe Anforderungen gestellt. So darf die Temperatur 28°C und die relative Luftfeuchtigkeit 70% nicht überschreiten. Alle Arbeiten verlaufen bis anhin entsprechend dem vorgesehenen Terminprogramm (Bild 6) und den vorgegebenen Kosten. Nur der nördliche Teil – die Linienführung im Kanton Uri – bereitet noch terminliche Sorgen, weil hier politische Entscheide ausstehen.

#### Materialbewirtschaftung beim Gotthard-Basistunnel

Beim Bau des Gotthard-Basistunnels fallen insgesamt rund 24 Mio. Tonnen Ausbruchmaterial an. Dies entspricht einem Volumen, das ausreichen würde, um fünf Cheops-Pyramiden zu bauen. Wohin mit dieser gewaltigen Ausbruchmenge? Die AlpTransit Gotthard AG hat gemeinsam mit Hochschulen, Forschungsstätten und der Betonindustrie in Labors und auf Baustellen verschiedene

*facilitates the development of the excavation faces from the surface site as well as excavation of the rock cavern for the drive towards the south.*

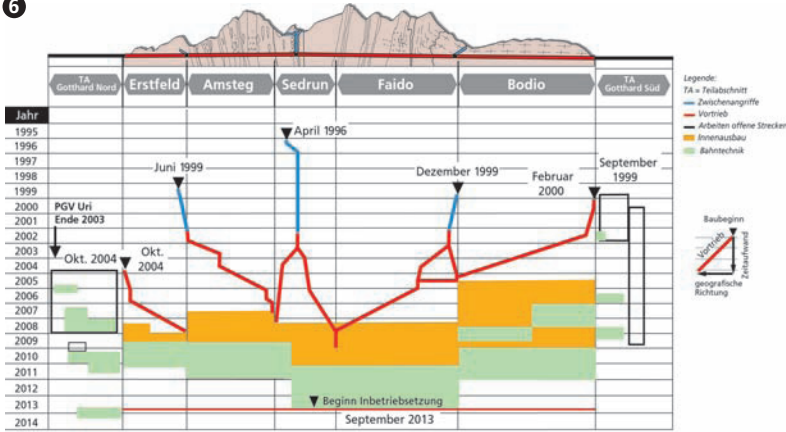
*The Sedrun section has been developed via a 1 km long access tunnel and the adjoining 800 m deep shaft. This reached the level of the future base tunnel in February 2000. Currently under construction (July 2002) are the second shaft and the definite conveyor system. One of the two multi-functional stations will also be set up here – these stations are designed to house technical installations for the railways, emergency stop stations and change-of-gauge facilities.*

*The Faido section is to be developed via a 2.7 km long access tunnel, which possesses a gradient of 12.7 % and is shortly due to be completed. The second multi-functional station is located here. The Bodio section is the southernmost part of the Gotthard base tunnel. Completed are the muck transportation tunnel and the bypass tunnel, which is driven to circumvent a soft-rock area in the portal zone, thus enabling the underground assembly points for the TBMs to be opened up more effectively.*

*Construction operations commenced at Sedrun in 1996, in mid-1999 at Amsteg, and in Faido and Bodio at the end of 1999 and the start of 2000, respectively. The world's longest tunnel is being driven beneath the Gotthard massif. With rock overburdens of up to 2300 m, a maximum rock temperature of 45°C is expected. High demands are placed on the working environment. For example, the temperature must not exceed 28°C, and the relative air humidity 70 %.*

*All operations are currently on schedule (figure 6) and the estimated costs have not been exceeded. Only the northern section – the route alignment in the canton of Uri – is proving to be a headache, as political decisions have still to be taken there.*

6



Terminprogramm Gotthard-Basistunnel.  
Gotthard base tunnel time schedule.

Untersuchungen durchführen lassen. Diese ergaben, dass für den Bau des Basistunnels rund 5 Mio. t Ausbruchmaterial als Betonzuschlagstoff verwertet werden können. Das restliche Ausbruchvolumen wird von Dritten genutzt. Im Urner Reussdelta werden damit zum Beispiel Renaturierungen durchgeführt oder ausgebeutete Steinbrüche und Kiesgruben aufgefüllt. So werden Kosten eingespart und gleichzeitig wertvolle natürliche Ressourcen geschont.

## Die Lötschberg-Simplon-Achse

### Überblick

Der Lötschberg-Basistunnel ist 34,6 km lang und verbindet Frutigen im Kandertal (Kanton Bern) mit Raron im Wallis (Bild 7). Zusammen mit dem bereits bestehenden zweiröhri-gen Simplon-Basistunnel bildet er die Lötschberg-Simplon-Basislinie – eine wichtige Nord-Süd-Verbindung im Herzen Europas. Das Nordportal des Lötschberg-Basistunnels im Tellenfeld bei Frutigen liegt auf 780m Höhe, dasjenige in Raron auf 660m. Der Tunnel steigt bis zum Scheitelpunkt im Berg zwischen den Kantonen Bern und Wallis um 3‰ an und fällt auf der Südseite um rund 11‰.

Auch der Lötschberg-Basistunnel wurde als zweiröhri-ger, richtungsgetreun-ter Einspurtunnel konzipiert (Bild 8). Er wird in drei Bauetappen realisiert. Bei der Eröffnung im Jahre 2007 erfolgt

### Material management for the Gotthard base tunnel

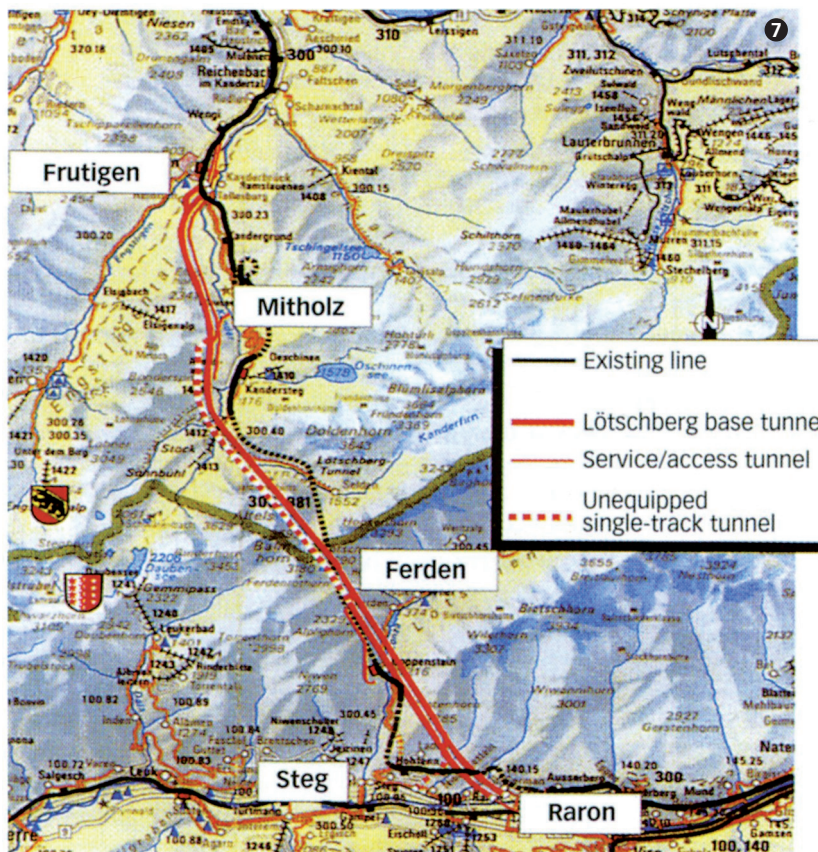
Altogether 24 million tonnes of spoil will accumulate during the construction of the Gotthard base tunnel, enough to build the Cheops pyramid five times over. So what should be done with this huge amount of excavation material? In conjunction with universities, research centres and the concrete industry, the AlpTransit Gotthard Ltd. had various tests carried out in laboratories and on construction sites. These revealed that around 5 million tonnes of

spoil can be used as concrete aggregate during the building of the base tunnel. The remaining excavated material will be used by third parties. In the Reuss delta of Uri, for example, landscaping projects will be undertaken or abandoned quarries and gravel pits filled in. In this way, costs will be saved and, at the same time, invaluable natural resources conserved.

## The Lötschberg-Simplon axis

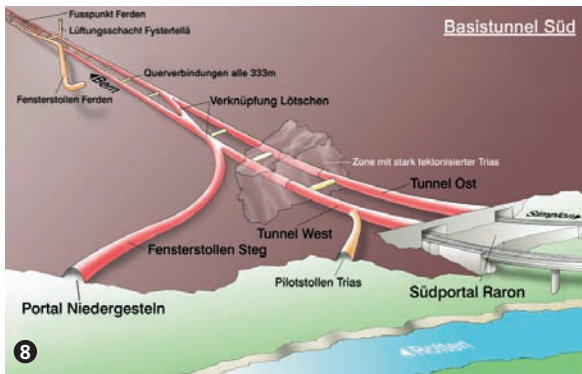
### Overview

The Lötschberg base tunnel is 34.6 km long and links Frutigen in the Kander valley (canton berne) with Raron in Valais (figure 7). It forms the Lötschberg-Simplon base line – an important north-south connection in the heart of Europe – together with the existing two-tube Simplon base tunnel. The Lötschberg base tunnel's northern portal at Tellenfeld near Frutigen is located at a height of 780 m, the one at Raron at 660 m. The tunnel rises by 3‰ until it reaches its apex in the mountains between the cantons of Berne and Valais



Horizontale Linienführung des Lötschberg-Basistunnels.  
Horizontal line layout of the Loetschberg base tunnel.





System mit zwei Einspurröhren des Lötschberg-Basistunnels.

*Lötschberg base tunnel system, with two single carriageway bores.*

die Linienführung teilweise noch einspurig. Zu einem späteren Zeitpunkt wird die zweite Röhre vollständig ausgebrochen und ebenfalls mit der definitiven Verkleidung ausgestattet sowie eisenbahntechnisch ausgebaut. Die Anbindung an die Westschweiz sowie der Ausbau zum Autoverlad sind weitere Projektziele.

#### **Baukonzept Lötschberg-Basistunnel**

Der Lötschberg-Basistunnel ist in geologischer Hinsicht bestens erkundet; dies nicht zuletzt dank dem 9,4 km langen Sondierstollen im Norden, welcher sich von Frutigen bis in das Gebiet von Kandersteg erstreckt und in den Jahren 1994 bis 1996 erstellt wurde. Der bestehende Lötschberg-Scheiteltunnel, Tunnelbauten von Kraftwerken, Strasse und Bahn sowie zahlreiche Sondierbohrungen lieferten weitere wertvolle geologische Erkenntnisse.

Das Tunnelbauwerk verfügt über fünf grosse Baustellen, und zwar im Bereich der Portale in Frutigen und Raron sowie an den Zwischenangriffsstellen Ferden (Portal beim Bahnhof Goppenstein), Steg/Portal Niedergesteln und Mitholz (Bilder 9, 10 und 11). Zurzeit (Juni 2002) arbeiten rund 1500 Personen am gesamten Projekt, 1200 davon auf den einzelnen Baustellen.

Die Baustelle am Südportal Raron ist wegen der beschränkten Platzverhältnisse komplex. Den engen Landstreifen zwischen den beiden

Tunnelportalen sowie der angrenzenden Rhone beanspruchen gleichzeitig die Hauptunternehmung, die Unternehmung, welche die Rhonebrücke baut, sowie ein bestehendes, unabhängig vom Bau weitergeführtes Kieswerk. Während die beiden Portale bereits erstellt wurden, wurde mit dem Sprengvortrieb an der Weströhre in den ersten Monaten des Jahres 2001 begonnen. Eine Tunnelbohrmaschine mit 9,40 m Durchmesser wird in der Oströhre eingesetzt. Die Montage vor dem Portal erfolgt im Frühjahr 2001. Die Anbindung der Basislinie an die bestehende Simplonlinie erfolgt über zwei Rhonebrücken, welche im Jahre 2003 fertiggestellt sein werden. Seit Oktober 2000 erfolgt der Vortrieb ab dem Portal Niedergesteln (Baustelle Steg) mit einer Tunnelbohrmaschine, mit welcher zunächst Kalke, später Granite durchörtert werden. Anfang Juli 2002 waren bereits 8,0 km aufgeföhren. Diese Leistung liegt über den Erwartungen.

Der Vortrieb des rund 4 km langen Fensterstollens Ferden erreichte im September 2000 die beiden Basistunnelröhren (Bilder 10 und 11). Am Fusspunkt des Fensterstollens werden zur Zeit die Kavernen der Nothaltestelle sowie die Lüftungsstollen erstellt. Der Hauptunternehmer beginnt Anfang Mai 2001 mit je zwei Sprengvortrieben in Richtung Süden und in Richtung Norden.

Der 1,5 km lange Zugangstollen Mitholz ist bereits zurzeit des Sondierstollens Kandertal entstanden. Die Kavernen und Stollen im Bereich des Fusspunktes Mitholz wurden noch vom Unternehmer des Zugangstollens ausgeführt. Mittlerweile sind rund 10 km Basistunnel ausgebrochen (Juni 2002). Zwei Vortriebe laufen in Richtung Süden, ein Vortrieb in Richtung Frutigen.

Das Portal Frutigen kommt im Tellenfeld zu stehen. Dort führt die Linie in Tieflage aus dem Tunnel, um dann wieder in einem vorläufig nur einspurig gebauten Tagbautunnel zu verschwinden. Auf

*and drops by roughly 11% at its southern end.*

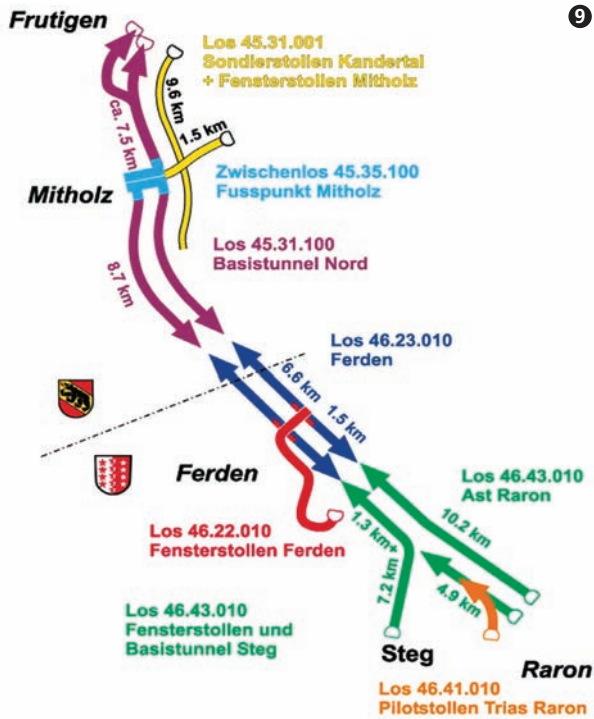
*The Lötschberg base tunnel was also designed in the form of two single-track tubes (figure 8). It is to be completed in three construction stages. When it is opened in 2007, the route alignment will partially still be single-track. Then at some point in the future, the second tube will also be furnished with its final lining and the required technical installations for train services. Further objectives are to provide a link with the West of Switzerland and to develop a car-loading operation.*

#### **Lötschberg base tunnel construction concept**

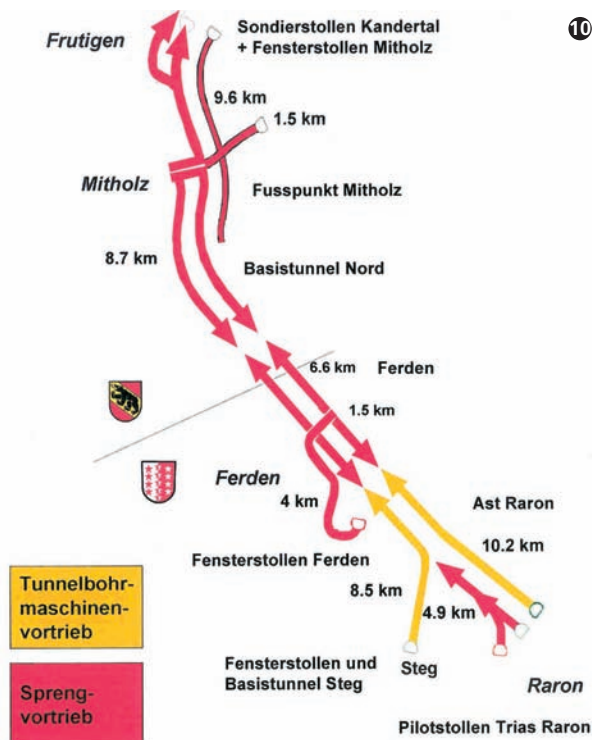
*Geologically speaking, the Lötschberg base tunnel has been thoroughly investigated. This is in no small part due to the 9.4 km long exploratory tunnel in the north, which stretches from Frutigen to the Kandersteg district. It was built between 1994 and 1996. The existing Lötschberg apex tunnel, tunnels for power stations, roads and railways as well as a large number of exploratory bore holes provided invaluable geological information.*

*The tunnel has five major construction sites consisting of the Frutigen and Raron portals as well as the intermediate points-of-attack at Ferden (portal at Goppenstein Station), Steg/Niedergesteln portal and Mitholz (figures 9, 10 and 11). At present (June 2002), roughly 1500 persons are involved in the overall project, 1200 of them on site.*

*The site at the Raron southern portal is complex on account of the restricted space available. The narrow strips of land between the two tunnel portals as well as the nearby Rhone are required by the general contractor, the contractor building the Rhone bridge and an existing gravel plant that has nothing to do with the project. The two portals have already been set up, with drill and blast operations for the western tube scheduled to start during the first*



Hauptbaulose Lötchberg-Basistunnel.  
Lötschberg base tunnel, main sections.



Lötchberg-Basistunnel: Vortriebsverfahren.  
Lötschberg base tunnel: tunnel-driving procedure.

9 der Höhe von Wengi/Ey schliesst die Basislinie an die bestehende Berglinie an. Zurzeit sind die Vorbereitungen für das Plangenehmigungsverfahren im Gange. Der Bauherr sieht vor, mit dem Arbeiten im Raum Frutigen im Herbst des Jahres 2001 beginnen zu können.

Der Durchschlag zwischen den beiden Hauptlosen Ferden und Mitholz ist für Ende 2004/Anfangs 2005 geplant (Bild 11). Bis zu diesem Zeitpunkt laufen die Vortriebsarbeiten teilweise parallel zum Innenausbau und zur Innenausrüstung. Dank einer sorgfältig aufeinander abgestimmten Planung und den vorgesehenen Vortriebsleistungen wird es möglich sein, den Lötschberg-Basistunnel im Jahre 2007 dem Verkehr zu übergeben.

#### Materialbewirtschaftung beim Lötchberg-Basistunnel

Beim Bau des Lötchberg-Basistunnels fallen insgesamt 16 Mio. t Material an – in Volumen umgerechnet, entspricht dies etwa dem Volumen des Matterhorns. Rund ein Drittel dieses Ausbruchmaterials wird in Form von Betonzuschlagsstoffen für Sohlenelemente (Tübbing) und Spritzbeton wiederverwendet. Die Standorte für die später wieder vollständig zu entfernenden Anlagen der Materialwiederverwertung sind umweltverträglich gewählt: Im Süden konnte man den ehemaligen Militärflugplatz Raron nutzen, im Norden den Perimeter des bestehenden Steinbruch- und Hartschotterwerkes von Mitholz beanspruchen. Ausbruchmaterial der Klassen 2 und 3 findet für verschiedene Schüttungen Verwendung, so zum Beispiel beim Bau des Lawenschutz隧nells der Kantonsstrasse bei Mitholz oder für die Aufschüttung, welche im Raum Wengi (Kandertal) notwendig ist, um dortiges Kulturland zu erhalten. Priorität hat beim Materialtransport die Bahn. Nicht wiederverwertbares Ausbruchmaterial wird mittels Förderbändern oder per Bahn auf Deponien transportiert. Die Bauleitung ist

few months of 2001. A 9.40-m diameter TBM is to be used in the eastern tube. Assembly in front of the portal is to start in spring 2001. The linking of the base line with the existing Simplon line will be carried out via two bridges over the Rhone, which are due to be completed in 2003.

Excavation has been in progress at the Niedergesteln portal (Steg construction site) since October 2000 using a TBM, driving first through limestones, then later granites. 8.0 km had been driven at the beginning of July 2002. This performance is in excess of expectations.

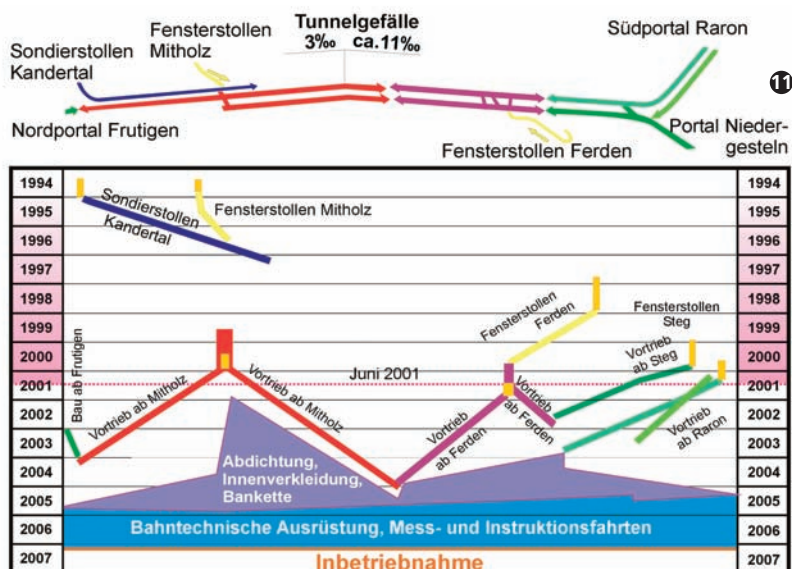
The drive for the roughly 4 km long Ferden access tunnel reached the two base tunnel tubes in September 2000 (figures 10 and 11). At the bottom of the access tunnel, the caverns for the emergency bay as well as the ventilation tunnels are being set up. The main contractor will embark on two drill and blast drives towards the south and north at the start of May 2001.

The 1.5 km long Mitholz access tunnel was built at the same time as the Kandertal exploratory tunnel. The caverns and tunnels around the Mitholz point-of-attack were excavated by the contractor who built the access tunnel. By now, around 10 km of the base tunnel have been driven (June 2002). Two drives run towards the south, one towards Frutigen.

The Frutigen portal ends at Tellenfeld. There the line emerges from the tunnel at depth only to disappear again into a cut-and-cover tunnel which is temporarily only single-track. At Wengi/Ey, the base line joins up with the existing mountain line. At present, preparations for the planning approval proceedings are being tackled. The client intends to have work in the Frutigen area started in autumn 2001.

The breakthrough for the two main sections at Ferden and Mitholz is scheduled for the end of 2004/beginning of 2005 (figure 11). Until then, excavation will





Terminprogramm Lötschberg-Basistunnel.  
Lötschberg base tunnel time schedule.

dafür besorgt, dass die beauftragten Unternehmen die vereinbarten bzw. die gesetzlichen Standards einhalten.

### Schlussbemerkungen

Die kommende Generation wird sich die Frage stellen, wie nach der Inbetriebnahme des Gotthard- und Lötschberg-Basistunnels die noch bestehenden Lücken des AlpTransit-Projektes zu schliessen sind. Es betrifft dies insbesondere den für das Jahr 2016 geplanten Ceneri-Basistunnel und den Zimmerberg-Basistunnel. Gefragt sind Weitsicht im Denken und Durchsetzungskraft im Handeln. Nur so wird aus dem zunächst noch lückenhaften Ausbau der Nord-Süd-Achsen dereinst eine vollwertige Verbindung im Netz der europäischen Eisenbahnen und damit verbunden eine nachhaltige Aufwertung des Lebens- und Wirtschaftsraums unserer Alpenregion. ●

#### Verfasser/Authors

Peter Teuscher  
dipl. Bauing. HTL  
Unternehmensleiter  
BLS AlpTransit AG  
Aarestrasse 38 B, CH-3601 Thun  
bls.alptransit@blsat.ch

Peter Zbinden  
dipl. Bauing. HTL  
Unternehmensleiter  
AlpTransit Gotthard AG  
Zentralstrasse 5, CH-6003 Luzern  
info@alptransit.ch

partly be undertaken in parallel to the internal lining and furnishing operations. Thanks to carefully harmonised planning and adherence to the predetermined rates of advance, it should be possible to open the Lötschberg base tunnel in 2007.

#### Material management for the Lötschberg base tunnel

Altogether 16 million tonnes of spoil will be produced during the building of the Lötschberg base tunnel. This roughly corresponds to the volume of the Matterhorn. Approximately one third of this excavated material will be reutilised in the form of concrete aggregate for segments and shotcrete. The location of the material recycling plants, which will later be completely disassembled, were selected with environmental considerations in mind. In the south, it was possible to make use of the former military airfield at Raron. In the north, the working areas of the existing quarry and gravel plant at Mitholz were made use of. Excavation material of classes 2 and 3 is used for various purposes. For example, for constructing the avalanche protection tunnel for the cantonal highway at Mitholz, or for fill required in the Wengi district (Kandertal) to conserve the landscape there. Material transport is mainly carried out via rail. Non-utilised excavated

material is carried to dumps by means of conveyor belts or by rail. The site management intends to make sure that the firms employed comply with the agreed legal standards.

### Concluding remarks

The coming generation will ask how the remaining gaps between the base tunnels Zimmerberg, Gotthard und Ceneri are to be closed following the opening of the Gotthard and Lötschberg base tunnels and how these lines are to be integrated into the European high-speed system in the north and the south. This applies especially to the Ceneri base tunnel planned for 2016 and the Zimmerberg base tunnel. Vision in terms of thinking and the ability to act are required. Only in this way will it be possible to create a completely functioning link with the European railways network – upgrading what is initially the unfinished development of the north-south axes – and, in turn, ensure lasting improvements in social and economic conditions for our Alpine region. ●

#### Referenzen/References

- E. Blank, D. Fellner; TBM-Vortriebe beim Gotthard-Basistunnel, Felsbau 17, 1999.
- P. Teuscher, P. Hufschmied; Lötschberg-Basistunnel – Beginn der Bauarbeiten, Tunnel 4, 2000.
- W. Gehrig; Das Vorprojekt des Gotthard-Basistunnels, Proc. Int. Symp. Basistunnel durch die Alpen (Ed. R. Fechtig, K. Kovári), Swiss Federal Inst. of Technology, Zurich, 1994.
- P. Kellerhals; Geologische Vorerkundung Lötschberg-Basistunnel, Proc. Symp. on Schweizer Alpen-Basistunnel, Swiss Soc. of Soil Mechanics and Rock Mechanics, 1993.
- K. Kovari; The two Base Tunnels of the AlpTransit Project: Lötschberg and Gotthard, Forschung + Praxis, STUVA-Tagung, Stuttgart, 1995.
- T. Schneider; Geologische Vorerkundung Gotthard-Basistunnel, Proc. Symp. on Schweizer Alpen-Basistunnel, Swiss Soc. of Soil Mechanics and Rock Mechanics, 1993.
- P. Teuscher; Das Vorprojekt des Lötschberg-Basistunnels, Proc. Int. Symp. Basistunnel durch die Alpen (ed. R. Fechtig, K. Kovári), Swiss Federal Inst. of Technology, Zurich, 1994.
- P. Teuscher; AlpTransit Lötschberg-Basistunnel: Projekt, Planungsmethodik und erste Erfahrungen, Forschung + Praxis, STUVA-Tagung, Düsseldorf, 1998.
- P. Zbinden, J. Kellenberger; Die projektstrategische Bedeutung der Baugrunderkundung beim Gotthard-Basistunnel/Sondiersystem Pioramulde, Felsbau 16, 1998.
- P. Zbinden; AlpTransit Gotthard-Basistunnel: Geologie, Vortriebsmethoden, Bauzeiten und Baukosten, Stand der Arbeiten und Ausblick, Forschung + Praxis, STUVA-Tagung, Düsseldorf, 1998.



Christophe Carron, Jean Pralong, Peter Ritz, Michel Zermatten

### Zusammenfassung

Beim Bau des 34,6 km langen Lötschberg-Basistunnels werden 16 Millionen Tonnen Material ausgebrochen, davon 10 Millionen Tonnen im Abschnitt Süd und 6 Millionen Tonnen im Abschnitt Nord. Für die Bewirtschaftung des Ausbruchmaterials wurde ein umfassendes Konzept entwickelt. Im Mittelpunkt dieses Konzeptes steht die Aufbereitung des Ausbruchmaterials zu Betonzuschlagstoffen, die für den Eigengebrauch des Projektes genutzt werden können. Eine spezielle Herausforderung stellt die Bedingung dar, dass die Betonzuschlagstoffe bzw. der eingebrachte Beton alkali-aggregat-reaktionsbeständig sein sollen.

Eine nicht einfache Aufgabe hat die Bauherrin in ihrer Doppelfunktion als Lieferantin des Rohmaterials für die Betonzuschlagstoffe an den Unternehmer Materialbewirtschaftung und als Lieferantin der fertig aufbereiteten Betonzuschlagstoffe an die Unternehmer der Tunnel- bzw. Aussenlöse.

### Einleitung

Der 34,6 km lange Lötschberg-Basistunnel zwischen Frutigen im Kandertal und Raron im Wallis ist

### Summary

During the construction of the 34.6 km long Lötschberg base tunnel 16 million tons of material must be excavated, of which 10 million tons are removed from the south sector and 6 million tons from the north. An all-embracing material management concept has been developed for the treatment of the excavated materials. The central point of this concept is the conversion of the excavated material into concrete aggregates, which can be reused in the Lötschberg base project. A special challenge is the specification that the aggregate or the concrete itself must be resistant against the alkaline aggregate reaction.

The owner has the complex task in his double function as supplier of raw material for the aggregates to the material management contractor, and as supplier of the completed processed aggregates to the contractors of the tunnel and the outer sections.

### Introduction

The 34.6 km long Lötschberg base tunnel connecting the cantons of Bern and Valais is the core of the AlpTransit project Lötschberg. In the previous article by

### Projektdaten

**Bauherrschaft**  
BLS AlpTransit AG, Thun

**Projektverfasser**  
Lötschberg-Basistunnel Süd: IGWS  
Ingenieurgemeinschaft Westschweiz, Brig

**Hauptunternehmen**  
ARGE Ferden, ARGE MaTrans Raron/Steg,  
Marti Moosseedorf AG,  
Arge Rhonebrücke

### Project data

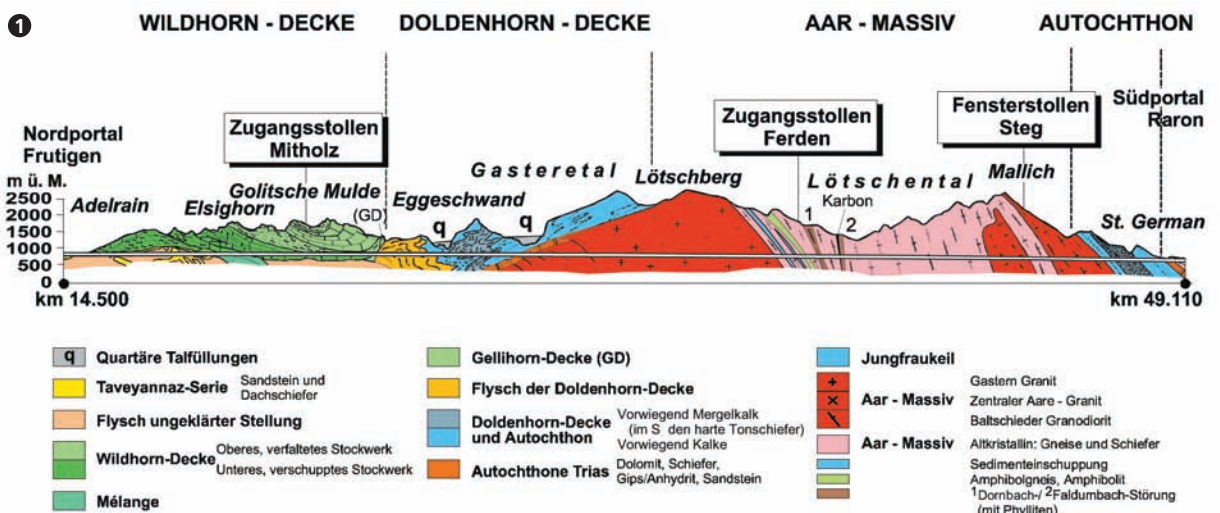
**Owner**  
BLS AlpTransit Ltd., Thun

**Project**  
Lötschberg base tunnel south: IGWS  
Ingenieurgemeinschaft Westschweiz, Brig

**Main contractors**  
ARGE Ferden, ARGE MaTrans Raron/Steg,  
Marti Moosseedorf Ltd., ARGE Rhonebrücke

Teuscher/Zbinden the overall project has been described.

In the following article the concept of management of the excavated material will be addressed in more detail. At the centre of the concept lies the conversion of the excavated material into aggregates.



Geologisches Längenprofil des Lötschberg-Basistunnels.  
Geological longitudinal profile of the Lötschberg base tunnel.

ein Kernstück des AlpTransit-Projektes Lötschberg. Im vorangehenden Beitrag von Teuscher/Zbinden ist das Projekt des Lötschberg-Basistunnels beschrieben. Im Folgenden wird auf das Konzept der Bewirtschaftung des Ausbruchmaterials eingegangen. Im Mittelpunkt dieses Konzeptes steht die Aufbereitung des Ausbruchmaterials zu Betonzuschlagstoffen.

### Geologie des Lötschberg-Basistunnels

Der Lötschberg-Basistunnel durchquert von Norden nach Süden den ganzen helvetischen Deckenstapel mit den Wildhorn- und Doldenhorn-Decken, das Aar-Massiv sowie die autochthone Sedimentüberdeckung Gampel-Baltschieder (Bild 1).

Das Ausbruchmaterial wird in drei Klassen aufgeteilt:

Klasse K1: Material für Betonzuschlagstoffe und Kiessand I

Klasse K2: Material für Kiessand II  
Klasse K3: Material für Aufschüttungen.

Auf der Grundlage des geologischen Prognoseprofils wurden Prognoseabschnitte mit den Klassen K1, K2 und K3 festgelegt. Daraus konnten theoretische «Marschpläne» als Grundlage für die Materialbewirtschaftung ermittelt werden. In Zusammenarbeit mit Geologen, Unternehmen und Bauleitungen wird die Prognose während des Tunnelvor-

triebs laufend überprüft und den angetroffenen Verhältnissen angepasst.

Die Gesteine, die für die Produktion der Zuschlagstoffe für Beton vorgesehen sind, werden vorwiegend den folgenden geologischen Einheiten entnommen: Gasterngranit und untergeordnet Bänderamphibolite.

### Bewirtschaftung des Ausbruchmaterials

Das Bewirtschaftungskonzept des Ausbruchmaterials ist auf folgenden Grundprinzipien aufgebaut:

#### Maximales Recycling

Unter maximalem Recycling ist eine optimale Wiederverwertung des Ausbruchmaterials im Projekt Lötschberg-Basislinie zu verstehen. Aus heutiger Sicht können schätzungsweise 40% des Ausbruchmaterials in Form von aufbereiteten Betonzuschlagstoffen oder Aufschüttungen wiederverwendet werden.

#### Konformität zur kantonalen Politik

Das Konzept der Materialbewirtschaftung muss mit den kantonalen Richtplänen zur Bewirtschaftung von Ausbruchmaterial in Einklang stehen.

#### Begrenzung des Strassentransportes

Der Strassentransport muss minimiert werden. Priorität hat der

### Geology of the Lötschberg base tunnel

The Lötschberg base tunnel crosses the whole Helvetic nappes including the Wildhorn and Doldenhorn nappes from north to south, the Aar Massiv and the autochthonous sediment covering Gampel-Baltschieder (figure 1).

The excavated material is divided into three classes:

Class K1: Material for aggregate and gravel sand I

Class K2: Material for gravel sand II

Class K3: Material for embankments.

On the base of the geological prognosis profile, prognosis sectors were determined with classes K1, K2 and K3. From this a theoretical "plan of campaign" could be ascertained as a base for the material management. The prognosis is reviewed on a day-to-day base together with geologists, contractors and the site management and is adapted to the conditions met.

The types of rock, for which the production of cast-in-place concrete aggregates are intended, are taken from the following geological units: Gastern granite and secondary amphibolites.

### Management of excavated material

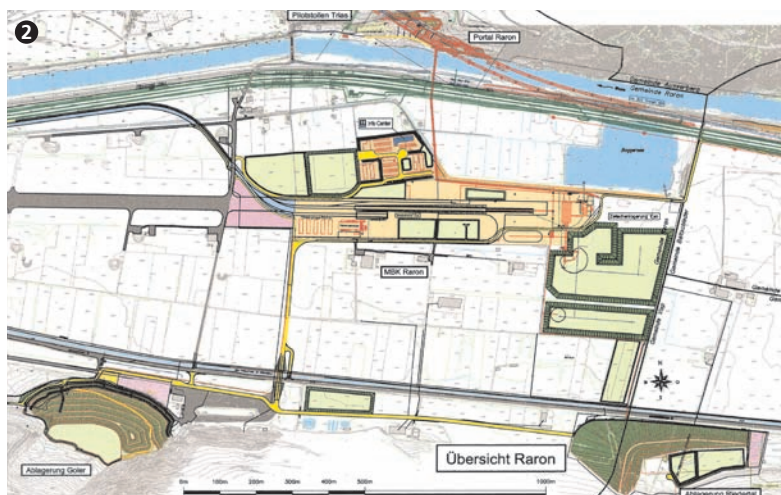
The management concept for the excavated material is based on the following fundamental principles:

#### Maximum recycling

Under maximum recycling is understood the optimal reuse of the excavated material within the limits of the Lötschberg base line project. At the present time about 40% of the excavated material is estimated to be utilised for conversion to aggregate or for embankments.

#### Conformance with cantonal policy

The material management concept must conform to the cantonal guidelines for managing excavated material.



Übersichtsplan der Materialbewirtschaftung Eya.  
Overview of the material management plant Eya.

Transport mit der Bahn oder per Förderband.

Bild 2 zeigt die Grundelemente der Materialbewirtschaftungsanlage Eya im Abschnitt Süd:

- Bahnanschluss und Entladestation der Züge
- Brecheranlage und Silos mit Zusatzstoffen
- Zwischenlagerzonen des Materials zur Wiederaufbereitung
- Definitive Ablagerungsstandorte Goler und Riedertal
- Förderbänder zum Portal Raron und zu den Ablagerungsstandorten Goler und Riedertal.

## Aufbereitung der Betonzuschlagstoffe

Bild 3 zeigt die Kriterien der Klassifikation und die vorgesehene Wiederverwertung der Klassen K1 und K2.

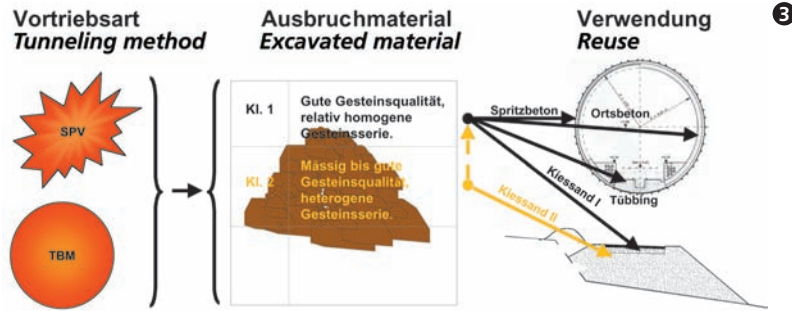
Betonzuschlagstoffe werden mit Ausbruchmaterialien der Klasse K1 aufbereitet. Die Art des Ausbruchs spielt eine wichtige Rolle beim Verarbeitungsprozess der Zuschlagstoffe. Das reichhaltige, feine Material der TBM erlaubt die Herstellung von Spritzbeton, worin Sand quantitativ eine wichtige Rolle spielt. Das Material aus dem Sprengvortrieb hingegen eignet sich zur Herstellung von Ortsbeton. Die Anlage des Südabschnittes in Raron ist in den Bildern 2 und 4 dargestellt.

Im Rahmen des Konzepts der Aufbereitung des Ausbruchmaterials in Betonzuschlagstoffe trägt der Bauherr eine doppelte Verantwortung. Er ist Lieferant von unbearbeitetem Ausbruchmaterial, das er der Unternehmung Materialbewirtschaftung zur Verarbeitung in Betonzuschlagstoffe liefert. Ebenfalls ist er Lieferant der Betonzuschlagstoffe an die Unternehmer der Tunnel- und Aussenlose.

### Hauptanforderungen an die Aufbereitungsanlage

Die Aufbereitungsanlage für Betonzuschlagstoffe in Raron muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Die Minimalleistung von 280 Tonnen pro Stunde



Vortriebsart, Klassierung und Verwendung des Ausbruchmaterials. *Tunnelling method, classification and use of excavated material.*

### Limiting road transport

Road transport must be limited. Transport by rail or conveyor belt has priority.

Figure 2 shows the basic elements of the material management plant Eya in the south sector:

- Rail connection and unloading station for the trains
- Crushing plant and silos with aggregates
- Temporary material storage zones for recycling
- Final deposition sites Goler and Riedertal
- Conveyor belts to the Raron portal and to the deposition sites Goler and Riedertal.

### Conversion of aggregates

Figure 3 shows the classification criteria of the designated recycling of the classes K1 and K2.

Aggregates are converted with excavated materials of class K1. The method of excavation plays an important role in processing the aggregate. The rich fine material from the TBM permits the production of shotcrete, in which sand plays an important quantitative role. On the other hand the material from the tunnel blasting is suitable for the production of cast-in-place concrete. The unit of the south sector in Raron is shown in figures 2 and 4.

Within the concept of the conversion of the excavated material to aggregates, BLS AT Ltd. carries a double responsibility. They are the supplier of unconverted excavated material, which is delivered to the material management venture for processing to aggregates.

At the same time they are supplier of the aggregates to the different contractors.

### Main specifications for the conversion unit

The conversion unit for aggregates in Raron must fulfil the following requirements:

- A minimal capacity of 280 tons per hour
- A separating device to separate the in-coming raw materials into the desired fractions
- Production line for material from TBM and blasting tunnelling
- Eight weather-resistant silos (protection against sun, rain, frost and snow)
- Reliable weighing balances for raw material delivered and for aggregates produced
- The deployment of a vertical crusher to ensure a suitable granular form
- The deployment of an efficient washing process to ensure that the materials are clean
- The deployment of large sieve area and adjustable conveyor channels to ensure low fluctuations in quality and production.

### Requirements for the aggregates

The quality of the aggregates must correspond to the regulations of the existing valid standards:

- Minimal rock hardness
- Low proportion of petrographically unsuitable components
- A low tendency for an alkaline aggregate reaction
- An average particle size distribution within the defined range according to prEN 12620





Kieswerk Raron.  
Raron gravel plant.

- Eine Abscheidevorrichtung zur Trennung des eingehenden Rohmaterials in die gewünschten Fraktionen
- Die Produktionslinie muss Ausbruchmaterial aus TBM- und Sprengvortrieb verarbeiten können
- Acht wetterbeständige Silos (Schutz gegen Sonne, Regen, Frost und Schnee) mit einer Kapazität von je 1500 m<sup>3</sup>
- Zuverlässige Wäganlage für angeliefertes Rohmaterial und produzierte Betonzuschlagstoffe
- Einsatz eines Vertikalbrechers zur Gewährleistung einer geeigneten Kornform
- Einsatz eines effizienten Waschprozesses zur Gewährleistung der Sauberkeit der Zuschläge
- Einsatz grosser Siebflächen und regulierbarer Förderrinnen zur Gewährleistung geringer Qualitäts- und Produktionsschwankungen.

#### Anforderungen an die Betonzuschlagstoffe

Die Qualität der Betonzuschlagstoffe muss den Vorschriften der geltenden Normen entsprechen:

- Minimale Gesteinhärte
- Geringer Anteil an petrografisch ungeeigneten Komponenten
- Potential für eine Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) gering
- Durchschnittliche Korngrössenverteilung innerhalb des definierten Bereiches gemäss prEN 12 620
- Zulässige Variationsbreite der durchschnittlichen Korngrössenverteilung nicht überschritten
- Sauberkeit
- Geeignete Kornform.

Für die Gesteinhärte gelten die maximalen Werte des Los-Angeles-Index LA gemäss prEN 1097.2. Für Ortsbeton gilt  $LA \leq 35$ , für

Spritzbeton  $LA \leq 40$ . Für die Bestimmung des Anteils petrografisch ungeeigneter Komponenten wird alle 150 Tunnelmeter eine Kontrolle durchgeführt, der nachzuweisende Kennwert wurde auf  $\leq 10$  (Gew.-%) festgelegt.

Die Anforderungen für Orts- und Spritzbeton sind unterschiedlich, deren Hauptwerte sind in den Besonderen Bestimmungen angegeben und nachfolgend (Tabelle 1) aufgelistet.

Zusätzlich darf der Wassergehalt des Sandes 7% und derjenige der anderen Kornfraktionen 1,5% nicht überschreiten.

Zur Gewährleistung der in den Besonderen Bestimmungen vorgeschriebenen Anforderungen wurden ein kohärenter Prozess sowie klare Grenzwerte und zulässige Abweichungen festgelegt: Absolute Grenzwerte  $_{min., max.}$ , Zielwerte  $_{min., max.}$ , Referenzwerte und Abweichung.

#### Vorgesehene Betonsorten und -mengen für das gesamte Projekt

Für das gesamte Projekt Lötschberg-Basislinie werden folgende Betonsorten und entsprechende Quantitäten verwendet bzw. benötigt:

- Spritzbeton 0–8 mm, B25/15 bis B35/25, total ca. 300 000 m<sup>3</sup>
- Ortsbeton (Füllbeton, Sohlenbeton, Verkleidung, Tübbing, Kunstbauten) B35/25 bis B45/35, total ca. 1 300 000 m<sup>3</sup>.

#### Spezielle Untersuchungen

##### AAR-Beständigkeit

Der im Basistunnel eingebrachte Beton soll alkali-aggregatreaktionsbeständig sein.

Der Nachweis der AAR-Beständigkeit erfolgt mittels unterschied-

- The permissible variation width of the average particle size distribution not to be exceeded
- Cleanliness
- Suitable particle form.

For rock hardness the maximum values of the Los Angeles Index LA are valid according to prEN 1097.2. For cast-in-place concrete the value to respect is  $LA \leq 35$ , and for shotcrete  $LA \leq 40$ . For the determination of petrographically unsuitable components, a check is made every 150 metres of tunnel. The characteristic value to be verified has been set at  $\leq 10$  (wt-%). The specifications for cast-in-place concrete and shotcrete are different. Their major values are given in the special regulations and are listed in the following table 1.

In addition, the water content of the sand may not exceed 7% and that of the other particle fractions may not exceed 1.5%.

For ensuring the specifications defined in the special regulations, a coherent process, boundary values and permissible tolerances are defined: absolute boundary values  $_{min., max.}$ , target values  $_{min., max.}$ , reference values and deviation.

#### Concrete required in the whole project

The types of concrete and corresponding quantities that will be required in the whole project are the following:

- Shotcrete 0–8 mm, B25/15–B35/25, approx. 300,000 m<sup>3</sup>
- Cast-in-place concrete (filling concrete, inner ring, prefabricated base segments, Rhone bridges), B35/25–B45/35, approx. 1,300,000 m<sup>3</sup>.

#### Special tests

##### AAR resistance

The concrete brought into the base tunnel must be resistant against an alkaline-aggregate reaction.

The proof of the AAR resistance is effected by means of various methods as listed in table 2.

With the results from the material technology analyses, the raw material may be classified with respect to AAR reactivity and, in ad-

## Tabelle 1/Table 1

Anforderungen an die Betonzuschlagstoffe.  
Requirements for the aggregates.

		Spritzbeton Shotcrete	Ortsbeton Cast-in-place concrete
Sand 0–4 mm Sand 0–4 mm	Feinkornanteil $\leq 63 \mu\text{m}$ Fine particle proportion $\leq 63 \mu\text{m}$	$\leq 16 \%$	$\leq 5 \%$
	Feinheitsmodul Fineness modulus	2,5–3,2	2,3–2,9
	Korngrößenverteilung Particle size distribution	Gemäss prEN 12 620 According to prEN 12 620	Gemäss prEN 12 620 According to prEN 12 620
Fraktion 4–8 mm Fraction 4–8 mm	Feinkornanteil $\leq 63 \mu\text{m}$ Fine particle proportion $\leq 63 \mu\text{m}$	$\leq 4 \%$	$\leq 1,5 \%$
	Plattigkeitsindex Flatness index	$\leq 35$	$\leq 30$
	Korngrößenverteilung Particle size distribution	Gemäss prEN 12 620 According to prEN 12 620	Gemäss prEN 12 620 According to prEN 12 620
Fraktion 8–16 mm Fraktion 16–22 mm Fraction 8–16 mm Fraction 16–22 mm	Feinkornanteil $\leq 63 \mu\text{m}$ Fine particle proportion $\leq 63 \mu\text{m}$		$\leq 1,5 \%$
	Plattigkeitsindex Flatness index		$\leq 30$
	Korngrößenverteilung Particle size distribution		Gemäss prEN 12 620 According to prEN 12 620

## Tabelle 2/Table 2

Nachweismethoden der AAR-Beständigkeit.  
Analytical methods for the AAR-resistance.

Praktische Frage Practical question	Prüfungsmethode Checking method	Dauer Duration	Resultat Result
Gilt das Rohmaterial als AAR-reaktiv? Is the raw-material AAR-reactive?	Petrografische Untersuchung Petrographical test	bis 3 Tage up to 3 days	Potenzielle Gefährdung ja / nein Potential risk yes/no
Ist der Zuschlag AAR-reaktiv? Is the aggregate AAR-reactive?	Mikrobarprüfung Microbar test	4 Tage 4 days	Beurteilung der Reaktivität $\epsilon_{\text{AAR}} < 0,11 \%$ Reactivity assessment $\epsilon_{\text{AAR}} < 0.11 \%$
Eignung der Zemente Suitable cements			Eignung der Zementsorte Suitable cements
Prüfung des Alkaligehalts der Betonmischung Test of alkali content in the concrete mixture	Alkalibilanz Alkali balance	1 Tag 1 day	Alkaligehalt $< 3 \text{ kg/m}^3$ Beton Alkali content $< 3 \text{ kg/m}^3$ concrete
Gilt der Fertigbeton als AAR-beständig? Is the final concrete AAR-resistant?	Performance-Test (Abschlussprüfung) Performance test (final test)	3–5 Monate 3–5 months	$\epsilon_{\text{AAR}} < 0,02 \%$ $\epsilon_{\text{AAR}} < 0.02 \%$

licher Nachweismethoden, die in Tabelle 2 aufgelistet sind.

Mit den Resultaten der material-technischen Abklärungen wird das Rohmaterial bezüglich AAR-Reaktivität klassifiziert und es werden Richtwerte für die Beton-

rezepturen (Zementtyp, Zusatzstoffe etc.) bestimmt.

Die Unternehmer können mit Hilfe dieser Resultate die endgültigen Betonrezepturen rasch und optimal bestimmen.

dition, reference values for concrete mixtures (cement types, additives, etc.) are obtained.

The contractors can determine the final concrete mixture with the aid of these results quickly and optimally.

### Verfasser/Authors

Christophe Carron  
dipl. Bauing. ETH  
Schneller Ritz and Partner AG  
Nordstrasse 16, CH-3900 Brig (IGWS)  
c.carron@srp.ch

Jean Pralong  
Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH  
Dr. Jean Pralong + Ass. SA  
Rue de la Majorie 9  
CH-1950 Sion (IGWS)  
prasa@telecomex.ch

Peter Ritz  
Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH  
Schneller Ritz and Partner AG  
Nordstrasse 16  
CH-3900 Brig (IGWS)  
p.ritz@srp.ch

Michel Zermatten  
dipl. Bauing. ETH  
Bonnard + Gardel SA  
Av. de Cour 61  
CH-1007 Lausanne (IGWS)  
infobg@bonnardgardel.ch