

Brenner Basistunnel: Realisierungsstand

Der 64 km lange Brenner Basistunnel (BBT) ist ein flach verlaufender Eisenbahntunnel zwischen Innsbruck/A und Franzensfeste/I. Er ist Teil der europäischen TEN 1 Achse, die den Ausbau eines länderübergreifenden Schienenkorridors vorsieht (Bild 1). Der BBT besteht aus 2 parallelen Hauptröhren sowie einem darunter liegenden Erkundungsstollen. Im März 2011 sind 16 km Erkundungsstollen und Zufahrtstunnel errichtet. Im folgenden Beitrag wird der aktuelle Stand der Arbeiten dargestellt.

1 Technisches Konzept

Der Brenner Basistunnel ist ein nahezu horizontal verlaufender Eisenbahntunnel mit zwei parallelen Röhren. Der Tunnel weist zwischen den Bahnhöfen Innsbruck und Franzensfeste eine Länge von 55 km auf und wird südlich von Innsbruck mit der bereits bestehenden auch unterirdisch verlaufenden Umfahrung verbunden. Mit dieser Umfahrung und dem Basistunnel entsteht damit die weltweit längste unterirdische Eisenbahnstrecke mit einer Gesamtlänge von etwa 64 km.

Mittig unterhalb der beiden Eisenbahntunnelröhren befindet sich 12 m tiefer ein Erkundungsstollen. Dieser wird zuerst abschnittsweise vor dem Bau der Hauptröhren errichtet, um hauptsächlich das Gebirge zu erkunden. Im endgültigen Ausbau wird dieser Erkundungsstollen durchgehend gebaut, sodass er dann als Entwässerungsstollen und bei Notwendigkeit als Dienststollen genutzt werden kann [1].

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dr. Konrad Bergmeister, Brenner Basistunnel BBT SE, Innsbruck/A, konrad.bergmeister@bbt-se.com, www.bbt-se.com

Die wichtigsten Kenndaten des Brenner Basistunnels mit der Umfahrung von Innsbruck sind (Bild 2):

- **Länge:** 64 km
- **Längsneigung:** 5,0 ‰ bis 6,7 ‰
- **Scheitelhöhe des Basistunnels:** 795 m ü.d.M.
- **Nettoquerschnitt der Hauptröhren:** ca. 43 m²
- **Minimalquerschnitt des Erkundungsstollens:** ca. 26 m²
- **Abstand der Querschläge:** 300 m.

2 Aktueller Realisierungsstand

2.1 Stand der Genehmigungen
Das technische Projekt und die Umweltverträglichkeit wurde bereits 2009 von den Staaten Österreich (15. April 2009 Eisenbahnrechtliche und UVP-Genehmigung) und Italien

Brenner Base Tunnel: Project status

The 64 km long Brenner Base Tunnel (BBT) is a flat trajectory railway tunnel between Innsbruck/A and Franzensfeste/I. It is part of the European TEN 1 axis, which foresees the construction on a rail corridor linking countries together. The BBT comprises 2 parallel main bores as well as the exploratory bore located beneath them. In March 2011, 16 km of exploratory tunnel and access tunnel had been completed. The following report deals with the stage reached by the construction activities.

1 Basic concept

The Brenner Base Tunnel is a nearly horizontal rail tunnel with 2 parallel tubes. The tunnel runs for 55 km between the railway stations of Innsbruck and Fortezza and is connected south of Innsbruck with the already existing underground by-pass. This bypass and the Base Tunnel make up the world's longest underground railway, with a total length of about 64 km.

An exploratory tunnel runs between and 12 m deeper than the 2 tubes of the rail tunnel. This will be built in sections before the construction of the main tubes, primarily to explore the rock mass. This exploratory tunnel will be completed to run end-to-end in the final phase of construction, so that it may be utilized as a drainage tunnel and, if necessary, as a service tunnel [1].

The main characteristics of the Brenner Base Tunnel are (Figure 2):

- **Length:** 64 km
- **Longitudinal gradient:** 5.0 ‰ to 6.7 ‰
- **Crown height of the Base Tunnel:** 795 m above sea level
- **Net cross-section of the main tubes:** about 43 m²
- **Minimum cross-section of the exploratory tunnel:** about 26 m²
- **Clearance of the cross-cuts:** 300 m.

2 Current planning status

2.1 Current state of the authorization procedures

The technical project was authorized and the environmental compatibility confirmed by the governments of Austria (April 15th 2009 authorization according to the Austrian law on railways and EIA approval) and Italy (July 31st 2009 CIPE decision) in 2009. By the end of 2010 preparatory work was undertaken and approx. 15 km of the exploratory tunnel and the access tunnel had

(31. Juli 2009 CIPE-Beschluss) genehmigt. Bis Ende 2010 wurden bauvorbereitende Arbeiten und etwa 15 km an Erkundungs- und Zugangsstollen gebaut. In der Phase I, zwischen 1999 und 2002 wurde das Vorprojekt erarbeitet. Ab 2003 bis 2008 wurden im Rahmen der Phase II über 26.000 m an Erkundungsbohrungen, das technische Einreichprojekt und die Planungen zur Umweltverträglichkeit durchgeführt.

Am 18. November 2010 wurde in Italien durch eine weitere CIPE-Genehmigung die weitere Finanzierung und der Beginn der Phase III (Realisierungsphase) beschlossen. In Österreich hat der Ministerrat am 1. Februar 2011 die weitere Finanzierung von Bauarbeiten zur Bauvorbereitung und vertieften Erkundung beschlossen. Mit der Errichtung der Hauptbaulose soll 2016 begonnen werden. Die Fertigstellung des Brenner Basistunnels ist für 2025 geplant.

2.2 Projektübergreifende Regelplanung (guide design)

Im Februar 2011 wurde die projektübergreifende Regelplanung europaweit ausgeschrieben. Durch diese gesamtheit-

liche Planungsgrundlage soll eine homogene und solide Basis für die Folgeplanungen gebildet werden. Die wesentlichen Elemente dieser gesamtheitlichen Planung sind:

- Überarbeitung der Trassierung mit Einarbeitung sämtlicher Optimierungen
- Normative Grundlagen und technische Vorgaben für die losbezogene Ausschreibungs- und Ausführungsplanung
- Grundsätze für die Bemessung, die konstruktive Durchbildung für eine Lebensdauer von 200 Jahren
- Erstellen von detaillierten Schnittstellen- und Typenplänen
- Toleranzvorgaben (vermessungs- und baumethodenabhängige Toleranzen) unter Berücksichtigung der Folgegewerke
- Vorkehrungen für den bahntechnischen Ausbau.

Zusätzlich wird die gesamte Trassierung vom UTM in ein projektbezogenes Koordinatensystem BBT-TM gebracht, das durch eine transversale Mercatorprojektion erzeugt wird. Damit wird die mittlere Projekthöhe von 720 m or-



Alpenquerende Eisenbahntransversale

Transalpine Railwayline

been built. In phase I, from 1999 and 2008, in phase II, more than 26.000 m of prospecting borings, the preliminary project was developed. Between 2003 the technical final project and the

Technical excellence. Flexibility. Experience. Reliability. These are some of the factors for our success in this business.

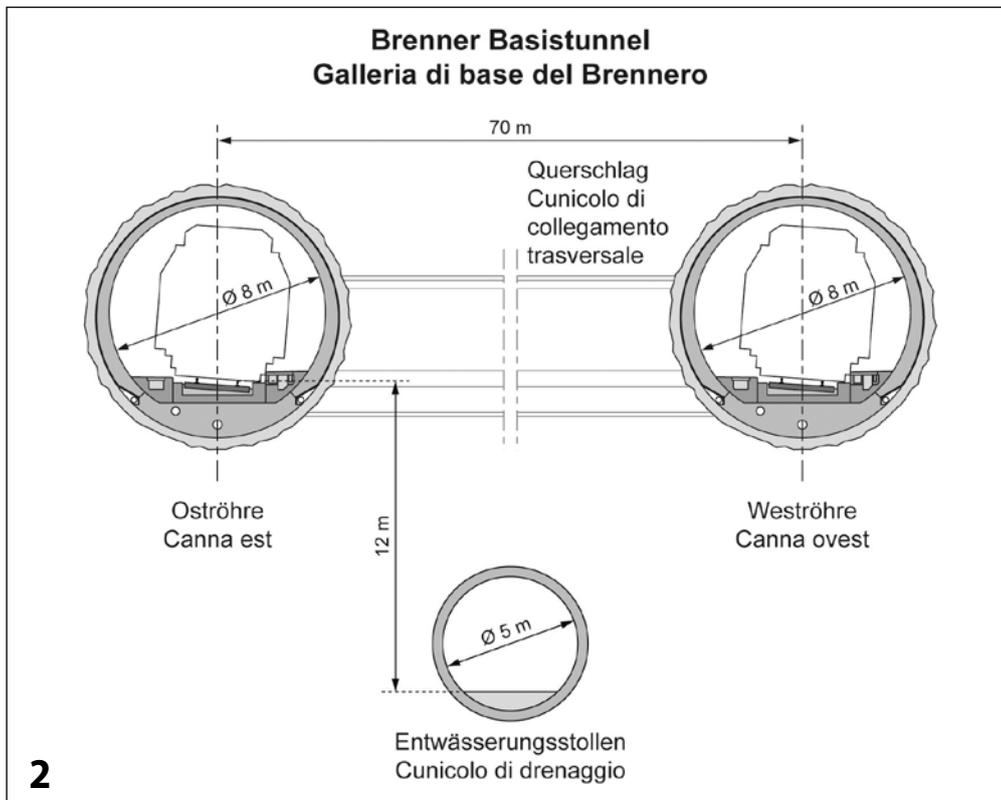
What really sets us apart however, is the way we think. Our mission is to continuously move forward and find innovative approaches in order to meet your requirements. For new perspectives in underground engineering.

WE THINK DEEPER.



Partners for
new perspectives

jaegerbau.com



Regelquerschnitt durch TBM

Standard cross-section of the TBM

thometrische Höhe festgelegt, was ca. 770 m ellipsoidischer Höhe entspricht. Das Projekt liegt somit in einem Gebiet ca. 10 km östlich und westlich vom Mittelmeridian. In diesem Fall beträgt die Streckenverzerrung weniger als 2 bis 3 mm/km.

Im so geschaffenen Bezugssystem muss keine weitere Rotation durchgeführt werden, da die Meridiankonvergenz einfach zu berechnen ist und der sich daraus ergebende Reduktionseffekt auf die Richtungen unbedeutend ist (der Konvergenzwinkel beträgt ca. 4').

2.3 Georeferenzierte Planungsgrundlagen

Die gesamte Planung des Brenner Basistunnels wurde auf georeferenzierten Daten aufgebaut [2]. Das Projekt wurde mit den Koordinaten UTM-WGS84 ausgearbeitet. Man bediente

sich dabei der internationalen Vereinbarung, bei der die Projektion der ellipsoidischen geographischen Koordinaten WGS84 nach Gauss erfolgt. Mittels querachsiger Zylinderprojektion wurde mit einem Massstabsfaktor von 0.9996 und unter Verwendung des Streifens 32 gerechnet; bei diesem Ansatz ist der Mittelmeridian bei 9° Länge und besitzt eine E-Koordinate von 500 km, während die N-Koordinaten ihren Ursprung am Äquator haben.

Das Projektgebiet liegt am östlichen Punkt 2°40' vom Mittelmeridian des Streifens entfernt; daher ist auch die Meridiankonvergenz, sprich der Unterschied zwischen dem geographischen und dem Gitternord, beträchtlich. Daher ist es vorteilhaft, die Projektdaten in ein ebenes Bezugssystem zu transformieren, das den Tras-

planung für environmental compatibility were completed.

On November 18th, 2010 further financing and the start of phase III (building phase) in Italy were approved by CIPE. On February 1st, 2011 Austria's federal Cabinet approved further financing of preparatory construction works and in-depth prospection. The start of construction work in the main construction lots is scheduled for 2016 and the completion of the Brenner Base Tunnel for 2025.

2.2 Cross-project system planning (guide design)

In February 2011, the cross-project system planning was tendered Europe-wide, to create a solid, uniform basis for subsequent planning. The essential elements of this integrated planning are:

- Revision of the route planning incorporating all optimizations

- Regulatory principles and technical specifications for the lot-based tendering and executive planning
- Principles for the design and construction detailing for a service lifetime of 200 years
- Creation of detailed interface and type plans
- Tolerances (surveying and construction method-dependent tolerances), taking into account the subsequent works
- Measures for development of the railway infrastructure.

In addition, the entire UTM-based route planning was placed in a project-specific coordinate system: BBT-TM, produced by a transverse Mercator projection. Thus, the average orthometric height of 720 m for the project was determined, which is about a 770 m ellipsoidal height. The project lies therefore in an area about 10 km east and west of the central meridian. The distance distortion in this case is less than 2 to 3 mm/km.

Thus, for this reference system, no further rotation must be performed, as the meridian convergence is easy to calculate and the resulting reduction effect on the directions is insignificant (the convergence angle is about 4').

2.3 Geo-referenced data and WebGis

The entire planning of the Brenner Base Tunnel was based on georeferenced data. The project was developed with UTM -WGS84 coordinates, using the international agreement for the projection of the WGS84 ellipsoidal geographic coordinates according to Gauss. Calculation was done by means of a transverse cylindrical projection, applying a scale factor of 0.9996 for strip 32; using this approach

sierungstätigkeiten besser angepasst ist. Damit werden die Unterschiede zwischen den Projektdaten und den Trassierungsdaten minimal und auch am Rand unbedeutend:

System UTM-WGS84

- Ost = 692294,890
- Nord = 5206131,024
- H (UELN) = 804,942
- Long. = 11° 31' 42.5775"
- Lat. = 46° 58' 50.7947"

Der Berührungspunkt des Zylinders ans Ellipsoid ist der Schwerpunkt des Projektes, das ist der Hochpunkt der Projektachse (Ost-Röhre – Gl.1) und liegt in der Nähe der Staatsgrenze zwischen Italien und Österreich. Für die geographische Definition derselben werden folgende Kenndaten verwendet:

Ellipsoid WGS84

- Mittelmeridian des Streifens = 11° 31' 42.5775"
- Gebrauchskoordinate Ost = $y_0 = 20000.000$ m
- Gebrauchskoordinate Nord = $x_0 = -5105739,717$ m
- Maßstab Faktor = 1.000121

Der Vorteil bei dieser Vorgehensweise liegt darin, dass für das gesamte Bauwerk ein einziges System verwendet werden kann, und dies ohne die Probleme, die normalerweise entstehen, wenn für jeden Tunnelabschnitt andere Systeme verwendet werden.

Das neue Bezugssystem, das von einer transversalen Mercatorprojektion erzeugt wird, trägt die Bezeichnung BBT_TM-WGS84 und wird folgende Koordinaten haben: x (Nord); y (Ost).

3 Bauzeitplan

Das Bauprogramm des Brenner Basistunnels 2010 wurde

Kostengruppe	
Rohbau	65%
Ausrüstung	15%
Management und Grundeinlöse	12,5%
Risikovorsorge	7,5%
Gesamt (Preisbasis 1. Januar 2010)	7,46 Mrd. €

Tabelle 1: Kosten des Brenner Basistunnels nach Kostengruppen

Cost group	
Basic structure	65%
Outfitting and Equipment	15%
Management and land acquisition	12,5%
Provision for risks	7,5%
Total (Base Price 1 January 2010)	7.46 billion €

Table 1: Costs of Brenner Base Tunnel by cost groups

auf Basis der UVP-Genehmigungen von vielen Optimierungen erstellt. Nach einer eingehenden Analyse wurde das Bauprogramm in Form eines Weg-Zeit-Diagramms erstellt. Notwendig war es dabei neben den verschiedenen Vortriebsmethoden auch die Planungs- und Ausschreibungs- bzw. Vergabezeiten zu berücksichtigen. Zusätzlich wurden internationale Erfahrungen bereits realisierter Tunnelbauten einbezogen. Das Weg-Zeit-Diagramm umfasst die gesamten Bautätigkeiten vom Rohbau bis zur Inbetriebnahme und die dazu notwendigen Planungsleistungen ohne Berücksichtigung der derzeit noch nicht bekannten Projektrisiken.

Das weitere Bauprogramm sieht eine Aufteilung der Arbeiten in 5 Hauptbaulose vor:

- 2 Baulose für den Erkundungsstollen und zur Bauvorbereitung sowie
- 3 Hauptbaulose.

Der durchgehende Erkundungsstollen wird etwa 1/3 konventionell und 2/3 maschinell vorgetrieben. Die Zufahrtstunnel werden ausschließ-

the central meridian is at 9° longitude, with an E-coordinate of 500 km, while the N-coordinates originate at the equator.

The project area is located 2°40' east of the central meridian of the strip; so, the meridian convergence, or the difference between geographical and grid north, is considerable. Therefore, it is advantageous to transform the project data into a flat reference system that is better adapted to route planning operations. The differences between the project data and the line routing are therefore minimal and marginally insignificant:

UTM-WGS84 system

- East = 692294.890
- North = 5206131.024
- H (UELN) = 804.942
- Long. = 11° 31' 42.5775"
- Lat. = 46° 58' 50.7947"



Tunneltore von Elkuch Bator.

Für höchste Anforderungen. Strengstens erprobt. Zum Beispiel am Lötschberg und Gotthard Basistunnel.

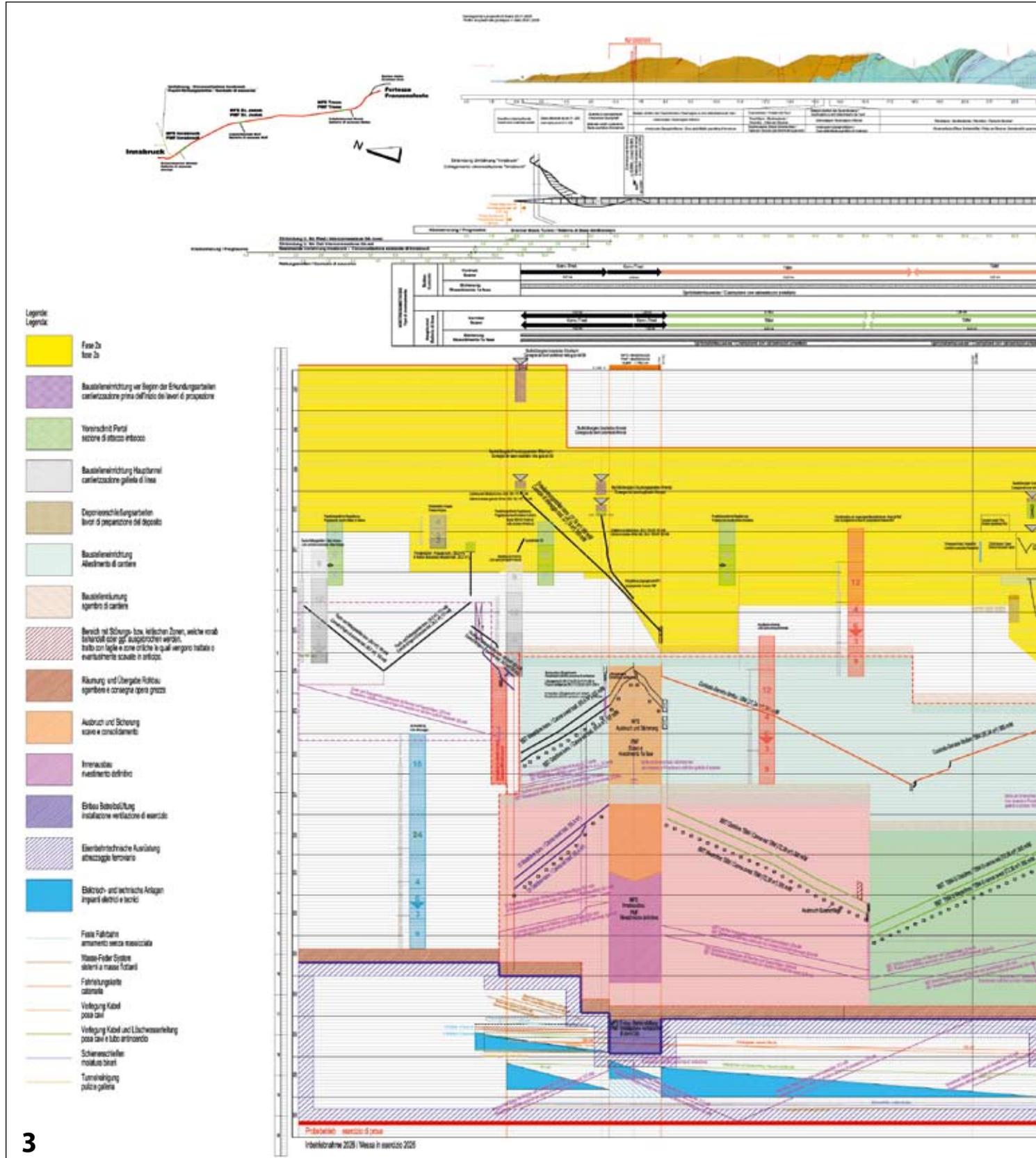
Zur Sicherheit!



ELKUCH BATOR

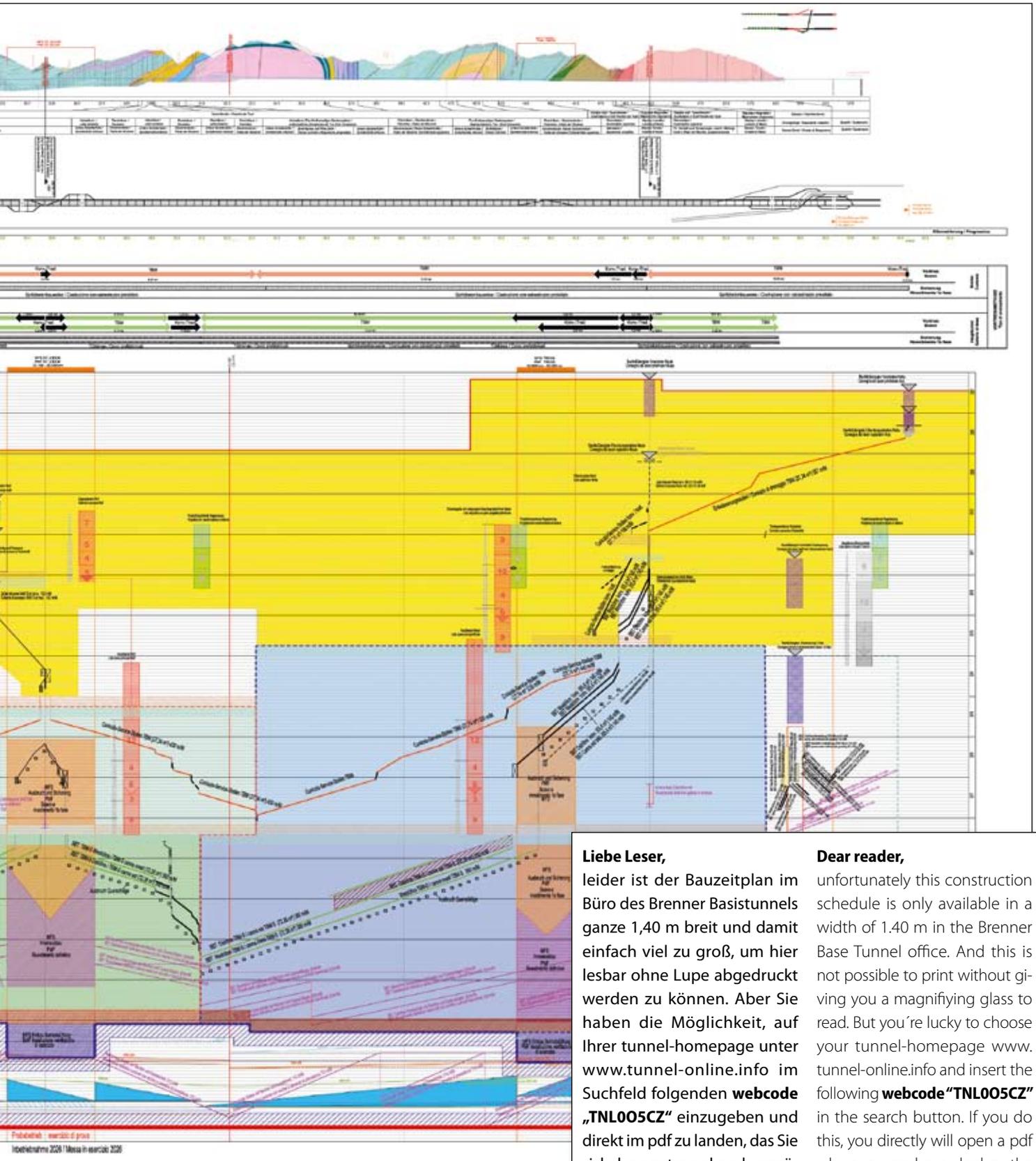
Elkuch Bator | Herzogenbuchsee | www.elkuch.com | T +41 62 956 20 50

Bauprogramm Brenner-Basistunnel 2010 / Construction Schedule 2010 of Brenner Base Tunnel



3

Bauzeitplan 2010 des Brenner Basistunnels – auch als „Bergmeister-Plan“ bekannt geworden
Construction Schedule 2010 of Brenner Base Tunnel – also known as „Bergmeister Plan“

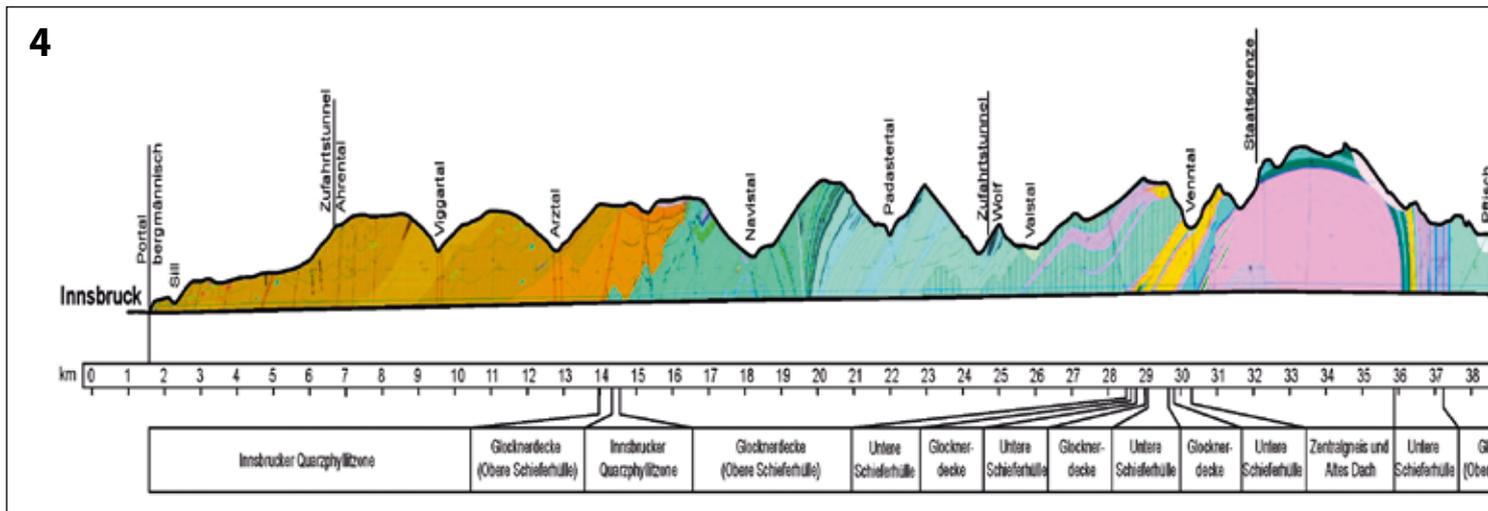


Liebe Leser,

leider ist der Bauzeitplan im Büro des Brenner Basistunnels ganze 1,40 m breit und damit einfach viel zu groß, um hier lesbar ohne Lupe abgedruckt werden zu können. Aber Sie haben die Möglichkeit, auf Ihrer tunnel-homepage unter www.tunnel-online.info im Suchfeld folgenden **webcode** „**TNL005CZ**“ einzugeben und direkt im pdf zu landen, das Sie sich dann entsprechend vergrößert anschauen können.

Dear reader,

unfortunately this construction schedule is only available in a width of 1.40 m in the Brenner Base Tunnel office. And this is not possible to print without giving you a magnifying glass to read. But you're lucky to choose your tunnel-homepage www.tunnel-online.info and insert the following **webcode** „**TNL005CZ**“ in the search button. If you do this, you directly will open a pdf where you can have a look on the schedule much more bigger.



Geologisches Längsprofil

Geological longitudinal section

lich konventionell hergestellt. Beim Bau der Hauptbaulose teilen sich die Bauverfahren auf etwa 1/4 konventionelle und 3/4 maschinelle Bauverfahren auf. Auch die Verbindungstunnel mit der Umfahrung von Innsbruck werden konventionell hergestellt.

Das Bauprogramm 2010 des Brenner Basistunnels wurde auf Basis der UVP-Genehmigungen, neuer baugestaltlicher Optimierungen und verbesserter geologischer und hydrogeologischer Kenntnisse erarbeitet. Dieser Bauzeitplan (wird in den Medien als Bergmeister-Plan bezeichnet) wurde im Aufsichtsrat der BBT SE genehmigt und bildet die Grundlage für die weiteren Investitionsmittelabflüsse und Bauvorhaben (Bild 3).

4 Prognostizierte Gesamtkosten

Die Kosten des Brenner Basistunnels wurden auf der Grundlage des Einreichprojektes 2008 großteils mit der Positionsmethode ermittelt. Zusätzlich wurden die Kosten der vorgeschriebenen UVP-Maßnahmen und der externen Bewertung

berücksichtigt. Auch wurde eine Valorisierung der prognostizierten Gesamtkosten vom 1. Juli 2006 bis zum 1. Januar 2010 durchgeführt (Tabelle 1).

Im Risikoanteil wurden auf der Grundlage einer analytischen Risikoanalyse die identifizierten Risiken mit einer hohen und mittleren Eintrittswahrscheinlichkeit berücksichtigt. Zur Berücksichtigung der erwartbaren, aber derzeit noch nicht identifizierbaren und quantifizierbaren Risiken wurde auf der Grundlage der österreichischen ÖGG-Richtlinie: „Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur“ (Version 2005) eine Abschätzung der notwendigen Risikovorsorge aufgrund von langjährigen Erfahrungswerten für Infrastrukturprojekte vorgenommen [3]. Dieser zusätzliche Anteil errechnet sich auf 602 Mio. Euro. Aufgrund der österreichischen ÖGG-Richtlinie errechnet sich eine gesamte Risikovorsorge auf 1.144 Mio. Euro (theoretisch ermittelte Risikovorsorge mit mittlerer und hoher Eintrittswahrscheinlichkeit und die erwartbaren, aber

The point of contact of the cylinder to the ellipsoid is the focus of the project, which is the high point of the project axis (East-tube - Tr.1) and lies near the border between Italy and Austria. The following data are used for the geographical definition:

Ellipsoid WGS84

- Central meridian of the strip = $11^{\circ} 31' 42.5775''$
- Function coordinate
East = $y_0 = 20000,000$ m
- Function coordinate
North = $x_0 = -5105739.717$ m
- Scale factor = 1.000121

The advantage of this approach is that a single system can be used for the entire construction project, without the problems arising that are ordinarily incurred when different systems are used for each tunnel sections.

The new reference system, which is produced by a transverse Mercator projection, is called BBT_TM-WGS84 and will have the following coordinates: x (North), y (East).

3 Construction schedule

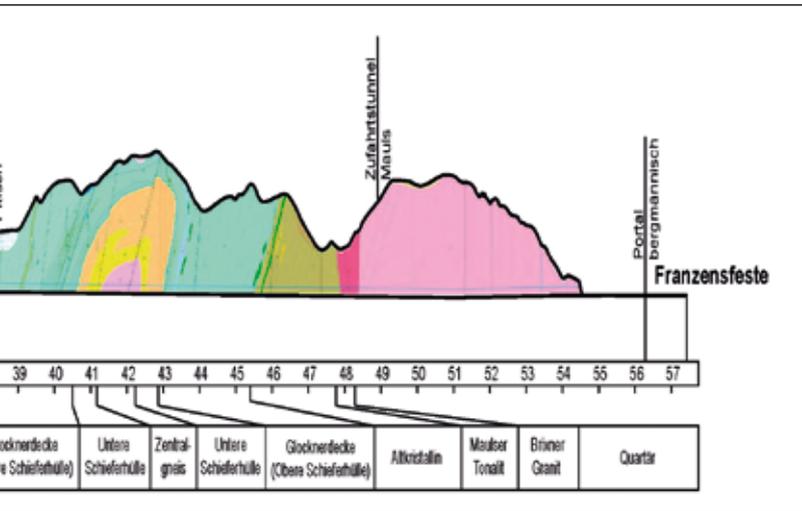
The 2010 Brenner Base Tunnel construction program was

prepared on the basis of many improvements according to EIA approvals. The construction program was set forth in the form of a time-phased workload chart following a detailed analysis. It was necessary to take into account, besides the various tunnelling methods, the planning and tendering and procurement times. Additionally, international experience from already constructed tunnels was included. The time-phased workload diagram covers the entire range of construction activities from the structural work through to the start of operations and the necessary planning services without considering the yet unknown project risks.

The program provides for the construction work to be divided into 5 main lots:

- 2 construction lots for the exploratory tunnel and part of the main tunnel and
- 3 main construction lots.

About 1/3 of the exploratory tunnel is to be excavated with conventional and 2/3 with mechanical tunnelling methods. The access tunnels will be excava-



derzeit weder quantifizierbaren noch identifizierbaren Risiken). Mit dieser Risikovorsorge errechnen sich die prognostizier-

ten Gesamtkosten des Brenner Basistunnels bezogen auf den 1. Januar 2010 auf 8.062 Mio. Euro.

ted exclusively by conventional means. About 1/4 of the construction of the main building lots will take place with conventional and about 3/4 with mechanical excavation methods. The tunnels connecting with the Innsbruck by-pass are to be excavated conventionally.

The 2010 Brenner Base Tunnel building program was prepared according to EIA approvals, new improvements in construction logistics and improved geological and hydrological knowledge. This construction program (known to the media as the Bergmeister Plan) was approved by the BBT SE Supervisory Board and is the basis for further investments and works (Figure 3).

4 Projected total costs

The costs of the Brenner Base Tunnel have been largely determined using the item method on the basis of the 2008 final project. In addition, the costs of compulsory EIA measures and external evaluation were considered. The estimated total costs from 1 July 2006 to 1 January 2010 were also value-adjusted (Table 1).

Based on a risk analysis, the risks considered were those identified as having a medium and high probability of occurrence. In order to take account of those risks which may be expected but are currently not yet identifiable and quantifiable, the ÖBB (2007) manual to determine costs and the Austrian ÖGG directive „Cost



Global Construction Chemicals



FOR TOUGH JOBS



www.coray.com

Tell us your needs!
www.normet.fi · www.taminternational.com

5 Geologische Erkenntnisse durch den Erkundungsstollen

Der Bau der Erkundungsstollen dient primär der Vorerkundung [4]. Beim Erkundungsstollen Innsbruck – Ahrental wird die geologische Dokumentation von internem BBT-Personal durchgeführt, um das Wissen und die Erfahrung für die weitere Planung zu verbessern. In geologisch schwierigen Abschnitten (Störzonen) wird jeder Abschlag dokumentiert, bei monotonen Verhältnissen bzw. Abschnitten mit gleichbleibender Geologie jeder zweite Abschlag. Bei der geologischen Ortsbrustkartierung wird der anstehende Gesteinstyp, die gesteinsphysikalischen Parameter wie Härte und Verwitterung, die Ausbildung und Raumstellung der maßgeblichen Trennflächen und die Bergwasserhältnisse beobachtet, gemessen und aufgezeichnet. Die dabei erhobenen Daten werden über die Tunneldatenbanksoftware „2-DOC“ verwaltet und entsprechende Abschlagsberichte erstellt. Ebenso werden kontinuierlich geologische Längenschnitte erstellt, die die aufgefahrenen Geologie zusammenfassend darstellen. Ebenso erfolgt in regelmäßigen Abständen eine Berichterstattung an die zuständige Behörde.

Wertvolle Erkenntnisse konnten bereits bei beiden Erkundungsstollenabschnitten im Innsbrucker Quarzphyllit und im Brixner Granit gewonnen werden (Bild 4).

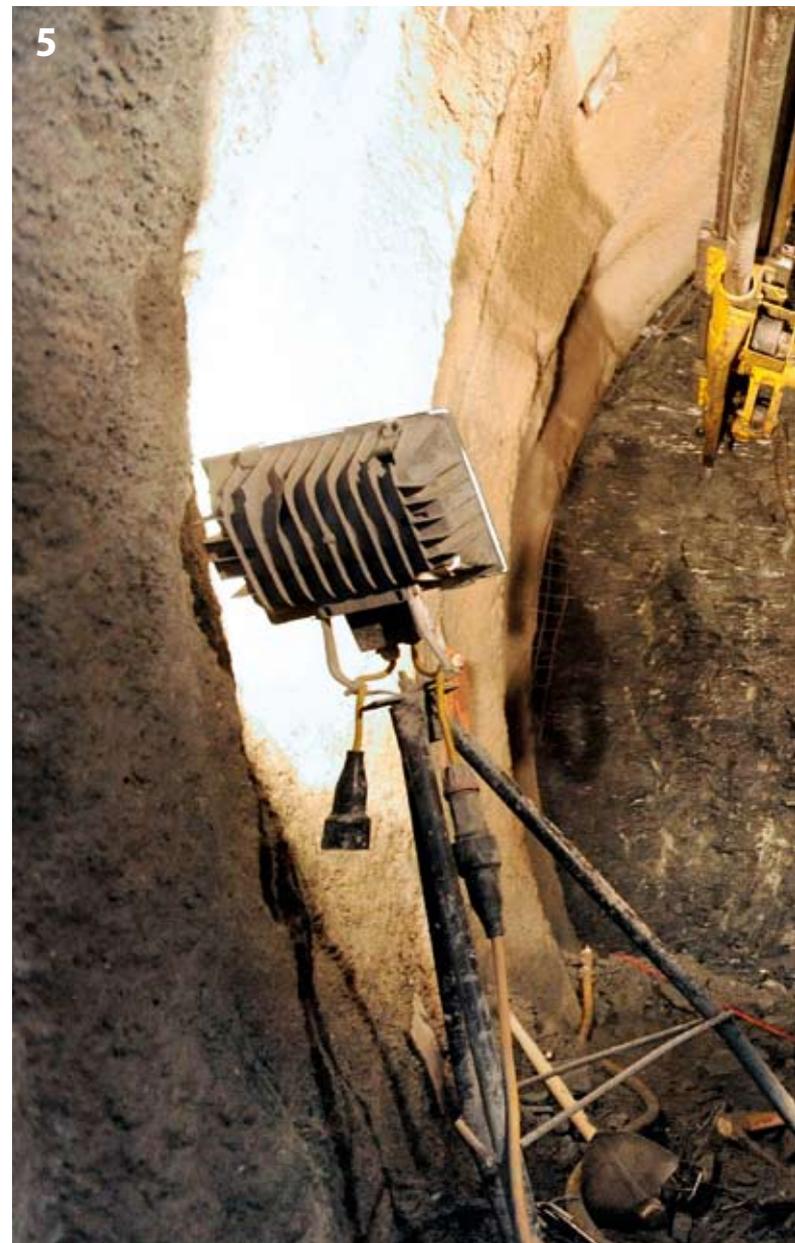
5.1 Innsbrucker Quarzphyllit
Die beiden Tunnelbauwerke Erkundungsstollen Innsbruck – Ahrental und der Zufahrtstunnel Ahrental des Erkundungs-

stollen Innsbruck – Ahrental liegen zur Gänze in Gesteinen der Innsbrucker Quarzphyllitzone. Diese Tunnelabschnitte werden zyklisch mittels Sprengvortrieb erstellt [5]. Die Innsbrucker Quarzphyllitzone ist auf den ersten ca. 14 km des BBT-Tunnelsystems vom Portal Innsbruck aus zu durchhörern. Sie reicht von Innsbruck, im Westen begrenzt durch das Wipptal, bis in das Navistal, wo sie mit Gesteinen des Tauernfensters verschuppt bzw. durch eine großangelegte Störungszone mit Gesteinen des Tauernfensters getrennt ist.

Der „Quarzphyllit“ ist eine Wechsellagerung aus unterschiedlichen Phylliten mit quarzitischen und gneisigen Lagen. Es ist ein Gestein, das schiefrig bis dünnplattig bricht und hauptsächlich aus Schichtsilikaten (Glimmer) und Quarz besteht. Die Schieferung als Haupttrennfläche liegt flach. Der Quarzphyllit ist aufgrund seines hohen Glimmeranteils ein dichtes Gestein, es wurden vorab nur sehr geringe Wasserzuflüsse in den Tunnel prognostiziert. Die in ihm eingelagerten, kleinräumigen Kalkmarmor- und Dolomitmarmorkörper können mit Bergwasser angereichert sein. Werden sie beim Tunnelvortrieb „angestochen“ rinnt dieses Wasser binnen Tagen aus und versiegt dann. Dies wird trefflich mit dem Begriff des „Ausblutens“ bezeichnet.

5.1.1 Erkundungsstollen Innsbruck – Ahrental

Der Ausbruchquerschnitt dieses fast 6 km langen Stollens beträgt etwa 26 m². In diesem Abschnitt konnten Abschlagslängen bis zu 2,20 m aufgeföhren werden. Aufgrund



Bauarbeiten im Erkundungsstollen Innsbruck - Ahrental
Construction of the exploratory tunnel Innsbruck - Ahrental

analysis for transport infrastructure projects“ (2005) were used to estimate the necessary risk provisions on the basis of many years of experience in infrastructure projects [3].

This additional quota is calculated as 602 mio. Euro. Based on the Austrian ÖGG directive, total risk provision is 1,144 mio. Euro (risk provision for theoretical risks with a medium-high probability of occurrence and the expectab-

le, but still not identifiable and quantifiable risks). With this risk provision the projected total costs of the Brenner Base Tunnel on 1 January 2010 is 8,062 mio. Euro.

5 Geological evidence from the exploratory tunnel

Construction of the exploratory tunnels is primarily for preliminary exploration [4]. In the Innsbruck



einer Ausarbeitung der Oberflächengeologie wurden für den Erkundungsstollen mehrere Schwäche- bzw. Bruchzonen, sog. Störungszonen prognostiziert. Entlang dieser Störungszonen wurde das Gestein durch gebirgsbildende Prozesse zerbrochen und zerrieben. Gerade für die Querung des Lanser Sees wurden mehrere derartige Bruchlinien aufgrund Oberflächenkartie-

rungen und Luftbildauswertungen vorhergesagt. Es wurde daher befürchtet, dass der Tunnelvortrieb beim Anschneiden derartiger Störungen den Wasserhaushalt des Lanser Sees gefährden könnte. Tatsächlich wurde im Tunnelvortrieb bei der Unterfahrung des Lanser See Gebietes ungestörtes Gebirge angetroffen. Die insgesamt anfallenden Bergwassermengen betragen bislang nur

- Ahrental exploratory tunnel, geological documentation by internal BBT personnel will be carried out to improve knowledge and experience for further planning. In geologically difficult sections (fault areas) each advance will be documented, in uniform conditions or sections with the same geology, every second advance. In the geological mapping of the rock face, the bedrock face type, the rock physical parameters such

as hardness and weathering, the formation and spatial position of the relevant joints and the mountain water conditions will be observed, measured and recorded. The data collected will be managed through the tunnel database software „2-DOC“ and corresponding advancement reports created. Continuous tracking of geological sections will be set up, in which the extended geology is summarized. Similarly,

knapp 0,1 l/s und sind damit deutlich weniger als die ohnehin gering prognostizierten Bergwassermengen. Bislang wurden keine mächtigeren Störungen aufgeföhren, das Gebirge zeigte nur abschnittsweise eine tektonische Beanspruchung in Form von wenigen Zentimeter mächtiger Scherbänder, entlang deren der Quarzphyllit zu einem tonigen Zerreibsel aufgearbeitet ist. Bei ca. Tunnelstation 2400 m ist eine weitere Großstörung prognostiziert, die sogenannte Ahrentalstörung. Der Tunnel soll diese Störung im rechten Winkel, also auf kürzestem Weg durchstoßen. Generell sind Störungen im Quarzphyllit ab einer gewissen Teufe – man geht von ca. 50 m Teufe aus – praktisch dicht und nicht wasserführend. Sie bergen ab einer gewissen Überlagerung mehr die Gefahr des langsamen und stetigen Bergdrucks, der Tunnelbauer spricht von einem „druckhaften“ Verhalten (Bild 5).

5.1.2 Fensterstollen Ahrental

Der Ausbruchquerschnitt des 2,4 km langen Fensterstollens beträgt etwa 90 m²; dieser Abschnitt wird zyklisch, also zuerst die Kalotte, dann die Strosse und die Sohle, vorgefahren.

Durch die Nähe des Fensterstollens Ahrental zur Wipptalstörung, welche die Gesteine der Ötztaler und Stubai Alpen von der großen Quarzphyllitmasse trennt, ist das Gebirge in diesem Tunnel von Anbeginn an deutlich zerlegt. Bis Tunnelmeter ca. 30 standen eiszeitliche Schotterablagerungen im oberen Teil des Tunnelquerschnitts an. Lockergesteine und Unterfahrung der

Autobahn machten daher einen Vortrieb im Schutze eines Rohrschirms (2 x 18 m) erforderlich.

Auch traten von Anbeginn an im Quarzphyllit immer wieder Linsen und Bänke aus Kalkmarmor auf, die zumeist wasserführend waren, aber rasch „ausbluteten“. Erschwerend beim Tunnelvortrieb sind jene Trennflächen, die steil nach Westen einfallen, was der Wipptalrichtung entspricht. Beim Vortrieb selbst waren daher bislang nur kurze Abschlagslängen bis max. 1,3 m möglich. Aufgrund der regionalgeologischen Situation sollten sich die Gebirgsverhältnisse aber mit zunehmender Entfernung zur Wipptalstörung sukzessive bessern.

5.2 Brixner Granit

Die tektonische Einheit des Brixner Granits permischen Alters besteht aus Granit und untergeordnet aus aplitischen und pegmatitischen Gängen. Sie ist nicht metamorph, wurde jedoch durch die alpine Gebirgsbildung tektonisch beansprucht. Dadurch ist der Komplex von spröden Störungen geprägt.

Beim Brixner Granit handelt es sich um ein leukokrates mittelkörniges Gestein mit isotroper Textur. Die Auswertung von 40 Dünnschliffanalysen ergab eine Mineralzusammensetzung des Gesteins von 30 bis 40 % Quarz, 20 bis 30 % Orthoklas, 20 bis 30 % Plagiklas und 10 bis 15 % Biotit. Sekundärminerale sind helle Glimmer, Clorit, Albit, Titanit, Epidot, Calcit und opake Minerale. Das Gestein enthält häufig Mikrorisse mit ca. 20 µm Mächtigkeit, welche mit Calcit, Albit, hellen Glimmern und Quarz gefüllt sein können.

at regular intervals, a report to the competent authorities will be issued.

Valuable insights from both the exploratory tunnel sections through the Innsbruck quartz phyllite and Brixner Granite have already been obtained (Figure 4).

5.1 Innsbruck quartz phyllite

The 2 Innsbruck-Ahrental exploratory tunnels and Ahrental access tunnel of the Innsbruck - Ahrental exploratory lot lie entirely embedded in Innsbruck quartz phyllite. Roughly the first 14 km of the BBT tunnel system starting from the Innsbruck portal are to be cut through the Innsbruck quartz phyllite zone. It ranges from Innsbruck, bounded on the west by the Wipptal, until the Navistal where it is displaced or separated by a major fault zone with rocks of the Tauern window.

„Quartz phyllite“ is a stratification of different phyllites with quartzite and gneiss layers. It is a rock that breaks up easily into slates and thin layers and mainly consists of layered silicates (mica) and quartz. The schistosity as the main joint face is flat. Quartz phyllite is a dense rock due to its high proportion of mica and has led to predictions of very low water inflows into the tunnel. The small-scale marbles and dolomitic marble bodies embedded within it can be enriched with mountain water. If they are „tapped“ during tunnelling, the water from within will dry up within a few days. This is aptly described as „bleeding“.

5.1.1 Innsbruck - Ahrental exploratory tunnel

The excavated cross-section of this tunnel is about 26 m². In this section, individual advancements up to 2.20 m were possible. Due to technical preparation

of the surface geology, several weakness or fracture zones and so-called fault areas were predicted for the exploratory tunnel. Along these fault areas, the rock was broken up and pulverized by orogenic processes. More such fault lines were foreseen especially for the crossing under Lake Lans, on account of surface mapping and analysis of aerial photographs. It was therefore feared that the cutting into these faults while tunnelling could threaten the water balance of Lake Lans. But in fact, unfractured rock masses were found when tunnelling the underpass in the area of Lake Lans. The total of the accumulated mountain water so far is only about 0.1 l/s and is significantly less than the already low mountain water levels that had been predicted. So far no larger faults have been encountered, the rock mass shows only partial tectonic stress in the form of shear bands a few centimetres thick, along which the quartz phyllite is ground to a clay-like powder. A major fault is predicted around the 2,400 m point in the tunnel excavation, the so-called Ahrental fault. The tunnel is to break through the fault at a right angle or, by the shortest route. In general, faults in quartz phyllite are found at a certain depth – from a depth of 50 m – and they are dense and not water-bearing. Starting from a certain covering, they can rather pose a risk of slow and steady pressure from the rock mass, what tunnel builders refer to as „squeezing“ behaviour (Figure 5).

5.1.2 Ahrental lateral access tunnel

The excavated cross-section is about 90 m²; excavation in this section is cyclical, which means that first the tunnel cap, then the

5.2.1 Erkundungsstollen Aicha – MauIs

Der über 10 km lange Erkundungsstollen Aicha - MauIs befindet sich zur Gänze im Brixner Granit. Die geologische Prognose sah 18 Störungen vor; davon wurden 8 Störungen angetroffen. Im Bereich von Tunnelmeter 2560 wurde eine nicht prognostizierte Störung angetroffen, welche geringe Deformationen und Rissbildungen in den Tübbingen verursachte. Die mächtigste Störung ist die Weissenbachstörung, welche bei Tunnelmeter 5830 mit einer Mächtigkeit von 50 m prognostiziert war. Diese Störung trat früher, also bereits bei Tunnelmeter 5760 bis 5864 auf. Sie war begleitet mit zahlreichen Wasserzutritten. Bei Tunnelmeter 6151 wurde eine ca. 5 m mächtige zum Tunnel parallel verlaufende nicht prognostizierte Störung angetroffen. Diese geologische eher unbedeutende Störung verursachte jedoch durch ihre parallele Orientierung zur Tunnelachse starke Deformationen bis zu 60 cm der Tübbinge. Es kam zu einem knapp 4 monatigen Stillstand der Tunnelbohrmaschine.

Für den Erkundungsstollen Aicha - MauIs gab die Prognose 150 l/s (stabilisiert) und 290 l/s (maximal) an. Tatsächlich zeigt der Trend eine stabilisierte Schüttung von 70 l/s. Die maximalen Schüttungen lagen bei ca. 200 l/s.

Die Prognosen für den Gesamtwasserabfluss aus dem Fensterstollen MauIs waren 25 l/s (stabilisierte Schüttung) und 230 l/s (maximale Schüttung). Tatsächlich liegt die stabilisierte Schüttung bei ca. 6 l/s und die maximale Schüttung bei ca. 10 l/s (Bild 6).

Aus 180 Proben aus dem Erkundungstunnel Aicha wurde eine Wichte des Gesteins von 2,67 kN/m³ ermittelt. Die einaxiale mittlere Druckfestigkeit beträgt dabei 142 MPa (Standardabweichung 33 MPa). Die Prognose war mit einer mittleren einaxialen Druckfestigkeit von 133 MPa angegeben. Die mittlere Abrasivität nach Cerchar ergab 3,87 (Standardabweichung 0,67).

Der Brixner Granit zeigt ein standfestes Gebirgsverhalten. In einzelnen Fällen kam es zu bergschlagähnlichen Phänomenen. Im Bereich der „damage zone“ von Stö-

side wall and the base slab, are tunnelled out.

Due to the proximity of the Ahrental lateral access tunnel to the Wipptal fault which separates the rocks of the Ötztal and Stubai Alps from the large quartz phyllite mass, the rock mass in this tunnel is visibly fractured, from its beginning onwards. Up to about the first 30 m of the tunnel, glacial gravel deposits were found in the upper part of the tunnel cross-section. Loose rock and the cutting of the underpass beneath the motorway required a pipe roof (2 x 18 m).

There were also repeatedly occurring traces of marble in the quartz phyllite, most of them water-bearing, but which quickly „bled out“. The complications during tunnelling are the joints that dip steeply to the west in the direction of the Wipptal. Therefore, only short advancements of up to at most 1.3 m were possible during tunnelling. Due to the regional geological situation, the ground conditions should however improve gradually as the distance from the Wipptal fault increases.

5.2 Brixner Granite

The tectonic unit of the Permian age Brixner Granite consists of granite, and minor aplite and pegmatitic courses. It is not metamorphic, but was stressed by Alpine mountain building tectonics. This complex is characterized by brittle faults.

Brixner granite is a leucocratic medium-grained rock with an isotropic texture. The results of 40 thin-section analyses reveal the mineral composition of the rock to be 30 to 40 % quartz, 20 to 30 % orthoclase, 20 to 30 % plagioclase and 10 to 15 % biotite. Secondary minerals are white mica, chlorite, albite, titanite, epidote, calcite and opaque minerals. The rock often contains micro-fissures about 20 µm in thickness, which may be filled with calcite, albite, white mica and quartz.

5.2.1 Aica - Mules exploratory tunnel

The Aica - Mules exploratory tunnel, which is over 10 km long, lies entirely in Brixner Granite. The geological prognosis estimated 18 faults in the Aica exploratory tunnel with a length of 10.4 km. 8 faults were encountered here. Around 2,560 m an unpredicted fault was encountered which caused




FLEXIBLE!
POWERFUL!
ADAPTABLE!

- ▶ **Anchor Drilling**
- ▶ **Geothermal Drilling**
- ▶ **Pile Drilling**
- ▶ **Exploration Drilling**
- ▶ **Jet Grouting**
- ▶ **Soilmix-Systems**
- ▶ **Pipe roofing for tunneling**

EMDE Industrie-Technik GmbH
Lahnstr.32-34 ♦ D-56412 Nentershausen
Phone +49 (0) 64 85-187 04-0

♦ www.emde.de ♦
bohrtechnik@emde.de

**Drilling
Ideas**



Durchbruch Mauis
Breakthrough at Mauis

rungen kam es zu instabilen Ortsbrüsten. Diese wurden durch zusätzliche ungünstige Kluftsysteme hervorgerufen. Im Bereich der „core zone“ der Störungen kam es vereinzelt zur tiefgreifenden Überbeanspruchung des Gebirges.

6 Europäische Dimension und Ausblick

Der prioritäre TEN-Korridor Nr. 1 von Berlin (eigentlich Rostock) nach Palermo mit mehr als 2400 km neuer Bahnverbindung befindet sich zu einem großen Teil bereits in Bau oder in Betrieb (Bild 1). Zu diesem Streckenabschnitt gehören auch die neue Brennerbahn mit der Unterinntalstrecke und dem Brenner Basistunnel. Erwähnenswert sind dabei, dass der Bahnabschnitt von Neapel bis Verona bereits durchgehend seit Dezember 2009 in Betrieb ist und die 42 km lange Unterinntalstrecke Ende 2012 in Betrieb gehen wird [1]. Bereits 1994 wurde die Umfahrung von Innsbruck gebaut, welche Teil der unter-

irdischen Streckenführung zum Brenner Basistunnel wird.

Der Bau des Erkundungstollens schreitet zügig voran. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sowie verschiedene Projektoptimierungen werden im Rahmen einer projektübergreifenden Regelplanung (guide design) integriert. Dadurch kann eine einheitliche Basis für die weiteren Ausschreibungs- und Ausführungsplanung des Brenner Basistunnels geschaffen werden. Im Jahre 2011 sollen noch der Fensterstollen Ampass und der Fensterstollen von Wolf sowie weitere Abschnitte des Erkundungstollens durch die periadriatische Naht zwischen Mauis und Trens ausgeschrieben werden. Begleitet werden diese Erkundungen von einem sorgfältigen Monitoring und numerischen Simulationen zur Erfassung der Wasserpenetration und des zeitlich abhängigen gomechanischen Verhaltens. 

slight deformation and cracking in the concrete segments. The thickest fault is the Weissenbach fault, which was predicted at 5,830 m into the tunnel with a thickness of 50 m. It was found before that, between 5,760 and 5,864 m into the tunnel and was accompanied by frequent water inflows. At 6,151 m into the tunnel, an approx. 5 m thick fault running parallel to the tunnel, which had not been predicted, was encountered. This rather unimportant geological fault, due to its parallel orientation to the tunnel axis, caused intense deformations of up to 60 cm of the tubing rings. This caused a nearly 4-month shutdown of the TBM.

The prognosis for the Aica exploratory tunnel was 150 l/s (stabilized) and 290 l/s (maximum). In fact, the trend shows a stabilized capacity of 70 l/s. Maximum capacities were approx. 200 l/s.

The forecasts for the total water discharge from the Aica – Mules access tunnel were 25 l/s (stabilized capacity) and 230 l/s (maximum capacity). In fact, the stabilized capacity was about 6 l/s and the maximum capacity was about 10 l/s (Figure 6).

A rock density of 2.67 kN/m³ was determined from 180 samples taken from the Aica exploratory tunnel. The uniaxial compressive strength amounts to 142 MPa (standard deviation 33 MPa). The prognosis was given as a mean uniaxial compressive strength of 133 MPa. The average Cerchar abrasiveness was 3.87 (standard deviation 0.67).

The Brixner Granite shows stable rock behaviour. In some cases it showed phenomena similar to rock bursts. In the „damage zone“ area of the faults, the face was unstable. This was caused by

additional unfavourable fracture systems. In the „core zone“ area of the faults sporadic deep over-stressing of the rock occurred (fault at 6,151 tunnel meters).

6 European Dimension and Perspectives

The TEN – corridor priority project No.1 from Berlin (in fact Rostock) to Palermo including more than 2,400 km of new railway lines is, largely, under construction or already operational (Figure 1). The new Brenner Railway Line with the Lower Inn Valley stretch and the Brenner Base Tunnel is a part of this corridor. It should be mentioned that the stretch from Naples to Verona has been operational since December 2009 and that the 42 km long Lower Inn Valley stretch will be activated by the end of 2012 [1]. The Innsbruck bypass was constructed in 1994 and will be a part of the underground stretch of the Brenner Base Tunnel.

The construction of the exploratory tunnel is well underway. The lessons learned here along with the various project optimizations will be integrated into the cross-project system planning (guide design). Thus, a uniform basis for further tendering and executive planning of the Brenner Base Tunnel will be created. Tenders for the Ampass access tunnel and the Wolf access tunnel as well as further sections of the exploratory tunnel through the periadriatic seam between Mauis and Trens are to be requested during 2011. These investigations are accompanied by careful monitoring and numerical simulations to determine water penetration and the time-related gomechanical behaviour. 