

Bahntechnik für den Gotthard-Basistunnel

Häufiger, rascher, direkter und bequemer: Die Flachbahn durch die Alpen bringt bessere Verbindungen auf der Nord-Süd-Achse. Dafür braucht es modernste bahntechnische Anlagen. Sie ermöglichen den Bahnbetrieb im Tunnel und schließen die neuen Gleise an das bestehende Netz an.

Rund 90 km lang ist die erste schweizerische Nord-Süd-Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Zürich und Mailand mit den Bauwerken am Gotthard und am Monte Ceneri. Seit 2009 erfolgt im Gotthard-Basistunnel der Einbau der Bahntechnik: Schienen, Weichen, Fahrdrabt, Stromversorgung, Telecom und eine neue Signaltechnik für bis zu Tempo 250 km/h. Auf der neuen Bahnverbindung sollen mehr und schnellere Züge verkehren können. Das sind die nach

Dr. Oliver Bratschi, AlpTransit Gotthard AG, Luzern/CH

wie vor gültigen Ziele seit der Volksabstimmung im Jahr 1998 über die Finanzierung der anspruchsvollen Bahnmodernisierung. Erst die Bahntechnik macht dies nach dem eigentlichen Tunnelbau überhaupt möglich.

Bahntechnik im Gotthard-Basistunnel

Die Bahntechnik umfasst sämtliche Komponenten und Systeme, die zum engeren tech-

Rail Technology for the Gotthard Base Tunnel

More frequent, faster, more direct and even more comfortable: the flat trajectory railway through the Alps will provide better connections on the north-south axis. Towards this end ultra-modern rail technology facilities are needed. These cater for rail services in the tunnel and link the new routes up with the existing network.

The first Swiss north-south high-speed route between Zurich and Milan including the Gotthard and Monte Ceneri tunnels is some 90 km long. Since 2009 work on installing the rail technology in the Gotthard Base Tunnel has been in progress: rails, points, contact wire, power supply, Telecom and a new signalling technique for up to 250 km per hour. The new rail link will enable more and faster trains to travel over it. These remain the desired targets

since the people's referendum in 1998 relating to financing the sophisticated rail modernisation scheme. This can first be facilitated through the rail technology following the actual building of the tunnel.

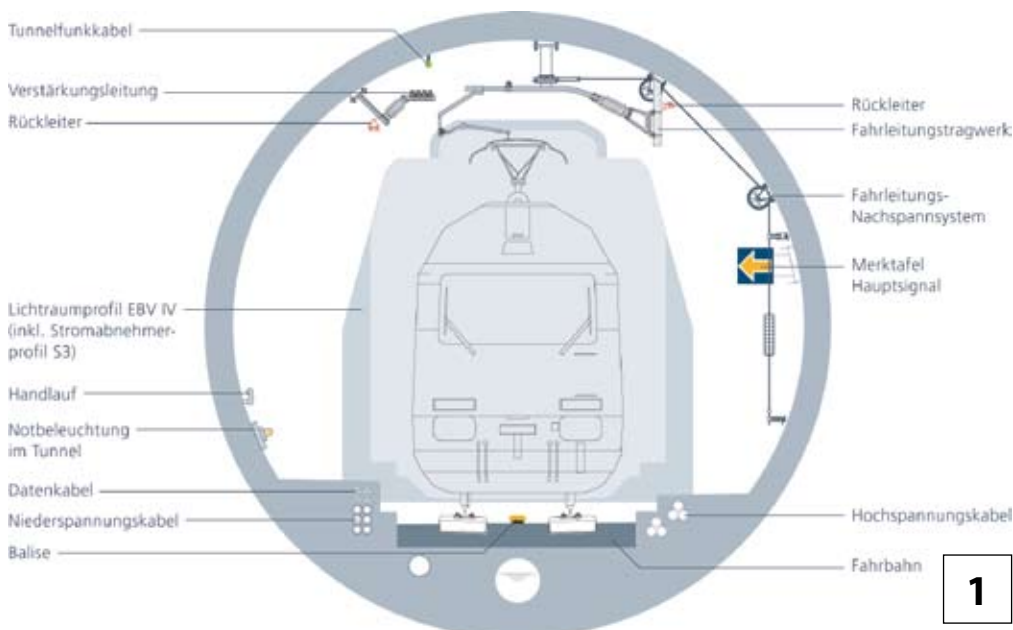
Rail Technology in the Gotthard Base Tunnel

The rail technology embraces all components and systems, which belong to the rail technical system as such and which are thus of central importance for future operations (Fig. 1):

- the track
- electrical facilities for the power supply for the rail technology and tunnel-specific installations
- rail power facilities for providing energy for the trains travelling in the Gotthard Base Tunnel
- Telecom facilities for connecting with the outside
- Safety facilities for ensuring maximum security.

Track

The Gotthard Base Tunnel is being provided with a non-ballast track. Sleepers and rubber shoes are fixed in position. A major advantage of this type of track is that the individual elements



Tunnelröhre mit bahntechnischen Anlagen

Tunnel bore with rail technology system

nischen System der Eisenbahn gehören und damit für den zukünftigen Betrieb zentral sind (Bild 1):

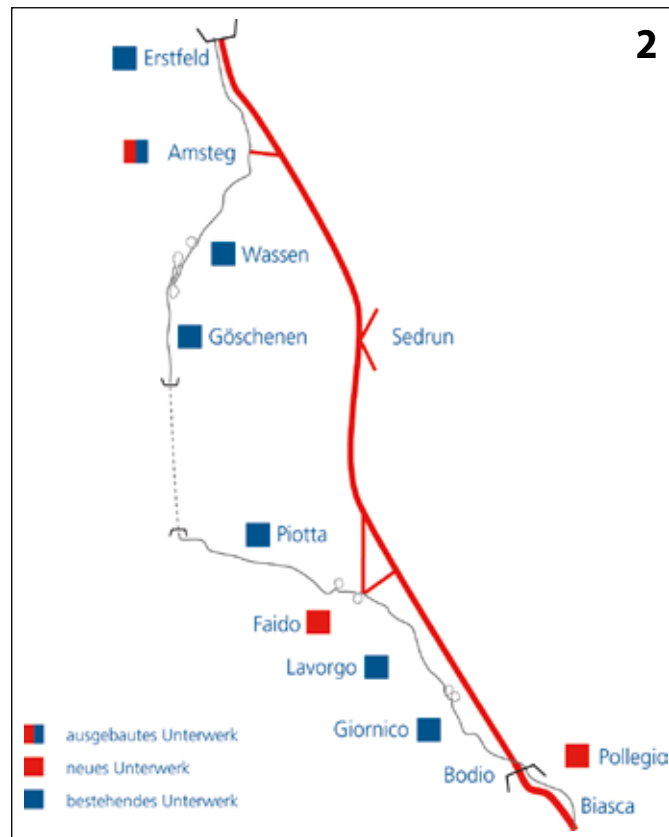
- Fahrbahn
- Elektrische Anlagen für die Stromversorgung der bahntechnischen und tunnelspezifischen Ausrüstungen
- Bahnstromanlagen für die Fahrstromversorgung entlang des Gotthard-Basistunnels
- Telecom-Anlagen für die Verbindung zur Umwelt
- Sicherungsanlagen für eine maximale Sicherheit.

Fahrbahn

Der Gotthard-Basistunnel erhält eine schotterlose Fahrbahn. Bei diesem System werden Schwelle und Gummischuh fest vergossen. Ein großer Vorteil dieser Fahrbahnart ist die Austauschbarkeit von Einzelelementen. Da es keine starre Verbindung von Gleisrost und Gleistragplatte gibt, ist es sogar möglich, nur auf einer Schienenseite Schwellen auszutauschen. Im Gotthard-Basistunnel liegt die Gleistragplatte direkt auf dem Sohlgewölbe des Rohbaus.

Bahnstromversorgung und Fahrleitungsanlagen

Der Mischverkehr durch den Gotthard-Basistunnel stellt hohe Anforderungen an die Bahnstromversorgung und die Fahrleitungsanlagen. Die Bahntechnikspezialisten mussten technisch anspruchsvolle Lösungen finden. So fordert zum Beispiel die Höchstgeschwindigkeit von Reisezügen von 250 km/h eine möglichst leichte Fahrleitung. Die großen Ströme, die zur Traktion der schweren Güterzüge nötig sind, verlangen hingegen große Leiterquerschnitte. Die



Bahnstromversorgung für den Gotthard-Basistunnel

Rail power supply for the Gotthard Base Tunnel

optimale Lösung im Gotthard-Basistunnel bietet eine konventionelle Kettenwerkfahrleitung. Das System weist einen großen Gesamtquerschnitt auf, und die Transitströme werden weitgehend in den Feederleitungen geführt. Dadurch ist es möglich, das Fahrleitungs-Kettenwerk leicht zu bauen und auf die mechanischen Anforderungen zu optimieren. In der Schweiz beziehen alle 16,7-Hz-Bahnen die Energie aus einem zentralen Hochspannungsnetz, das größtenteils mit 132 kV betrieben wird. Für den Gotthard-Basistunnel sind bei den Zugangstollen in Amsteg und Faido Unterwerke vorgesehen, welche die Fahrstromversorgung speisen. Weitere Einspeisestellen für den Basistunnel befinden sich bei den Portalen. Beim Nordportal erfolgt die

can easily be replaced. As there is no rigid connection between the track grid and the track bearing plate it is even possible to replace sleepers at one side of the track only. In the Gotthard Base Tunnel the track bearing plate is located directly on the roughwork's base invert.

Rail Power Supply and Contact Wire Systems

The mixed traffic passing through the Gotthard Base Tunnel places high demands on the rail power supply and the contact wire systems. The rail technology specialists were forced to come up with technically sophisticated solutions. Thus for example passenger trains travelling at peak speeds of up to 250 km/h require a contact line that is as light as possible. However, the major power sources needed for the

traction of heavy goods trains, for their part require large wire cross-sections. A conventional catenary line has emerged as the optimal solution for the Gotthard Base Tunnel. The system possesses a large overall cross-section and the transit power supplies are largely guided through the feeder lines. As a result it is possible to construct a light version of the catenary lines, which is optimally geared to the mechanical requirements. In Switzerland all 16.7 Hz railway systems receive energy from a central high-voltage network, which is largely operated with 132 kV. Sub-stations are foreseen for the Gotthard Base Tunnel at the access tunnels in Amsteg and Faido, which provide the power supply. Further feeder stations for the Base Tunnel are located at the portals. At the north portal power is derived from the existing main line whilst at the south portal the new Pollegio sub-station is intended to fulfil the task (Fig. 2).

Infrastructural Power Supply

The 50 Hz power supply in the Gotthard Base Tunnel has to fulfil the highest demands regarding safety and availability. As a result the power supply is effected via 3 largely independent high-voltage networks to the north and south of the Alps. All consumers are provided redundantly and with the required independence.

Cable Systems

The tunnel contains only the most essential installations because extreme climatic conditions prevail there with temperatures of up to 40 °C and access for repair and maintenance is difficult. The cable network for

Einspeisung über die Stromversorgung der bestehenden Stammstrecke, beim Südportal ist das neue Unterwerk Pollegio vorgesehen (Bild 2).

Stromversorgung der Infrastruktur

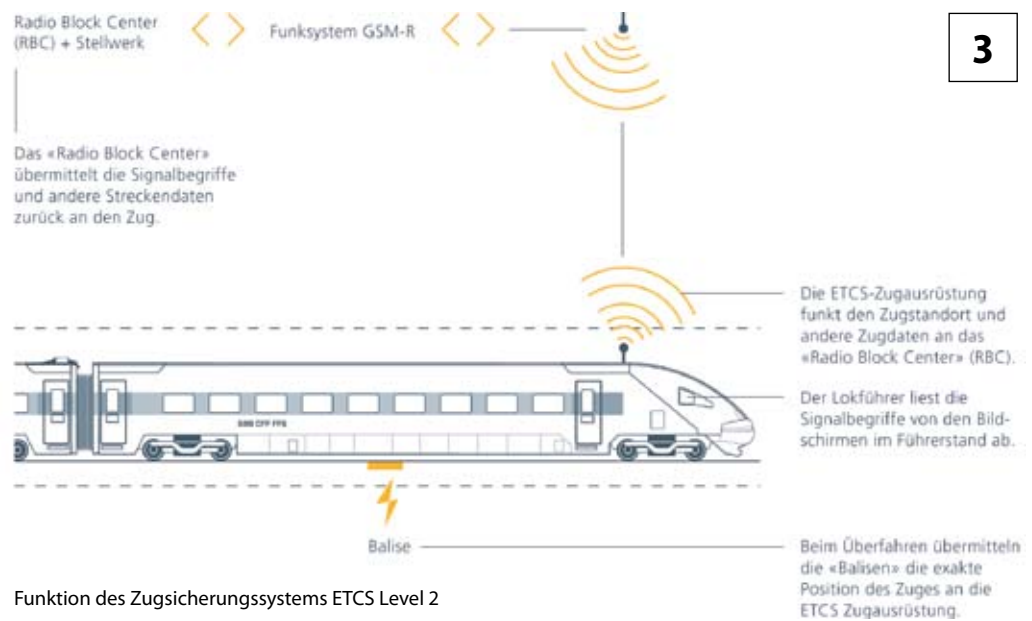
Die 50 Hz Stromversorgung im Gotthard-Basistunnel muss höchsten Ansprüchen bezüglich Sicherheit und Verfügbarkeit genügen. Die Stromversorgung erfolgt deshalb über 3 weitgehend unabhängige Hochspannungsnetze nördlich und südlich der Alpen. Alle Verbraucher werden redundant und mit der nötigen Unabhängigkeit versorgt.

Kabelanlagen

Weil im Basistunnel außerordentliche klimatische Bedingungen mit Temperaturen von bis 40 °C herrschen und der Zugang für Erhalt und Unterhalt schwierig ist, befinden sich im Tunnel nur die nötigsten Einrichtungen. Das Kabelnetz für die 50 Hz Stromversorgung umfasst rd. 1100 km Hochspannungs- und ca. 1050 km Niederspannungskabel. Für die Datenübertragung legt man 1100 km Lichtwellenleiter. Um mechanische Beschädigungen zu vermeiden, liegen die Kabel in Rohrblöcken in den seitlichen Banketten.

Kommunikation und Datenübertragung

Die Bahntechnik ist in hohem Grad automatisiert. Deshalb ist ein äußerst zuverlässiges System zur Informationsübermittlung nötig, und zwar sowohl zur Übertragung von Daten als auch von Sprache. Eine wichtige Rolle spielt dabei die festnetz-basierte Kommunikation, welche die verschiedenen



Funktion des Zugsicherungssystems ETCS Level 2
Function of the train safety system ETCS Level 2

Komponenten der Bahntechnik im Gotthard-Basistunnel zu einem Ganzen verknüpft. Dazu gehören das Datennetz, das die Prozess- und Betriebsdaten überträgt, und das Kommunikationssystem, das die leitungsgebundenen Sprachbedürfnisse abdeckt. Mobile Kommunikationsmittel setzt man zu betrieblichen Zwecken ein (GSM-R, Funksysteme, Führersignalisierung), aber auch die Passagiere haben auf ihrer Fahrt durch den Basistunnel Zugriff auf die Dienste der öffentlichen Mobilfunkanbieter. Um die verschiedenen Dienste zu gewährleisten, ist ein leistungsfähiges und hoch verfügbares Tunnel-funksystem nötig, das als Übertragungs- und Abstrahlmedium dient.

Sicherungsanlagen

Die Sicherungsanlagen dienen der Steuerung und Überwachung der Bewegungsräume der Züge und bieten einen sehr hohen Automatisierungsgrad. Sie vernetzen Signale, Gleisfreimeldesystem und Weichen miteinander. Natürlich müssen

the 50 Hz power supply embraces some 1,100 km of high-voltage and some 1,050 km of low-voltage cables. 1,100 km of fibre-optic cables was laid for data transmission purposes. The cables were laid in conduit blocks in the shoulders at the side.

Communication and Data Transmission

The rail technology is automated to a large extent. Consequently an extremely reliable system for transmitting information is required, both for transmitting data as well as speech. An important role is played here by the landline-based communication, which interlinks the various rail technology components within the Gotthard Base Tunnel to form a whole. These include the data network, which transmits the processing and operating data – and the communication system, which caters for line-bound speech requirements. Mobile communication media are used for operational purposes (GSM-R, radio systems, driver's cab signaling) but the passengers too can

take avail of the services of the public mobile network providers during their journey through the Gotthard Base Tunnel. An effective and highly available tunnel radio system is essential to assure the various services, which acts as a transmission and radiation medium.

Safety Systems

The safety systems serve to control and monitor the zones in which the trains are moving and offer an extremely high degree of automation. They connect signals, the track vacancy detection system and points with one another. It goes without saying that these central elements of the rail technology equipment have to comply with very high safety and availability standards. Even minor errors would lead directly to train delays or even dangerous situations. The Gotthard Base Tunnel's safety systems comprise the following installations:

- Signal boxes and track vacancy detection systems, control of the point mechanisms
- Rail guidance technology in-

auch diese zentralen Teile der bahntechnischen Ausrüstung sehr hohen Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen genügen. Bereits kleine Fehler würden zu direkten Betriebsbehinderungen oder sogar zu Gefährdungen führen. Die Sicherungsanlagen des Gotthard-Basistunnels umfassen folgende Anlagen:

- Stellwerke und Gleisfreimeldeeinrichtungen, Steuerung der Weichenantriebe
- Bahnleittechnik inkl. Bedienung und Anzeige, Zuglenkung und zusätzliche Funktionen
- Führerstandssignalisierung mit Streckenzentrale (Radio Block Center) und Balisen am Gleis.

Führerstands-signalisierung

Der Gotthard-Basistunnel wird mit dem europaweit normierten Signal- und Zugsicherungssystem ERTMS/ETCS (European Train Control System) Level 2 ausgerüstet. Als Basis für die Fahrwegsicherung dient nach wie vor das Stellwerk mit den üblichen Gleisfreimeldeeinrichtungen. Der wesentliche Unterschied zu konventionellen Zugsicherungssystemen liegt jedoch darin, dass anstelle von ortsfesten optischen Signalen die elektronische Führerstands-signalisierung zum Einsatz kommt. Der Lokführer erhält alle relevanten Informationen durch Funk auf die Anzeige im Führerstand übermittelt. Diese Führerstands-signalisierung ermöglicht hohe Geschwindigkeiten bei kürzeren Zugfolgezeiten. Langfristig soll ETCS die vielen verschiedenen Zugsicherungssysteme und Zugleitsysteme ablösen, die innerhalb von Europa eingesetzt werden und

nicht kompatibel sind. Dadurch wird ein Beitrag an die Interoperabilität geleistet (Bild 3).

Leittechnik und Betrieb

Die Tunnelleittechnik stellt die zuverlässige, sichere Überwachung und Steuerung der technischen Systeme im Gesamtsystem Gotthard-Basistunnel sicher. Das Bahnleitsystem ist verantwortlich für die übergeordnete Stellwerkanzeige und -bedienung, für die Detektion von Unregelmäßigkeiten bei den Zufahrten zum Gotthard-Basistunnel und für die Verbindung der Sicherungsanlagen zu den übrigen Anlagen. Vom Centro d'Esercizio Pollegio (CEP) im Tessin aus wird der komplette Betrieb der Gotthardachse von Arth-Goldau bis an die Grenze zu Italien gesteuert. Dies umfasst die Regelung, Überwachung und Disposition des Zugverkehrs, aber auch die Steuerung sämtlicher technischer, nicht betriebsspezifischer Systeme und Einrichtungen des Gotthard- und Ceneri-Basistunnels. Im CEP befindet sich zudem die zentrale Anlaufstelle für die Koordination der Erhaltungs-teams in den beiden Basistunneln. Im Ereignisfall richten sich auch die Interventionskräfte hier ein.

Vom Werkvertrag zum Einbau – ein langer Weg

Die Erfahrungen der Schweizerischen Bundesbahnen mit verschiedenen Ausschreibungsarten bei Hochgeschwindigkeitsstrecken wie Zürich–Thalwil oder Mattstetten–Rothrist und des europäischen Umfelds mit Eurotunnel, Köln–Rhein/Main zeigten, dass eine Generalunternehmerausschreibung die geringsten Risiken aufweist. Dabei wird ein detailliertes

cluding operation and display, train routing and other functions

- Driver's cab signalling with route centre (Radio Block Centre) and transponders on the track.

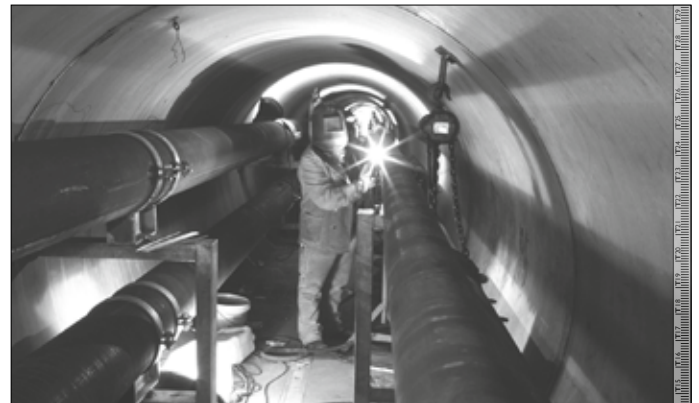
Driver's Cab Signalling

The Gotthard Base Tunnel is to be equipped with the Europe-wide standardised signalling and train safety system ERTMS/ETCS (European Train Control System) Level 2. The signal box with conventional vacant-track detection facilities still serves as the basis for securing the track. The main difference to conventional train safety systems is to be found however in that electronic driver's cab signalling

is applied instead of fixed-point optical signals. The train driver obtains all relevant information via radio on the display in his cab. Driver's cab signalling enables high speeds given shorter train frequencies. In the long term ETCS is intended to replace the many different train safety systems and train routing systems, which are applied within Europe but are incompatible. In this way a contribution will be afforded towards interoperability (Fig. 3).

Control Technology and Operation




The tunnel control technology represents the reliable, safe monitoring and control of technical systems in the overall Gotthard



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker im Tunnelbau

Schläuche · Armaturen · Zubehör für:
hoses · fittings · equipment for:

- | | | |
|---|-----------|----------------|
|  | Pressluft | compressed air |
|  | Wasser | water |
|  | Beton | concrete |



Salweidenbecke 21
44894 Bochum, Germany
Tel. +49 (0)234/58873-73
Fax +49 (0)234/58873-10
info@techno-bochum.de
www.techno-bochum.de

 **TechnoBochum**



Bahntechnik-Installationsplatz in Bodio
Rail technology installation yard in Bodio

Bauprojekt als Basis für die Ausschreibung des Generalunternehmers erstellt. Ein Generalunternehmer erhält schließlich den Auftrag zur Ausführungsprojektierung, Ausführung und Inbetriebsetzung der gesamten Bahntechnik.

Risiken

Häufiger Streitpunkt in der Bauphase ist die nicht ausreichend definierte Risikoabgrenzung und -verteilung. Durch das gewählte Vorgehen konnte man die Risiken bereits vor der Werkvertragsunterzeichnung identifizieren und klar zuordnen. Auch nach der Unterzeichnung des Werkvertrags trägt die AlpTransit Gotthard AG weiterhin namhafte Risiken:

- Das Überschreiten der werkvertraglich definierten Maximaltemperaturen. Die Simulationen zeigen, dass die Temperaturen in den Tunnelröhren im Vergleich zu den bestehenden Alpentunneln sehr hoch sein werden.
- Politisch, rechtlich und nahtstellenbedingte Bestellungs-

änderungen und das damit zusammenhängende Claim Management. Die Bestellungenänderungen dienten bisher vor allem erhöhten Sicherheitsanforderungen, der Modernisierung der Bahntechnik oder Verbesserungen für Bevölkerung und Umwelt.

Größter Werkvertrag der NEAT

Der vorliegende Werkvertrag Bahntechnik regelt die Planung, Entwicklung, Fabrikation, Lieferung und Montage der gesamten bahntechnischen Ausrüstung des Gotthard-Basistunnels inklusive der offenen Neubaustrecken Nord und Süd, die Integration, die Inbetriebsetzung und die Erhaltung bis zur Abnahme des Werkes. Mit einer Vertragssumme von rd. 1,69 Mrd. CHF ist es der größte Vertrag der AlpTransit Gotthard AG. Auch weltweit ist es einer der größten Verträge im bahntechnischen Bereich, die je unterschrieben wurden. Die Unterzeichnung des Werkver-

trags regelt die Planung, Entwicklung, Fabrikation, Lieferung und Montage der gesamten bahntechnischen Ausrüstung des Gotthard-Basistunnels inklusive der offenen Neubaustrecken Nord und Süd, die Integration, die Inbetriebsetzung und die Erhaltung bis zur Abnahme des Werkes. Mit einer Vertragssumme von rd. 1,69 Mrd. CHF ist es der größte Vertrag der AlpTransit Gotthard AG. Auch weltweit ist es einer der größten Verträge im bahntechnischen Bereich, die je unterschrieben wurden. Die Unterzeichnung des Werkver-

From the Works Contract to Installation – a long Way

The experience of the Swiss Federal Railways with various types of tendering for high-speed routes such as Zurich-Thalwil or Mattstetten-Rothrist and elsewhere in Europe with the Euro Tunnel, Cologne-Rhine/Main revealed that a general contractor's tender incorporated the least risks. In this connection a detailed construction project is drafted as the basis for the general contractor's tender. Subsequently a general contractor is commissioned to provide the planning, execute and implement the entire rail technology.

Risks

Inadequately defined restriction and distribution of risks remains a frequent bone of contention during the construction phase. Thanks to the chosen procedu-

re it was possible to identify and clearly allocate the risks prior to the signing of the works contract. Even after the signing of the works contract the AlpTransit Gotthard AG continues to be responsible for particular risks:

- Exceeding the maximum temperatures defined in the works contract. Simulations indicated that the temperatures in the tunnel bores are extremely high compared with the existing Alpine tunnels.
- Changes to orders for political, legal and interface management purposes and in turn claim management. The changes to orders so far have mainly served to meet enhanced safety requirements, the modernisation of rail technology or improvements benefitting the population and environment.

The NEAT'S biggest Works Contract

The actual works contract for the rail technology governs the planning, development, manufacture, supply and assembly of the entire rail technology equipment for the Gotthard Base Tunnel including the open new north and south routes that were constructed, integration, commissioning and operation until acceptance of the project. Worth some 1.69 bill. CHF it represents the AlpTransit Gotthard AG's biggest ever contract. On a worldwide scale it is also one of the largest contracts in the field of rail technology ever to be signed. The works contract for the rail technology was signed by the commissioned consortium and the AlpTransit Gotthard AG on April 28, 2008. This signified that work could thus commence.

trages Bahntechnik durch das beauftragte Konsortium und die AlpTransit Gotthard AG erfolgte am 29. April 2008. Damit war die Bahn frei für den Start der Arbeiten.

Baubeginn der Bahntechnik am Gotthard-Basistunnel

Der Einbau der Bahntechnik in den Gotthard-Basistunnel ist eine komplexe und anspruchsvolle Aufgabe. Für den termin- und kostengerechten Abschluss der Arbeiten ist eine gute Koordination zwischen Rohbau und Ausrüstung und den einzelnen Bahntechnikbereichen ebenso entscheidend wie ein flexibler Einbauplan. Der Einbau der Bahntechnik und die gesamte Inbetriebsetzung dauern rd. 8 Jahre.

Nach einem Jahr intensiver Planung und Projektierung begannen im Tessin die ersten Arbeiten für die bahntechnische Ausrüstung des Gotthard-Basistunnels. Seit Mai 2009 baut der Bahntechnikunternehmer die Zufahrtsgleise vom Bahnhof Biasca bis zum Installationsplatz der Bahntechnik. Von Sommer 2009 bis Frühling 2010 entstanden auf der rd. 60.000 m² großen Fläche des Installationsplatzes Unterkünfte für 230 Arbeiter, eine Kantine, Montagehallen für die Vormontage der Bahntechnik-Komponenten, Lagerhallen und Lagerflächen im Freien, eine Leitstelle zur Überwachung des Baustellenverkehrs im Tunnel und diverse Werkgleisanlagen. Die Installation der temporären und der ersten bleibenden Anlagen in den Tunnel ab dem Südportal in Bodio begann im Mai 2010. Seit September 2010 erfolgt der schienengebundene Einbau der festen Fahrbahn (Bild 4).

Einbau der Bahntechnik

Für die Bahntechnikspezialisten sind die komplexen Rahmenbedingungen beim Einbau der Bahntechnik eine große Herausforderung. Entsprechend aufwändige Vorbereitungen waren vor dem Start der Arbeiten nötig.

- In den beiden 57 km langen Einspurröhren des Gotthard-Basistunnels ist das Kreuzen, Überholen oder Wenden mit Pneufahrzeugen unmöglich oder erschwert. Zudem sind nur die beiden Portale leistungsfähige Zugänge in das Tunnelsystem. Praktisch alle Transporte finden darum auf den Schienen ab den beiden Hauptinstallationsplätzen in Erstfeld (Nordportal) und Biasca (Südportal) statt.
- Die teilweise sehr langen Transportwege erfordern eine ausgeklügelte Logistik. Mit fortschreitenden Arbeiten ergeben sich Distanzen von bis zu 40 km.
- Zudem herrschen im Tunnel extreme Klimabedingungen. Zum Schutz vor den hohen Temperaturen und der Luftfeuchtigkeit werden viele Anlagen in Schränken und Containern untergebracht. Für die Arbeiter, die die bahntechnische Ausrüstung einbauen, gibt es während der Ausrüstungsphase eine Baulüftung und Kühlung.

Fahrbahn als Taktgeber des Einbaus

In jedem Tunnelabschnitt erfolgt der Bahntechnikeinbau in derselben Reihenfolge. Zuerst werden Bauprovisorien und Kabel eingebaut. Danach folgt der Einbau der Festen Fahrbahn. Sie stellt die schienenbasierte Transportlogistik für die übrigen Gewerke sicher.

Start of Work on the Rail Technology for the Gotthard Base Tunnel

Installing the rail technology in the Gotthard Base Tunnel represents a complex and sophisticated task. Good cooperation between the roughwork and equipping and the individual rail technology sectors is just as decisive as a flexible installation plan for ensuring that work is concluded in time within the desired cost frame. Installation of the rail technology and the entire commissioning phase will last roughly 8 years.

Following a year devoted to intensive planning and development initial work on installing the Gotthard Base Tunnel's rail technology began in Ticino. Since May 2009 the responsible contractor has been engaged in building the access tracks from Biasca Station to the installation yard for the rail technology. From summer 2009 till spring 2010 living quarters for 230 workers, a canteen, assembly halls for preassembling the rail technology components, storage premises and storage areas in the open, a control centre for supervising construction site traffic in the tunnel and various works tracks were set up on the around 60,000 m² large installation yard area. The installation of the temporary and first permanent facilities in the tunnel from the south portal at Bodio started in May 2010. Work on the permanent slab track started in September 2010 (Fig. 4).

Installation of the Rail Technology

The complex marginal conditions involved with installing the rail technology represent a major challenge for the rail technology specialists. Correspondingly

complex preparations were necessary prior to work commencing.

- It is either impossible or very difficult for tired vehicles to cross, overtake or turn in the two 57 km long single-track bores of the Gotthard Base Tunnel. Furthermore only the 2 portals represent effective accesses to the tunnel system. As a result practically everything is transported by rail from the 2 main installation yards in Erstfeld (north portal) and Biasca (south portal).
- These in part extremely long transport routes necessitate intricate logistics. As work progresses distances of up to 40 km are involved.
- In addition extreme climatic conditions prevail in the tunnel. Many pieces of equipment are housed in cabinets and containers in order to protect them from the high temperatures and the air humidity. During the rail technology installation phase ventilation and air-conditioning improve the conditions for the workforce.

Track acts as Key for Installation

The rail technology is installed in each tunnel section in accordance with the same pattern. First of all temporary structures and cables are installed. Then the permanent slab track is put in position. It caters for the track-based transport logistics for the remaining activities. The catenary wire supporting structure is installed parallel to the equipping of the cross-passages. This is followed by wiring, connecting the data points and technical systems and finally commissioning (Fig. 5).

Das Fahrleitungstragwerk wird parallel zur Ausrüstung der Querschläge eingebaut. Dann folgen Drahtwerk, die Verknüpfung der Datenpunkte und technischen Systeme und schließlich die Inbetriebsetzung (Bild 5).

Anspruchsvolle Materiallogistik

Damit die richtigen Bahntechnikkomponenten zur geplanten Zeit am exakten Ort im Tunnel zum Einbau zur Verfügung stehen, ist eine effiziente Materiallogistik unerlässlich. Viele Elemente werden maßgefertigt und müssen rechtzeitig bestellt, in der gewünschten Qualität produziert und geliefert werden. Auf den Installationsplätzen werden die Komponenten zwischengelagert, gemäß dem Tagesbedarf konfektioniert und zur Montage in den Tunnel transportiert.

Inbetriebsetzung

Die Inbetriebsetzung des Gotthard-Basistunnels wird in mehreren Schritten vollzogen. Nach Abschluss des Einbaus werden sämtliche Komponenten und Anlagen in Teilprüfungen auf ihre Funktionalität getestet. Nach erfolgreichem Abschluss dieser Prüfungen folgt die eigentliche Inbetriebsetzung. Diese ist in 2 Phasen unterteilt:

- **Phase A:**

Die AlpTransit Gotthard AG als Erstellerin weist die Funktionalität und Sicherheitsanforderungen des Basistunnels nach. Im Testbetrieb wird mit Zugfahrten über Monate das Zusammenspiel aller Tunnelkomponenten ausgiebig getestet.

- **Phase B:**

Der Probebetrieb steht unter der Hauptverantwortung

der SBB AG, der künftigen Betreiberin der Basistunnel. Erst wenn nachgewiesen ist, dass der Betrieb mit Personen- und Güterzügen, der Personaleinsatz und die Ereignisbewältigung reibungslos funktionieren, wird vom zuständigen Bundesamt für Verkehr die Betriebsbewilligung für den kommerziellen, fahrplanmäßigen Betrieb erteilt.

Teststrecke Faido–Bodio West

Als erster Tunnelbereich wird die Weströhre zwischen Faido und Bodio mit den bahntechnischen Anlagen ausgerüstet. Auf diesem über 15 km langen Abschnitt werden bereits ab 2013 Testfahrten mit Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h erfolgen. Dadurch kann das komplexe Zusammenspiel aller bahntechnischen Systeme ausgiebig getestet werden. Die Erkenntnisse werden für den Einbau und die Inbetriebsetzung der Bahntechnik auf den weiteren Strecken des 57 km langen Gotthard-Basistunnels verwendet werden.

Die Zukunft ist im Bau

Vor über 100 Jahren entstand in Europa das erste alpenquerende Eisenbahnnetz. Mit der Unterzeichnung des Werkvertrags und dem Start der Bahnarbeiten hat nach den Durchschlägen der Tunnelbauer am Gotthard-Basistunnel die letzte Etappe auf dem Weg zu einem neuen Zeitalter für den Verkehr durch die Alpen begonnen.

Wann ist Hochgeschwindigkeit möglich?

Als Hochgeschwindigkeitsstrecke wird eine Eisenbahnstrecke



Einbau der Fahrbahn im Gotthard-Basistunnel
Installing the track in the Gotthard Base Tunnel

Sophisticated Material Logistics

In order to ensure that the proper rail technology components are available for installation at the scheduled time at the exact place in the tunnel, efficient material logistics is essential. Many elements are customised and have to be ordered in time, produced and delivered in the desired quality. The components are stored on the installation yards, preassembled and transported for assembly into the tunnel.

Commissioning

The Gotthard Base Tunnel is commissioned in a number of phases. After conclusion of the installation phase all components and systems are checked in partial tests to see if they are functioning. After the successful conclusion of these tests the

commissioning as such follows. This is divided into 2 phases:

- **Phase A:**

The AlpTransit Gotthard AG as producer establishes the functionality and safety requirements of the Base Tunnel. By means of trial services lasting for months on end the interplay of the tunnel components is investigated extensively during a test phase.

- **Phase B:**

The test schedule is mainly the responsibility of the SBB AG, the Base Tunnel's future operator. Only when it has been verified that operation with passenger and goods trains, deployment of staff and overcoming incidents function without friction, can the responsible Federal Office of Transport bestow the operating permit for commercial, scheduled services.



bezeichnet, die mit mindestens 200 km/h befahren werden kann. Auf der AlpTransit-Achse liegen die Reisegeschwindigkeiten zwischen 200 und 250 km/h. Dabei gilt es, einige Dinge genauer zu betrachten.

- **Linienführung:**

Hohe Geschwindigkeiten verlangen eine möglichst gerade Linienführung mit geringen Steigungen. Beim Projekt AlpTransit müssen Kurven einen Radius von mindestens 5000 m haben. Die Neigung beträgt auf der offenen Strecke maximal 12,5 ‰, im Tunnel wegen des erhöhten Luftwiderstandes nur 8 ‰.


- **Sicherheit:**

Aus Sicherheitsgründen gibt es keine Straßenübergänge – das erfordert Kunstbauten wie Brücken oder Unterführungen.

- **Unterhalt:**

Wegen der hohen Fahrplandichte und der hohen Geschwindigkeit der Züge ist es nicht möglich, Unterhaltsarbeiten an einem befahrenen Gleis durchzuführen. Damit an einem Gleis sicher gearbeitet werden kann, betragen die Gleisabstände im Freien 5,5 m. Ein Schutzgelenk hindert die Arbeiter daran, das befahrene Gleis zu betreten. Im Tunnel wird bei Unterhaltsarbeiten die ganze Röhre gesperrt.

- **Führerstandssignalisierung:**

Bei hoher Geschwindigkeit können die Lokführer stationäre Signale nicht mehr eindeutig wahrnehmen. Deshalb müssen die Signale in den Führerstand übermittelt werden. Für die Gotthardachse kommt das System ERTM/ETCS zum Einsatz. 

Faido-Bodio West Test Section

The western bore between Faido and Bodio is the first part of the tunnel to be fitted with the rail technology systems. As from 2013 trial services with speeds of up to 200 km/h will take place over this more than 15 km long section. In this way the complex interplay of all rail technology systems will be extensively tried out. The findings will be made use of for installing and commissioning the rail technology on the further sections of the 57 km long Gotthard Base Tunnel.

Building for the Future

More than 100 years ago the first rail network crossing the Alps was established in Europe. With the signing of the works contract and the start of work on the rail technology following the breakthroughs the tunnellers at the Gotthard Base

Tunnel embarked on the final stage en route to a new age for traffic through the Alps.

When is High-Speed possible?

A rail route is described as a high-speed route when it allows speeds of at least 200 km/h. Travelling speeds on the AlpTransit Axis of between 200 and 250 km/h are permissible. A number of aspects should be observed here closely in this connection:

- **Route alignment:**

High speeds call for as straight a route alignment as possible with only slight gradients. Curves in the AlpTransit project must have a radius of at least 5,000 m. On the open route the gradient amounts to a maximum of 12.5 ‰ and only 8 ‰ on account of the increased air resistance in the tunnel.

- **Safety:**

Roads are not crossed for safety reasons – this calls for structures such as bridges or underpassages.

- **Maintenance:**

On account of the high frequencies and the high speed of the trains it is not possible to undertake maintenance work while a track is being used by trains. In order to ensure that work can progress safely on a track a safety margin of 5.5 m is adhered to. A protective barrier prevents the workforce from stepping on to tracks which are in use. In the event of maintenance work in the tunnel, the entire bore is closed down.

- **Driver's cab signalling:**

Train drivers cannot identify stationary signals properly at high speed. As a result the signals must be communicated to the driver's cab. The ERTM/ETCS system is to be applied for the Gotthard axis. 