

www.tunnel-online.info

# tunnel

4

June

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2014

Gotthard Base Tunnel: 20 years of Surveying | 20  
Digital Segment Management in the Koralm Tunnel | 32  
Ground Conditioning for fast EPB Advance | 50



**bau || || verlag**

Wir geben Ideen Raum



## Full Range

**ABU DHABI** is modernizing its wastewater network in the **Strategic Tunnel Enhancement Programme – STEP**. We have delivered 8 AVN Machines, 6 EPB Shields, a segment production plant and additional equipment for our partner **ZÜBLIN**.

## Full Power

**14 Herrenknecht TBMs** (Ø960–6,950 mm) are excavating a total of 70 km of tunnel in **ABU DHABI**. Our EPB Shields consistently achieved 200 m per week.

## Full Service

As in **ABU DHABI**, we contribute to our customers' project success with complete **service packages worldwide**.

**Pioneering Underground Technologies**

› [www.herrenknecht.com](http://www.herrenknecht.com)



# tunnel 4/14

Offizielles Organ der **STUVA**  
www.stuva.de



Vermessungsarbeiten im Gotthard Basis Tunnel:  
Vermesser beim Polygonzugmessen mit Total-  
station

Surveying activities in the Gotthard Base Tunnel:  
surveyor measuring the traverse with total station  
(Seite/page 20)

Quelle/source: BSF Swissphoto

## Title

Handling-System für Betonfertigteile:  
Hydraulische Rohrhebetraverse und  
hydraulischer Kipptisch (hier im Einsatz in  
einem Betonrohrwerk). Beide verfügen über  
eine Tragfähigkeit von 40t

Handling system for precast concrete  
components: hydraulic lifting crossbar and  
hydraulic tilting table (the photo shows the  
application in a concrete pipe plant). Both have  
a load capacity of 40t

Quelle/source: Maschinen- und Stahlbau Dresden

## Nachrichten/News

2

## Hauptbeiträge / Main Articles

### Gotthard-Basistunnel: Vortriebsvermessung, Laserscanning und Kontrolle der Gleislage

20

Gotthard Base Tunnel: Surveying the Drive, Laser Scanning  
and Track Position Control  
Dr. Dante Salvini, Ivo Schätti

### Tübbinge unter digitaler Kontrolle: Produktion, Einbau und Lagerung

32

Segments under digital Control: Production, Installation and Storage  
Andreas Lange

### Bodenkonditionierung: Schneller Vortrieb mit EPB-Maschinen

50

Ground conditioning: What makes for fast EPB Advance?  
Desiree Willis, Joe Roby

## Fachtagungen / Conferences

### 21. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium

62

21<sup>st</sup> Darmstadt Geotechnics Colloquium

## Informationen / Information

### Veranstaltungen

63

Events

### Inserentenverzeichnis

64

Advertising list

### Impressum

64

Imprint

Schweiz

## Durchmesserlinie Zürich in Betrieb

Switzerland

## Zurich Cross-City Link operational



Quelle/credit (2): SBB CFF FFS

Der rund 5 km lange Weinbergtunnel bildet ein Kernstück der Durchmesserlinie Zürich auf der Strecke nach Oerlikon. Nach dem Vortrieb von Ende 2008 bis Ende 2010 und vollendetem Innenausbau bis zum Mai 2012 wurden ab Juli desselben Jahres die bahntechnischen Anlagen installiert. Das Bild zeigt Betonarbeiten zur Erstellung der Fahrbahnplatte, Einbau der Gleisanlage im Weinbergtunnel

The roughly 5 km long Weinberg Tunnel forms the core of the Zurich Cross-City Link on the way to Oerlikon. After the excavation from the end of 2008 until late 2010 and the completion of the inner lining by May 2012, the rail engineering facilities were installed as from July of the same year. The picture shows concrete operations to produce the track slab

Mit ihrer Inbetriebnahme am 15. Juni 2014 bildet die 9,6 km lange Strecke Durchmesserlinie Zürich (DML) einen zentralen Teil der West-Ost-Achse des Schweizer Schienenverkehrs. Von der Kapazitätssteigerung wird vor allem die Achse Genf-Bern-Zürich Flughafen-St. Gallen profitieren.

Die DML durchquert die Stadt Zürich von Altstetten über den Hauptbahnhof bis Oerlikon in einem großen Bogen. Herzstück ist der unterirdische Durchgangsbahnhof Löwenstraße [1; 2], 16 m unter den heutigen Gleisen 4 bis 9 des oberirdischen Zürcher Kopfbahnhofs. Er ist rund 1 km lang und viergleisig mit zwei 450 m langen Bahnsteigen. Ebenfalls unterhalb der bestehenden Gleise entstand die neue Passage Gessnerallee, die den Bahnhof Löwenstraße mit dem bestehenden Durchgangsbahnhof Museumsstraße und den Bahnsteigen im Hauptbahnhof verbindet. Richtung Westen führen die Gleise der DML über zwei noch im Bau befindliche Brücken bis Zürich Altstetten, die im Dezember 2015 in Betrieb genommen werden sollen.

Richtung Osten verbindet der 5 km lange Weinbergtunnel [3-5] den Hauptbahnhof mit Oerlikon. Der doppelspurige Tunnel mit parallelem Flucht- und Rettungstollen wurde bis November 2010 von Oerlikon her in Richtung Hauptbahnhof Zürich vorgetrieben. Im

After its inception on June 15, 2014, the 9.6 km long Zurich Cross-City Link (DML) forms a central part of the west-east axis for Swiss rail traffic. The Geneva-Berne-Zurich Airport-St. Gallen is bound to profit most from this increase in capacity.

The DML passes through the City of Zurich from Altstetten via the Central Station to Oerlikon in a wide arc. The underground through station Löwenstraße [1; 2] forms its core; it is 16 m beneath the current tracks 4 to 9 of the dead-end station on the surface. It is roughly 1 km long and possesses 4 tracks with two 450 m long platforms. The new Gessnerallee Passage was also set up beneath the existing tracks; it connects the Löwenstraße Station with the existing Museumstraße through station and the platforms on the Central Station. The DML tracks in the west run over two bridges that are still being built to Zurich Altstetten, which are due to open in December 2015. Towards the east, the 5 km long Weinberg Tunnel [3-5] links the Central Station with Oerlikon. The twin-track tunnel with parallel evacuation and rescue tunnel was driven up to November 2010 from Oerlikon towards Zurich Central Station. After completing the inner lining between January 2011 and May 2012, the rail engineering facilities were installed as from in July 2012. The Weinberg Tunnel passed beneath the River Limmat and the Zürichberg hill

Anschluss an den Innenausbau von Januar 2011 bis Mai 2012 wurden die bahntechnischen Anlagen ab Juli 2012 installiert. Der Weinbergtunnel unterquert die Limmat und den Zürichberg und mündet in den verbreiterten Einschnitt Oerlikon. Im Bahnhof Oerlikon wurde Platz für zwei neue Bahnsteiggleise geschaffen. Der Zeitplan für die Bauausführung der DML wurde bisher eingehalten, ebenso die veranschlagten Investitionskosten [6] von rund 1,6 Milliarden Euro. G.B.



Arbeiten an der Gleisanlage im Weinbergtunnel  
Working on the Weinberg Tunnel's railway track

and ends up in an extended cut at Oerlikon. Space for two new platform tracks were created in Oerlikon Station. The timetable has so far been adhered to as well as the proposed costs [6] of around 1.6 billion Euro. G.B.

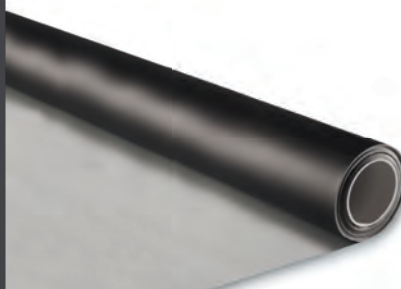
#### Literatur/References

- [1] Unterirdischer Durchgangsbahnhof Löwenstraße in Zürich. Tunnel 7/2004, p. 6
- [2] Neuer Bahnhof Löwenstraße in Zürich: Rohbau fertig. Tunnel 4/2003, pp. 6-7
- [3] DML Zürich: Weinbergtunnel – Limmatquerung. Tunnel 5/2010, p. 3
- [4] Durchschlag am Weinbergtunnel. Tunnel 2/2011, pp. 5-6
- [5] Weinbergtunnel: Einbau der Bahntechnik. Tunnel 7/2012, p. 4
- [6] Finanzierung der DML Zürich. Tunnel 4/2009, p. 2 und 3/2010, pp. 6-7

## Tunnel liner

MADE OF  
ENVIRONMENTALLY  
FRIENDLY POLYOLEFINES

- high flexibility and elongation at break
- long lifeexpectation
- calendered with a bright signal layer
- project-optimised widths from 2 up to 4 m
- no toxic fumes in case of fire
- simple installation with hot air



 **agru**  
Competence  
in Plastics

AGRU Kunststofftechnik GmbH  
Ing.-Pesendorfer-Straße 31  
4540 Bad Hall, Austria

T. +43 7258 7900  
F. +43 7258 3863  
ads@agru.at

[www.agru.at](http://www.agru.at)

## InnoTrans 2014

## Die Messe nutzen für die Suche nach qualifizierten Fachkräften

Am 23. September startet die InnoTrans in Berlin. Die Messe bietet neben Produktpräsentationen und fachlichen Weiterbildungsangeboten Chancen zur Nachwuchsrekrutierung, die auch die Hersteller von Tunnelbautechnik und Tunnelbauunternehmen nutzen können. Im Wettstreit um qualifizierte Fachkräfte werden Messen als Orte für die Mitarbeiter-suche immer populärer. Die Zahlen einer aktuellen Studie des Ausstellungs- und Messe-Ausschusses der Deutschen Wirtschaft e.V. belegen, dass 29 Prozent der Unternehmen mit einem Jahresumsatz über 50 Millionen Euro die Teilnahme an Messen für Recruiting und Employer-Branding nutzen. Vor vier Jahren waren es gerade mal sieben Prozent.

### InnoTrans bringt die Branche mit dem Nachwuchs ins Gespräch

Die InnoTrans als internationale Leitmesse bietet mit ihrem Career Konzept eine Plattform, um im Wettstreit um die besten Köpfe zu punkten. Ein großes Plus ist dabei, dass die Veranstaltung zahlreiche potentielle Fachkräfte anlockt. Rund 2000 Studenten, unter anderem aus Australien, China, Japan, Korea, Russland und Schweden, besuchten die vergangene Messe. Bei der Kontaktaufnahme mit den Ingenieuren von morgen hilft 2014 der „Career Point“. Das Logo kennzeichnet die Messestände all jener Unternehmen, die gezielt den Nachwuchs über ihre Karriereangebote informieren möch-



Die InnoTrans in Berlin bietet ab dem 23.9. Produktpräsentationen, professionelle Kontakte, Weiterbildung und Chancen zur Nachwuchsrekrutierung

The InnoTrans in Berlin provides the presentation of products, professional contacts, advance training and chances for recruiting up-and-comers from Sept. 23

ten. Erstmals wird es einen Rundgang geben, der die Studenten direkt zu diesen Unternehmen führt. Zudem vereint die Career & Education Hall die Themen Karriere, Ausbildung und Wissenschaft unter einem Dach.

### Weiterbildung im „International Tunnel Forum“

Mit einer internationalen Beteiligung von über 50 Prozent wird auch in diesem Jahr etwa jeder zweite Aussteller der InnoTrans aus dem Ausland anreisen. Neben den Herstellern von Rollmaterial, Bahn- und Tunnelbautechnik sind erneut zahlreiche internationale Verkehrsunternehmen und 27 Industrie- und Fachverbände aus 18 Ländern vor Ort.

Die hochkarätig besetzten Foren und Fachveranstaltungen im Rahmen der InnoTrans Convention bieten viele Möglichkeiten zur Weiterbildung und zum qualifizierten Austausch

## InnoTrans 2014

## Use the Fair to find qualified Personell

career concept affords a platform to attract the best junior employees available. Towards this end, a major advantage is that the event draws numerous potential experts. Around 2000 students including some from Australia, China, Japan, Korea, Russia and Sweden attended the last InnoTrans. In 2014, the „Career Point“ will assist in getting in touch with the engineers of tomorrow. The logo identifies the fair booths of all companies, interested in informing young people about job opportunities. For the first time there is to be a tour, which will ensure that students are directed to these companies. Furthermore the Career & Education Hall combines the topics career, training and science under one roof.

### Advance Training at the International Tunnel Forum

With international participation again exceeding 50 % this year too, every second exhibitor at the InnoTrans will be from abroad. Apart from manufacturers of rolling stock, rail and tunnelling technology once again numerous international transport companies and 27 industrial and trade federations from 18 countries will be present.

The forums and events involving prestigious speakers within the scope of the InnoTrans Convention afford many opportunities for advance training and qualified exchange relating to topics of interest to the industry. Thus for example, the Research Asso-

The InnoTrans starts in Berlin on September 23. Alongside the presentation of products and opportunities for professional advancement, the exhibition provides the chance to recruit new staff, something which manufacturers of tunnelling technology and tunnelling companies can also take advantage of. Fairs are becoming increasingly popular as headhunting venues in the struggle to obtain qualified personnel. The figures provided by a recent study from the AUMA – the Association of the German Trade Fair Industry Inc. indicate that 29 % of companies with a turnover in excess of 50 million Euros exploit participation at fairs for recruiting and employer branding purposes. Four years ago, the figure was only 7 %.

### InnoTrans enables the Industry to communicate with Up-and-Comers

As the leading international fair in its field the InnoTrans with its

über Branchenthemen. So betreut die Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen (STUVA) auch in diesem Jahr inhaltlich das International Tunnel Forum auf der InnoTrans. Am 24.9. von 14 bis 16 Uhr lautet das Thema: „Instandhaltung und Sanierung – Die zukünftigen Aufgaben im Tunnelbau?“ und am 25.9. von 14 bis 16 Uhr: „Sind neue Tunnel noch finanzierbar?“. Das International Tunnel Forum findet in Halle 7.3 im Raum Berlin statt. Für Fachbesucher ist der Eintritt frei.

Weitere Infos unter [www.innotrans.de](http://www.innotrans.de)



Das „Career Point“-Logo kennzeichnet die Stände aller Unternehmen, die auf der InnoTrans gezielt den Nachwuchs über ihre Karriereangebote informieren möchten

The „Career Point“ logo identifies the booths of all those companies, which will be targeting young people and informing them about career opportunities

ciation for Underground Transportation Facilities Inc. (STUVA) is once again responsible for the content at the International Tunnel Forum at the InnoTrans this year. On Sept. 24 from 2 to 4 pm the topic “Maintenance and Refurbishment – What are the future Tasks in Tunnelling?” will be dealt with and on Sept. 25 from 2 to 4 pm the issue will be: “Are new Tunnels still financially viable?”

The International Tunnel Forum will be held in Room Berlin in Hall 7.3. Admission for trade visitors is free. Further information by accessing [www.innotrans.de](http://www.innotrans.de)

Quelle/Credit (2): Messe Berlin

- Felsanker, Reibrohranker, Injektions-Selbstbohranker und Zubehör
- Rohrschirm-Systeme
- Einbaubogen, TH-Profile, Gitterträger, Hinterfüll- und Profilverbundmatten, Liner Plates
- Untertage-Bewetterung, Spiral- und Flachlutten
- Hochleistungs-Dumper
- Lokomotiven, Stollen-Wagen, Personenwagen, Nachmischer
- Stollenbahnmaterial und Zubehör

# belloli

## SICHERN IST UNSER BUSINESS

### Belloli SA

CH-6537 Grono  
(Switzerland)  
Tel. +41 91 820 38 88  
Fax +41 91 820 38 80  
[info@belloli.ch](mailto:info@belloli.ch)  
[www.belloli.ch](http://www.belloli.ch)

### Belloli Italia S.r.l.

Via XXV Aprile 59  
IT-22070 Guanzate  
(Italy)  
Tel. +39 031 9780000  
Fax +39 031 3529089  
[info@belloli-italia.it](mailto:info@belloli-italia.it)  
[www.belloli-italia.it](http://www.belloli-italia.it)



## Argentinien/Chile

## Eisenbahntunnel durch die Anden für größere Transportkapazität

Das Konsortium Bioceánico Aconcagua hat Argentinien und Chile einen Entwurf zum Bau eines rund 52 km langen Eisenbahn-Basistunnels durch die Anden vorgelegt, der durch die direkte Verbindung beider Länder den Bahntransport effizienter gestalten soll. Zum Konsortium gehören die Unternehmen Corporación América (Argentinien), Empresas Navieras S.A. (Chile), Mitsubishi Corporation (Japan), Geodata (Italien) und Contreras Hermanos (Argentinien). Amberg Engineering, Madrid, soll das Infrastrukturprojekt begleiten und die Sicherheits- und Kostenrisiken beurteilen, hinsichtlich der Machbarkeit aus technischer Sicht und der Bewertung entsprechender Kosten ebenso wie hinsichtlich

der Einhaltung internationaler Sicherheitsstandards während der Bauphase und im Baubetrieb.

Der Basistunnel durchquert die Andenkette mit ihren unterschiedlichen geologischen Voraussetzungen. Durch seine Lage auf niedriger Meereshöhe und den elektrischem Bahnbetrieb können klimabedingte Betriebsunterbrechungen vermieden und dadurch die Kosten verringert werden. Die Inbetriebnahme des Tunnels Bioceánico Aconcagua ist im Jahr 2020 geplant bei einem anfänglichen Transportbedarf von jährlich 13 Millionen t und einer Kapazitätsgrenze von 24 Millionen t/a in der ersten Betriebsphase.

G.B.  


## Frankreich

## Tunnelsanierung in Lyon

Der 1800 m lange, vierspürige Straßentunnel de la Croix-Rousse in Lyon zwischen den Ufern der Rhone und der Saône unterquert den Hügelzug Croix-Rousse. Das Alter des Bauwerks aus dem Jahr 1952 führte zu häufigen Sperrungen und schließlich zur Begrenzung des maximalen Fahrzeuggewichts auf 3,5 t. Deshalb beschloss man den Bau einer zweiten Tunnelröhre. Nach dem Rohausbruch wurde der alte Tunnel zunächst für eine umfangreiche Asbestsanierung für ein halbes Jahr gesperrt; weitere neun Monate dauerte die Erneuerung

der Fahrbahn und der Bau von Querschlägen in 150 m Abstand zur anderen Tunnelröhre zum Verbessern der Möglichkeit zur Selbstrettung sowie der Einbau umfangreicher Signal- und Sicherungsanlagen (unter anderem Löschwasserleitungen, Notfallbeleuchtung, Rettungswegkennzeichnung und Videoüberwachung). Nach wie vor wird die Tunnellüftung über fünf offene Abluftkamme sichergestellt. Seit Ende 2013 läuft der Verkehr wieder durch den sanierten Tunnel und die neue Tunnelröhre.

G.B.  


## Argentina/Chile

## Rail Tunnel through the Andes for carrying large Capacities

The Bioceánico Aconcagua Consortium has presented Argentina and Chile with the draft for building a roughly 52 km long rail Base Tunnel through the Andes, devised to make rail transportation between the two countries more efficient thanks to the direct route. The Consortium is made up of the companies Corpación América (Argentina), Empresas Navieras S.A. (Chile), Mitsubishi Corporation (Japan), Geodata (Italy) and Contreras Hermanos (Argentina). Amberg Engineering, Madrid, will accompany the infrastructure project and assess the safety and cost risks with regard to the technical feasibility and the evaluation

of corresponding costs as well as adhering to international safety standards during the construction phase and construction management.

The Base Tunnel is to cross the Andes chain with its varying geological conditions. Thanks to its location at low altitude ASL and operating electric train services, climate-related interruptions to services can be avoided and as a result costs reduced. The Bioceánico Aconcagua Tunnel is scheduled to become operational in 2020 and will initially carry 13 million t of goods with a capacity limit of 24 million t/a during its first operational phase.

G.B.  


## France

## Tunnel Redevelopment in Lyon

The 1800 m long, four-lane road tunnel de la Croix-Rousse in Lyon between the banks of the Rhone and the Saône passes beneath the Croix-Rousse chain of hills. Owing to the age of the structure – it was built back in 1952 – frequent closures became necessary finally leading to the weight of vehicles being restricted to 3.5 t. It was thus decided to build a second tunnel. Following completion of the roughwork, the existing tunnel was closed for six months for extensive asbestos renovation. Renewing the carriageway lasted a

further 9 months, including the construction of cross-passages to the other tunnel bore at 150 m gaps in order to improve facilities for self-evacuation. Furthermore, numerous signal and safety systems (extinguishing water lines, emergency lighting, escapeway markings and video monitoring etc.) were installed. The tunnel ventilation is still provided by five open exhaust stacks. Traffic has been running through the redeveloped tunnel and the new tunnel bore since the end of 2013.

G.B.  






## DYNAMIK AUF GUTEM FUNDAMENT

Der Tunnelbau erfordert besonderes Fachwissen und Können. Die Mitarbeiter der STRABAG AG verfügen über das dazu notwendige Know-how. Unser Leistungsspektrum reicht vom konventionellen Tunnel- und Stollenbau über den mechanischen Vortrieb bis hin zu Schrägschächten. Durch die stetig wachsende Erfahrung trägt STRABAG massgeblich zur Weiterentwicklung und Verbesserung bestehender Verfahren bei. Unseren Kunden können wir so wirtschaftlich und technisch optimierte Lösungen anbieten.

### STRABAG AG

Bifang 4, 6472 Erstfeld

Tel. +41 41 882 11 11

Fax +41 41 882 11 10


tunnelbau-schweiz@strabag.com

**STRABAG**

## Deutschland/China

## Doppelstöckiger Verkehrstunnel soll Jangtsekiang unterqueren

Am 23. April fand in Kunshan (Provinz Jiangsu) im Zuge der China-Reise des Bundesministers für Wirtschaft und Energie, Sigmar Gabriel, ein Vertragsabschluss zur Lieferung von zwei Tunnelbohrmaschinen für einen großen Multifunktions-tunnel in Wuhan statt. Die zentralchinesische Metropole Wuhan mit zehn Millionen Einwohnern ist der wichtigste Transportverkehrs-Knotenpunkt in China. Bis zum Jahr 2017 soll das Untergrundbahn-Netz von drei auf sieben Metro-Linien erweitert werden und damit von derzeit 73 km auf zukünftig 215 km anwachsen.

Die zwei vom deutschen Hersteller Herrenknecht zu liefernden Tunnelbohrmaschinen vom Typ Mixschild mit einem Durchmesser von 15,76 m werden in Wuhan den Fluss Jangtsekiang unterqueren und einen doppelstöckigen Tunnel erstellen. Auf dem oberen Deck wird eine dreispurige Straße verlaufen, darunter die Metrolinie 7. Die 2590 m lange Tunnelkonstruktion für die chinesische Millionenstadt soll bis zu 39,5 m tief durch anspruchsvollen Untergrund verlaufen. Zum einen muss ein hoher Wasserdruck von 5,3 bar bei der Vortriebsplanung berücksichtigt werden, zum anderen wird der zukünftige Verkehrstunnel durch wechselnde geologische Formationen verlaufen, mit teils vollflächigen Abschnitten aus Sand und Ton oder aber aus Tonstein, Trümmergestein und Sand. 



Bis zum Jahr 2017 soll das Untergrundbahn-Netz der chinesischen Metropole Wuhan von drei auf sieben Metro-Linien erweitert werden

By 2017 the metro network of central China's metropolis Wuhan will be extended from three to seven lines



Quelle/credit: Frank Ossenbrink


Vorne, von links: Martin Herrenknecht, Vorstandsvorsitzender der Herrenknecht AG, und Yu Xuanping, General Manager Shanghai Tunnel Engineering. Zugewen bei der Vertragsunterzeichnung waren Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel und Michael Clauss, Deutscher Botschafter in der Volksrepublik China (hinten, von links)

Front, left to right: Martin Herrenknecht, Chairman of the Board of Management Herrenknecht AG, and Yu Xuanping, General Manager of Shanghai Tunnel Engineering have signed the contract for the Wuhan TBMs. In the back, left to right: German Federal Minister for Economic Affairs Sigmar Gabriel, and the German Ambassador to the People's Republic of China, Michael Clauss

## Germany/China

## Double-Decker Tunnel to cross under the Yangtze River

In the course of the visit to China by the German Minister of Economy and Energy, Sigmar Gabriel, a contract was signed on April 23, 2014 in Kunshan (Jiangsu Province) for the delivery of two tunnel boring machines for a large multifunctional tunnel in Wuhan (central China). The 10 million metropolis of Wuhan is the most important transport hub in central China. By 2017 the metro network of three lines will be extended to seven lines, from the current 73 km to 215 km in length.

The two Mixshields with an excavation diameter of 15.76 m to be supplied by Herrenknecht will cross under the Yangtze River in Wuhan and create a twin-bore double-decker tunnel. A three-lane road will run on the upper deck, with metro line 7 below. The 2590 m long tunnel alignment runs up to 39.5 meters below the water surface in complex soil. On the one hand, a high water pressure of 5.3 bar must be dealt with. In addition, the tunnel runs through varying geological formations, partly completely sand and clay, partly a mixed geology with mudstone, conglomerates and sand. 

Quelle/credit: Herrenknecht

## Deutschland

## Anschlag für den Falkenberg Eisenbahntunnel

Der Falkenbergtunnel ist wesentlicher Bestandteil der Ausbaustrecke Hanau-Aschaffenburg-Würzburg und wird südlich der bestehenden Bahnstrecke und des Schwarzkopftunnels gebaut. Der Anschlag für den neuen Tunnel fand am 6. März 2014 statt; er soll ab 2017 den Schwarzkopftunnel ersetzen. Der neue Tunnel hat zwei eingleisige Röhren mit je rund 48 m<sup>2</sup> Querschnitt und bis zu 150 m Überdeckung; die nördliche Tunnelröhre (Würzburg-Aschaffenburg) hat eine Länge von 2623 m, die in Gegenrichtung verlaufende südliche Röhre ist 2619 m lang. Der Tunnel wird

in bergmännischer Bauweise vorangetrieben und voraussichtlich 2016 fertig gestellt. Der neue Streckenabschnitt ist etwa 8 km lang und weicht bis zu 500 m von der vorhandenen Strecke ab; dazu gehören in Richtung Aschaffenburg außer dem Falkenbergtunnel noch die Tunnel Hirschberg (525 m), Metzberg (629 m) und Hain (745 m) in bergmännischer sowie einer in offener Bauweise. Diese Tunnel machen eine flache Trassierung und die Erhöhung der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 70 auf 150 km/h möglich.

G.B.  


## Germany

## Work has started on the Falkenberg Railway Tunnel

The Falkenberg Tunnel represents an essential part of the upgraded Hanau-Aschaffenburg-Würzburg route and is being produced to the south of the existing rail line and the Schwarzkopf Tunnel. Work commenced on the new tunnel on March 6, 2014; it is intended to replace the Schwarzkopf Tunnel as from 2017. The new tunnel possesses two single-track bores each with a roughly 48 m<sup>2</sup> cross-section and up to 150 m overburden. The northbound tunnel bore (Würzburg-Aschaffenburg) is 2623 m long; the southbound tunnel has a length of

2619 m. The tunnel is being driven by trenchless means and is due for completion in 2016. The new route section is some 8 km long and deviates from the existing route by up to 500 m. The Hirschberg (525 m), Metzberg (629 m) and Hain (745 m) tunnels produced by trenchless means as well as by the cut-and-cover method are also on the route running towards Aschaffenburg in addition to the Falkenberg Tunnel. These tunnels facilitate flat route alignment and an increase of the maximum speed from 70 to 150 km/h.

G.B.  




# InnoTrans 2014

23.-26. SEPTEMBER · BERLIN

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik  
Innovative Komponenten · Fahrzeuge · Systeme

[innotrans.de](http://innotrans.de)

THE FUTURE  
OF  
MOBILITY

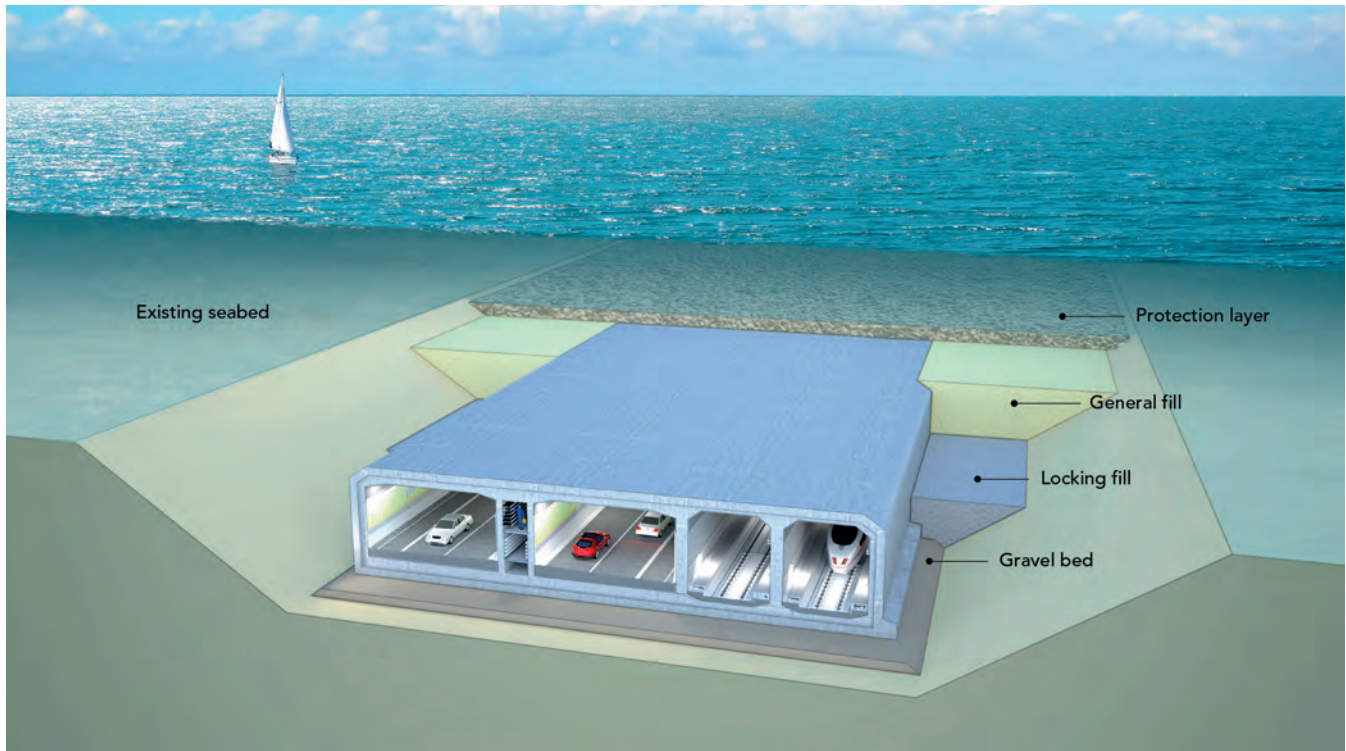


Dänemark/Deutschland

## Internationale Konsortien geben Angebote für Fehmarnbelttunnel ab

Denmark/Germany

## International Consortia apply for Fehmarnbelt Tenders



Quelle/credit: Femern A/S

Schema der Einbettung des Fehmarnbelttunnels in den Ostsee-Meeressboden: Das Tunnелеlement wird nach diesem Plan auf einem Kiesbett in der ausgebaggerten Rinne platziert und ist später von zwei seitlichen Verfüllungen und einer oberen Schutzschicht umgeben

Schematic view of how the immersed Fehmarnbelttunnel can be imbedded in the sea ground

Femern A/S, die Planungsgesellschaft des Fehmarnbelttunnels, hat nach jahrelanger Vorbereitungsphase nun 17 Angebote für die ausgeschriebenen Bauaufträge des geplanten weltweit längsten Absenktunnel erhalten. Die Angebote von neun internationalen Bauunternehmen und Konsortien beschreiben, wie der Tunnel im zuvor von Femern A/S abgesteckten Rahmen verwirklicht werden kann. Dieses unter „Design and Build Verfahren“ bekannte Vorgehen erlaubt den Bauunternehmen einen maximalen Planungsfreiraum und ermöglicht auch technisch innovative Baulösungen. Femern A/S gibt hierbei als Bauherr zunächst vor, was in welcher Qualität gebaut werden soll und wie die Anlagen funktionieren sollen. Die Bauunternehmer wählen hiernach die ihrer Meinung nach besten und effektivsten Methoden für den Bau des Tunnels aus.

### Vier Hauptbauaufträge

Der Fehmarnbelttunnel ist eines der größten Infrastrukturprojekte Europas, und die Bauaufträge werden Tausende von Arbeitsplätzen schaffen. Sie gliedern sich in vier Hauptbauaufträge: Das Ausbaggern der 18 km langen und 12 m tiefen Rinne im Meeresboden, die Anlage der nördlichen und südlichen Tunnelportale sowie die Straßen- und Schienenanbindung auf der

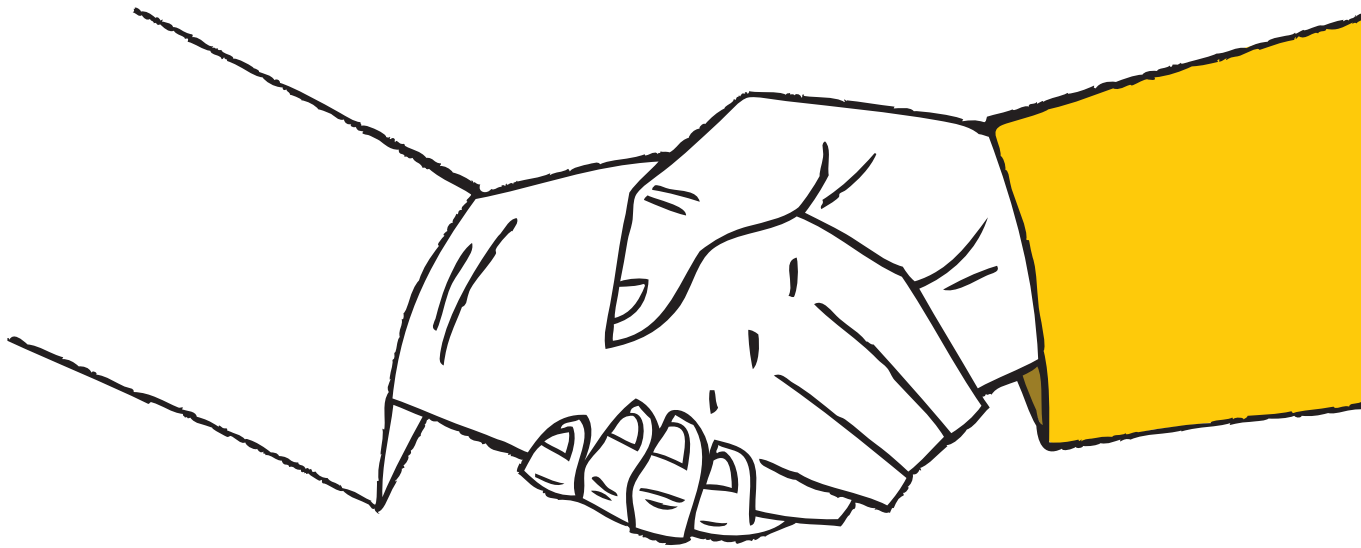
After several years of thorough preparation, Femern A/S has received a total of 17 tenders from nine international contractors or consortia wishing to participate in the construction of the world's longest immersed tunnel. The tenders, which have been submitted by some of the world's leading experts, set out how the project can be accomplished within the framework defined by Femern A/S. As the project involves groundbreaking technology, the contractors have been afforded significant scope for innovative ideas in their tenders.

### Four large Construction Contracts

The future fixed link between Rødby and Puttgarden is one of the largest infrastructure projects in Europe. Due to its size and complexity, the project is divided up into four large construction contracts, each of which will create thousands of jobs.

The four contracts cover the dredging of the 18 km and 12 m deep trench in the seabed, the construction of the northern and southern ends of the tunnel and the establishment of the adjacent facilities on both the German and Danish sides.

Some of the consortia have chosen to tender for the whole project whereas others have decided to focus on certain tasks. Over the coming months, Femern A/S will analyse the tenders with a view to engaging in a subsequent dialogue with the contractors. When



# Sika – Innovative Solutions

The building owner expects timely completion of a project in high quality, also in consideration of local conditions. We provide you with system solutions that meet these demands and ensure you competent service and punctual delivery of high quality products.

You have clear demands regarding economical rock support and durable lining system, the concept of the waterproofing system and of the sustainability of products and solutions used. Sika provides quality products to meet your requirements, including those for unforeseen circumstances.



Sika Services AG | CH-8048 Zurich | Switzerland  
Phone: +41 58 436 40 40 | Fax: +41 58 436 41 50  
[www.sika.com](http://www.sika.com)

Innovation & Consistency | since 1910

deutschen und dänischen Seite. Einige der teilnehmenden Konsortien haben ein Angebot für das Gesamtprojekt abgegeben, während andere sich auf Teil-Aufgaben konzentrieren wollen. In den kommenden Monaten wird Femern A/S die eingegangenen Angebote analysieren und danach einen intensiven Dialog mit den Bauunternehmen führen. Nach Ende der Dialogphase müssen die Unternehmen den Preis für ihr Angebot kalkulieren. Femern A/S erwartet, dass die Preise im Dezember 2014 vorliegen, so dass eine realistische Bausumme in den Entwurf des Baugesetzes aufgenommen werden kann, das das dänische Parlament (Folketinget) Anfang 2015 behandeln wird.

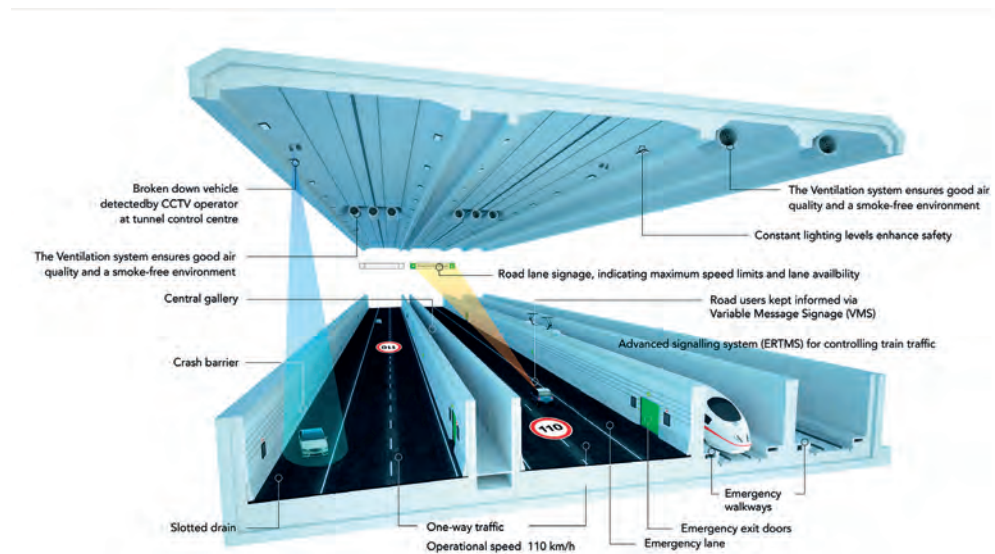
### Ausschreibung für elektrische und mechanische Anlagen

Die Vorbereitungen für den Bau des Absenktunnels ist bereits in die nächste Phase eingetreten, denn auch die Ausschreibung für die elektrischen und mechanischen Anlagen hat bereits begonnen. Zu den Anlagen und Installationen zählen unter anderem die Lüftung des Tunnels und der Portalgebäude, Notausgangstüren, Feuerlösch- und Brandbekämpfungssysteme, Entwässerung, Kabel- und Rohrleitungen, Aufzüge, Transformatoren und Beleuchtung sowie Überwachungs-, Steuer- und Kommunikationssysteme.

Sechs große Unternehmenskonsortien haben sich bereits zur Präqualifizierung für die elektrischen und mechanischen Anlagen im Tunnel bei Femern A/S angemeldet. Sie bestehen aus 17 Unternehmen aus acht Ländern. Bewerbungen kamen nicht nur aus Dänemark und Deutschland, sondern auch aus Großbritannien, Schweden, Spanien, Italien, Frankreich und Österreich.

Bei den elektrischen und mechanischen Anlagen handelt es sich um einen Auftrag mit einem Wert von etwa 500 Millionen Euro, der bedeutende Ressourcen und technisches Know-how erfordert. „Das große Interesse für diesen Auftrag ist sehr erfreulich. Es handelt sich hierbei um einen sehr umfassenden, mehrjährigen Vertrag. Der Eingang einer großen Anzahl von Angeboten trägt dazu bei, dass wir den besten Anbieter zur Bewältigung dieser besonders wichtigen und komplexen Aufgaben finden werden“, so Steen Lykke, Technischer Direktor von Femern A/S.

Die Arbeiten an den elektrischen und mechanischen Anlagen sollen 2016 beginnen, wobei der Auftragnehmer auch die Wartung der Anlagen in den ersten Jahren nach Fertigstellung des Tunnels 2021 übernehmen wird.



Ein Überblick über die elektrischen und mechanischen Anlagen, die im Tunnel zur Sicherheit der Verkehrsteilnehmer beitragen sollen. Eingeplant sind unter anderem Überwachungskameras, Wechselverkehrszeichen, Rettungseinrichtungen, ein leistungsfähiges Lüftungssystem sowie eine Signalgebungsanlage (ERTMS) für den Schienenverkehr

Electrical and mechanical installation will ensure the safety of the travellers in the tunnel

Femern A/S has assessed the technical tenders and the dialogue is completed, the contractors will begin to calculate prices. Femern A/S expects to receive these in December 2014, so that a realistic construction sum for the works can be incorporated into the proposal for the Construction Act, which the Danish parliament, Folketinget, will consider at the beginning of 2015.

### Tendering for the electrical and mechanical installations

The preparation for the construction of the immersed tunnel has already entered its next phase, as the tendering for the electrical and mechanical installations has begun. The equipment and installations include ventilation of the tunnel and buildings, safety doors, fire prevention systems, drainage, electrical wiring and pipes, elevators, transformers, lightning, monitoring and control systems as well as communication systems.

The client, Femern A/S, has already received applications from six major contractor consortia who wish to be prequalified to work on the electrical and mechanical installations in the tunnel. The six consortia comprise 17 companies from eight countries. In addition to Denmark and Germany, applications have been received from the UK, Sweden, Spain, Italy, France and Austria.

The contract, has a value of approximately 500 million Euro and will require large-scale resources and technical expertise. "It is very gratifying that interest in this contract has been so great. This is a very extensive contract of several years duration. With so many bids, we can be sure that we will find the best supplier to take on these very important and complex tasks," says Steen Lykke, Technical Directors at Femern A/S.

Work on the electrical and mechanical installations is expected to begin in 2016, and the contractor will be responsible for the maintenance of the facility in the first years following the completion of the tunnel in 2021.

## Belgien

## Kennedy-Bahntunnel – neue Brandschutzmaßnahmen

Der Kennedy-Bahntunnel unter der Schelde südlich von Antwerpen wurde 1969 für die Verbindung Antwerpen-Gent gebaut. Aufgrund der seitdem erhöhten Sicherheitsbedingungen erhält der Tunnel an der Decke und den Wänden eine feuerfeste Verkleidung als zusätzlichen Schutz im Brandfall; so soll die Tunnelröhre bei einer Temperatur von 1500 °C erst nach zwei Stunden beeinträchtigt werden. Zusätzlich sind weitere Sicherheitsvorkehrungen vorgesehen, wie Löschwasserleitungen, Notfallbeleuchtung, Videoüberwachung, Treppen und ein Rettungsschacht. Das dafür

zuständige belgische Infrastrukturunternehmen Infrabel rechnet mit Gesamtinvestitionen von 30 Millionen Euro. Mit den Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit im Tunnel wurde bereits begonnen. Dazu war der Kennedy-Tunnel im Jahr 2013 für insgesamt 20 Wochenenden gesperrt. In dieser Zeit gab es alternative Bahnverbindungen; auch wurden Ersatzbusse für die Reisenden eingesetzt. Der Güterverkehr wurde über Mechelen und Dendermonde umgeleitet. Das Ende der Modernisierungsarbeiten ist bis 2016 geplant.

G.B.  


## Belgium

## Kennedy Rail Tunnel – new Fire Protection Measures

The Kennedy rail tunnel running beneath the Schelde to the south of Antwerp was built in 1969 for the Antwerp-Gent link. Owing to enhanced safety measures, which have since been introduced, the tunnel walls and ceiling are to be provided with a fireproof coating as additional protection in the case of fire: as a result the tunnel walls will first be affected after two hours at a temperature of 1500 °C. In addition, further safety measures have been foreseen such as extinguishing water lines, emergency lighting, video monitoring, stairways and an evacuation

shaft. The responsible Belgian infrastructure enterprise Infrabel is reckoning with total investments of 30 million Euros. Work has already started on improving safety in the tunnel. Towards this end, the Kennedy Tunnel was closed for a total of 20 weekends in 2013. During this period alternative rail services were provided and replacement bus connections were also made available. Goods traffic was diverted via Mechelen and Dendermonde. The modernization measures are scheduled to be completed by 2016.

G.B.  




- **Backfilling (one or two components)**
- **Pre-excavation grouting**
- **Post/consolidation grouting**



- High-Shear Mixers up to 2500 litres
- Grout pumps up to 200 bar
- Pressure and flow recording systems
- Compact grout plants
- Bentonite modules for microtunnelling
- Fully automated grout plants
- Backfill systems for one or two component grouts

**GROUTING SYSTEMS**

**HÄNY**



## Deutschland

### Geotechnik-Kolloquium 2015 in Darmstadt: Call for Papers

Am 12. März 2015 wird in der Technischen Universität Darmstadt, Deutschland, das 22. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium abgehalten. Die Themenschwerpunkte der Veranstaltung lauten:

- Innerstädtisches Bauen/Infrastruktur
- Internationale Projekte
- Forschung, Entwicklung und Innovationen
- Rechtsfragen und Normung in der Geotechnik

Die Beitragsanmeldungen (maximal eine Seite) mit Beschreibung des Inhalts werden bis zum 10. Oktober 2014 erbeten an:

**Technische Universität Darmstadt**  
**Institut für und Versuchsanstalt für Geotechnik**  
**Franziska-Braun-Straße 7**  
**64287 Darmstadt**

Die Schriftfassungen der Beiträge werden in der Schriftreihe des Institutes und der Versuchsanstalt für Geotechnik der TU Darmstadt publiziert.

Weitere Informationen unter Tel.: +49 6151/16 22 49 oder per E-Mail an [fisher@geotechnik.tu-darmstadt.de](mailto:fisher@geotechnik.tu-darmstadt.de)

## Schweiz

### Galgenbucktunnel im Bau

Mit der Umgestaltung des Anschlusses Schaffhausen Süd der Schweizer Autobahn A4 soll das Straßennetz der Stadt Schaffhausen mit dem Klettgau verbunden und die Gemeinde Neuhausen am Rheinflall vom Durchgangsverkehr mit täglich bis zu 26 000 Fahrzeugen befreit werden. Kernstück dieser Baumaßnahme ist der gut 1,1 km lange Galgenbucktunnel zwischen Engli und Bahntal mit zwei Fahrspuren im Gegenverkehr und 4,5 % Gefälle in Richtung Bahntal.

Die Portale werden im Tagbau erstellt, dazwischen wird der Tunnel 1060 m von Engli fallend bei wechselnden geologischen Verhältnissen (Malmkalk, Karsthohlräume usw.) im Sprengvortrieb ausgebrochen und zweischalig ausgebaut, mit Vollabdichtung zwischen Spritzbetonsicherung und Ortbetoninnenschale. Auf halber Länge unterquert der Galgenbucktunnel die Gemeinde Neuhausen am Rheinflall im Bogen von 500 m Radius bei nur 30 bis 50 m Überdeckung, was beim Sprengvortrieb entsprechende Vorkehrungen erfordert.

Im April 2014 waren etwa 200 m Strecke ausgebrochen. Der Durchschlag wird voraussichtlich 2016 sein, bis 2018 sind die Anschlüsse an den beiden Portalen und die Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen geplant und Ende 2019 dann die Eröffnung. Der Tunnel erhält eine Zwischendecke mit Brandklappen zum Abziehen des Rauchs im Brandfall und drei Notausgänge. Die Gesamtkosten sollen sich auf 197 Millionen Euro belaufen.  
 G.B.

## Germany

### Geotechnical Colloquium 2015 in Darmstadt: Call for Papers

On March 12, 2015, the 22nd Darmstadt Geotechnical Colloquium will take place at the Darmstadt Technical University. Next year's Colloquium will concentrate on the following topics:

- Urban Construction/Infrastructure
- International Projects
- Research, Development and Innovations
- Legal Issues and Standardization in Geotechnics

The summaries for proposed papers (max. 1 page) with a description of the intended contents should be sent by October 10, 2014 to:

**Technische Universität Darmstadt**  
**Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik**  
**Franziska-Braun-Straße 7**  
**64287 Darmstadt**

The written versions of the papers will be published in the TU Institute and Test Centre for Geotechnics' series. For further details call +49 6151/16 22 49 or write an e-mail to [fisher@geotechnik.tu-darmstadt.de](mailto:fisher@geotechnik.tu-darmstadt.de)

## Switzerland

### Galgenbuck Tunnel under Construction

By revamping the Schaffhausen South hub on the Swiss A4 motorway, it is intended to link the city of Schaffhausen's road network with the Klettgau district and relieve Neuhausen at the Rhine Waterfall of through traffic by as much as 26 000 vehicles per day. The roughly 1.1 km long Galgenbuck Tunnel between Engli and Bahntal with bi-directional traffic running in two lanes and a 4.5 % gradient in the direction of Bahntal represents the core of this construction scheme.

The portals are to be produced by cut-and-cover. In between the tunnel is being driven by drill and blast on the dip from Engli given alternating geological conditions (malm lime, karst cavities etc.) and lined with two shells with a complete seal between the shotcrete support and the in situ inner shell. Half the length of the Tunnel passes below Neuhausen at the Rhine Waterfall in an arc with a 500 m radius with overburden of only 30 to 50 m, something calling for corresponding measures in the case of drill and blast.

A roughly 200 m long section had been tackled by April 2014. The breakthrough is anticipated in 2016 and all connections at the two portals and the operating and safety facilities are scheduled for 2018, prior to the tunnel being opened at the end of 2019. The tunnel will be provided with an intermediate ceiling with fire flaps to remove smoke in the event of fire and three emergency exits. Total costs are earmarked at 187 million Euro.  
 G.B.

#### Literatur/References

- [1] Galgenbucktunnel: Umgestaltung A4-Anschluss Schaffhausen Süd. Tunnel 3/2012, pp. 2-4





# WHEN YOU'RE OUT OF YOUR ELEMENT



# WE'RE IN OURS.

At Robbins, we believe the most crucial breakthroughs come before breaking ground. Our dedicated team listens to your concerns, anticipates your project's challenges, and provides you with the information you need so you can spend less time digging out of problems and more time digging tunnels.



## Schweden

## Hallandsås Eisenbahntunnel: Extreme Vortriebs-Bedingungen

An der schwedischen Westküste wird die Eisenbahnlinie Malmö-Göteborg, eine der Lebensadern des Personen- und Güterverkehrs des Landes, zur Hochgeschwindigkeitsstrecke ausgebaut; dadurch verkürzt sich die Fahrzeit zwischen den beiden Orten um zwei Stunden. Da der Hallandsås-Höhenzug südlich von Båstad nur im eingleisigen Betrieb überquert werden konnte, sollte ein zweiröhriger Hallandsås-Tunnel die Kapazität der Eisenbahnlinie deutlich erhöhen. Nachdem ein Versuch gescheitert war, den Tunnel bergmännisch aufzufahren, konnte Ende 2013 dieser anspruchsvolle Tunnelbau im maschinellen Vortrieb abgeschlossen werden.

Auf Grund der Geologie nimmt das Vorhaben eine weltweite Spitzenstellung unter den baugrundbedingt komplexesten Tunnelbauprojekten ein: Die sehr abrasiven Felsformationen (vorwiegend Gneis und Amphibolit) mit hohen Gesteinsfestigkeiten von bis zu 250 MPa sind größtenteils stark zerklüftet; gleichzeitig lasten über weite Strecken extreme Grundwasserdrücke von über 10 bar auf dem Bauwerk. Frühere Tunnelbauversuche scheiterten an dieser Hürde und führten zu strikten Umweltauflagen, die beispielsweise litergenau die Menge des Grundwassers begrenzen, das beim Tunnelbau zwischen Förslöv und Båstad ablaufen darf.

Für den maschinellen Vortrieb der beiden verbleibenden je 5,5 km langen Abschnitte der insgesamt 8,7 km langen Hallandsås-Tunnel entwickelte



Planung und Ausführung des Vortriebs für den Hallandsås-Tunnel (rot markiert) benötigten aufgrund extremer geologischer Bedingungen beinahe acht Jahre

Planning and executing the drive for the Hallandsås Tunnel (marked red) took almost eight years on account of extreme geological conditions

und lieferte die Herrenknecht AG eine speziell angepasste TBM (Multi-Mode-TBM, S-246) mit 10,53 m Durchmesser, die sowohl im geschlossenen Slurry-Modus mit hydraulischer Abraumförderung als auch im offenen Hartgesteins-Modus mit Bandaustrag arbeitet. Fest installierte Bohr- und Injektionswerkzeuge sorgten dafür, dass bei Bedarf der Zufluss von Wasser durch Zementverpressungen kontrolliert werden konnte. Das Dichtungssystem der Maschine wurde für einen Grundwasserdruck von bis zu 13 bar ausgelegt.

Die schwedisch-französische Arbeitsgemeinschaft aus Skanska und Vinci nahm den Vortrieb des ersten, östlichen Tunnels im September 2005 auf. Die besten Ergebnisse wurden im offenen Modus mit Zementinjektionen erzielt, die das Grundwasser zurückhielten. Die streckenweise hohe

## Sweden


## Hallandsås Rail Tunnel Extreme Excavating Conditions


The Malmö-Göteborg rail line, one of the country's arteries for passenger and goods traffic, has been upgraded as a high-speed route, which will reduce travelling time between the two centres by two hours. As the Hallandsås heights could only be crossed with a single-track operation, the two-bore Hallandsås Tunnel is intended to considerably increase the route's capacity. After an attempt to produce a tunnel by mining means failed, a mechanized drive for this sophisticated tunnel was successfully concluded at the end of 2013. On account of the geology the project occupies a leading position worldwide among tunnelling projects involving highly complex ground: the extremely abrasive rock formations (mainly gneiss and amphibolite) with high rock strengths of up to 250 MPa are for the most part highly fissured; at the same time, extreme groundwater pres-

ures in excess of 10 bar posed a burden on the structure over lengthy sections. Earlier attempts at tunnelling had been thwarted by this hurdle and led to strict environmental restrictions, which for example limited the amount of groundwater to the litre, which is permitted to flow between Förslöv and Båstad.

For the mechanized driving of the two remaining sections – each 5.5 km in length – of the 8.7 km long Tunnel, the Herrenknecht AG devised a specially adjusted TBM (Multi-mode TBM, S-246) with 10.53 m diameter, which operates both in closed slurry mode with hydraulic muck removal as well as in open hard rock mode with belt conveyance. Firmly fixed drilling and grouting tools catered for cement grouting to ensure that ingressing water could be controlled. The machine's sealing system was devised for groundwater pressures of up to 13 bar.

Abrasivität und der teilweise blockige Fels verursachten einen extrem hohen Materialverschleiß am Bohrkopf und entsprechend häufige Wartungs- und Werkzeugwechselintervalle. Zeitaufwändige Zementverpressungen und die erforderlichen Serviceintervalle begrenzen die Vortriebsgeschwindigkeit.

Im Frühjahr 2008 fand der Durchbruch in die Kaverne eines konventionell ausgebrochenen Zwischenangriffs statt; bei dieser Gelegenheit wurde der stark in Anspruch genommene Bohrkopf mit größeren Schneidrollen (19 Zoll anstelle 17 Zoll) versehen. Im August 2010 war die erste Röhre (5480 m) ausgebrochen. Für den Vortrieb des zweiten, westlichen Tunnels wurde die TBM von Grund auf saniert und wieder mit einem neuem Bohrkopf versehen; ab Februar 2011 begann der Vortrieb der zweiten Röhre von Förslöv in Richtung Båstad, wo am 4. September 2013 nach 5445 m Vortrieb der Durchbruch stattfand. Nach fast acht Jahren Vortrieb zeigt dieses Ereignis eine hervorragende Pionierleistung im unterirdischen Infrastrukturbau. G.B. 

The Swedish-French JV consisting of Skanska and Vinci began driving the first, eastern tunnel in September 2005. The best results were attained in open mode with cement injections, which held back the groundwater. The partial high abrasiveness and the in some cases blocky rock caused extremely high material wear at the cutterhead and correspondingly frequent servicing and tool replacing intervals. Time-consuming cement grouting and the necessary service intervals restricted the rate of advance. The breakthrough into the cavern of a conventionally excavated intermediate point of attack took place in spring 2008. At this point, the severely worn cutterhead was fitted with larger cutters (19" instead of 17"). In August 2010, the first bore (5480 m) was excavated. The TBM was thoroughly redeveloped for driving the second, western tunnel. The excavation of the second bore commenced from Förslöv in the direction of Båstad in February 2011, where the breakthrough took place on September 4, 2013 after driving 5445 m. After almost eight years of excavation the event represented an outstanding pioneering achievement in building underground infrastructures. G.B. 



Quelle/credit: Herrenknecht

Der finale Durchschlag der TBM in Hallandsås-Tunnel

The final TBM breakthrough in the Hallandsås Tunnel

#### Literatur/References

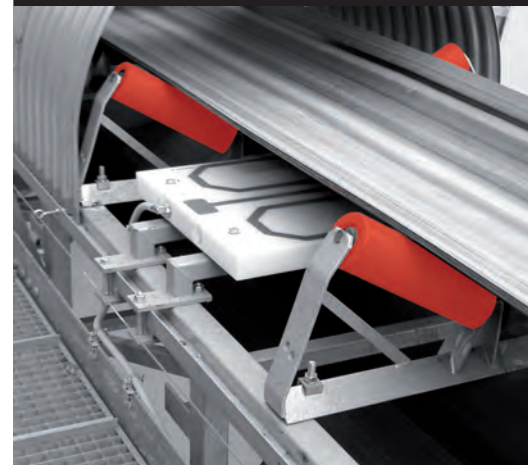
- [1] Borca, T.: Hallandsås: Sweden's most environmentally controlled Construction Project. Tunnel 3/2007, pp 40-45
- [2] Herrenknecht, M.; Bäßler, K.; Burger, K.: Maschinentechnische Neuerungen bei Mixschild- und EPB-Technik für zwei Großprojekte in Skandinavien. Tunnel 8/2009, pp 30-38
- [3] Hallandsås Eisenbahntunnel: Erfolgreicher Durchschlag der 1. Röhre. Tunnel 1/2011, p 10

# EAB

## A broken crusher is not only a flaw



## Our Metal Detectors save expensive repairs



## No Detection of iron oxides

# EAB

**ELEKTROANLAGENBAU  
REINHAUSEN GMBH  
KETZHAGEN 8  
37130 KLEIN LENGDEN  
TEL. +49 (0)55 08 / 86 66  
FAX +49 (0)55 08 / 15 70  
www.eabreinhausen.de  
sales@eabreinhausen.de**

## Deutschland

## Albaufstieg: 5 km Tunnelstrecke sind bereits aufgefahen

## Germany

## Albaufstieg: 5 km of Tunnel already driven



Quelle/credit (2): Bahnprojekt Stuttgart-Ulm/Arnim Kilgus

Der Zwischenangriff Umpfental bei Gruibingen ermöglicht den Vortrieb des Boßlertunnels von der Mitte des Tunnels aus  
The Umpfental intermediate point of attack near Gruibingen enables the Boßler Tunnel to be driven from the centre of the tunnel

Das Projekt Stuttgart 21 sieht zwei zusätzliche Gleise auf der Strecke Stuttgart-Ulm-Augsburg für eine Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h vor. Die insgesamt 60 km lange Neubaustrecke Wendlingen-Ulm durchfährt die Schwäbische Alb und besteht zur Hälfte aus Tunneln. Der 14,5 km lange Planungsabschnitt 2.2., Albaufstieg, beinhaltet den 8806 m langen Boßlertunnel und den 4487 m langen Steinbühlentunnel, beide mit zwei eingleisigen Röhren mit 60 m<sup>2</sup> lichtem Querschnitt, 40 beziehungsweise 30 m gegenseitigem Abstand, Querschlägen alle 500 m sowie Fester Fahrbahn als Oberbau zum Befahren von Rettungsfahrzeugen

The Stuttgart 21 project plans the creation of two additional tracks on the Stuttgart-Ulm-Augsburg route for a top speed of 250 km/h. The altogether 60 km long new route between Wendlingen and Ulm passes through the Swabian Alb and 50 % of it will consist of tunnels. The 14.5 km long planning section 2.2 contains the 8806 m long Boßler Tunnel and the 4487 m long Steinbühl Tunnel. Both possess two single-track bores with a 60 m<sup>2</sup> clear cross-section, with a respective centre distance of 40 and 30 m, cross-passages every 500 m as well as a solid slab track capable of being used by emergency vehicles if need be. In order to reduce the sonic boom




Steinbühlentunnel: Portal Hohenstadt  
Steinbühl Tunnel, Hohenstadt portal




Quelle/credit: Bahnprojekt Stuttgart-Ulm

Zweiter Tunneldurchschlag auf der Schwäbischen Alb  
The second tunnel breakthrough on the Swabian Alb

im Ereignisfall. Zum Verringern der Mikrowellenabstrahlung (Sonic-Boom) bei den Zugausfahrten aus den Tunneln werden die Tunnelportale mit Haubenbauwerken mit vergrößertem Lichtraumquerschnitt und seitlichen Öffnungen zum Druckausgleich versehen.

Die beiden eingleisigen Tunnelröhren des Boßlertunnels werden vom Portal Aichelberg steigend mit einer TVM und vom Zwischenangriff Umpfental steigend und fallend in Spritzbetonbauweise aufgeföhren. Die Röhren des Steinbühl tunnels werden vom Portalbereich Hohenstadt aus einer Zwischenbaugrube (Pfaffenäcker) in Spritzbetonbauweise erstellt. Im Oktober 2012 wurden die Bauarbeiten für 635 Millionen Euro an eine Arbeitsgemeinschaft unter Leitung der Porr-Gruppe vergeben. Ende Oktober 2013 fand der erste und ab Mitte Dezember 2013 der zweite Tunneldurchschlag statt. Seit dem Tunnelanschlag im Sommer 2013 konnten am Zwischenangriff Umpfental des Boßlertunnels bei Gruibingen und am Steinbühl tunnel bei Hohenstadt bis Mitte Mai 2014 mehr als 4,7 km bergmännische Tunnel bei täglich bis zu 8 m Vortriebsleistung aufgeföhren werden. Die beiden Tunnelröhren des Boßlertunnels werden vom Portal Aichelberg gemäß Sondervorschlag auf 2800 m mit einer TVM aufgeföhren. G.B. 

when trains are exiting the tunnels their portals are provided with domed structures with an enlarged clearance section and lateral openings to even out the pressure. The Boßler Tunnel's two single-track bores are driven from the Aichelberg Portal with a TBM on the rise and from the Umpfental intermediate point of attack on the rise and dip with the shotcrete method. Likewise the Steinbühl Tunnel bores are produced from the Hohenstadt portal zone from an intermediate construction pit (Pfaffenäcker) by shotcreting. In October 2012, a joint venture headed by the Porr Group was commissioned to tackle the construction work for 635 million Euro. The first tunnel breakthrough was achieved in October 2013 and the second as from mid-December 2013. Since tunnelling commenced in summer 2013 more than 4.7 km have been driven collectively by mining means at the Umpfental intermediate point of attack for the Boßler Tunnel near Gruibingen and for the Steinbühl Tunnel near Hohenstadt up to mid-May 2014, given daily rates of advance of up to 8 m. The two tunnel bores of the Boßler Tunnel are being driven from the Aichelberg portal over 2800 m by a TBM in keeping with a special proposal. G.B. 

#### Literatur/References

- [1] Azer, H.; Emgel, B.: Stuttgart 21 und NBS Wendlingen-Ulm. Tunnel 7/2009, pp. 12-24
- [2] Stuttgart 21 und NBS Wendlingen-Ulm. Tunnel 8/20112, p. 9
- [3] Alpbastiegtunnel: Baubeginn 2014. Tunnel 1/2014, pp. 5-6



ATA  
ARGE Tunnel Alaufstieg



LMB-System

Bahnprojekt Stuttgart-Ulm Alaufstiegstunnel



Partner - Lean Management im Bauwesen



## Gotthard-Basistunnel: Vortriebsvermessung, Laserscanning und Kontrolle der Gleislage

Dieser Beitrag befasst sich mit den Vermessungsarbeiten beim Bau des mit 57 km längsten Eisenbahntunnels der Welt, welcher Teil des Güterverkehrskorridors von Rotterdam nach Genua ist. Der Gotthard-Basistunnel führt vom Nordportal in Erstfeld durch die Schweizer Alpen zum Südportal in Bodio. Mit einer Felsüberlagerung von bis zu 2300 m ist der Gotthard-Basistunnel auch der tiefste bisher gebaute Eisenbahntunnel der Welt.

## Gotthard Base Tunnel: Surveying the Drive, Laser Scanning and Track Position Control

This report deals with the surveying activities carried out for building the world's longest rail tunnel (57 km), which constitutes part of the goods transport corridor from Rotterdam to Genoa. The Gotthard Base Tunnel runs from its north portal at Erstfeld through the Swiss Alps to the south portal at Bodio. With rock overburden of up to 2300 m the Gotthard Base Tunnel is also the deepest lying rail tunnel ever built.

Dr. sc. Dipl. Ing. ETH Dante Salvini, BSF Swissphoto, Regensdorf-Watt, Schweiz  
Dipl. Ing. ETH Ivo Schätti, Studio Meier, Minusio, Schweiz

Seit dem offiziellen Baubeginn im Jahr 1993, mit dem ersten Erkundungsstollen in die geologisch heikle Piorazone, wurden insgesamt 152 km Tunnel, Schächte und Stollen ausgebrochen. Der Tunnelvortrieb erfolgte parallel in den fünf Abschnitten Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faido und Bodio. Mit dem Hauptdurchschlag am 15. Oktober 2010 zwischen den Abschnitten Sedrun und Faido wurde der Ausbruch abgeschlossen. Zurzeit ist der Innenausbau fertiggestellt sowie der Einbau der Bahntechnik weit fortgeschritten. Die Inbetriebnahme des Tunnelbauwerks ist für das Jahr 2016 geplant.

### Vermessungsaufgaben im Überblick

Der Bau des Gotthard-Basistunnels stellt die Beteiligten aus allen Fachbereichen vor einzigartigen Herausforderun-



Die Linienführung des Gotthard-Basistunnels  
The Gotthard Base Tunnel's route alignment

Since building officially began in 1993 with the first exploratory tunnel in the geologically tricky Piora Zone, altogether 152 km of tunnels, shafts and headings have been excavated. Tunnel driving took place parallel in the five sections Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faido and Bodio. Excavating was completed on October 15, 2010 with the main breakthrough between Sedrun and Faido. Currently the inner lining is being finished off along with the installation of the rail technology. The tunnel is due to be opened in 2016.

### An Overview of Surveying Tasks

The construction of the Gotthard Base Tunnel presents all those involved from the various fields of expertise with unique challenges. This also applies to surveying, particularly to the V-GBT Consortium (Grünenfelder

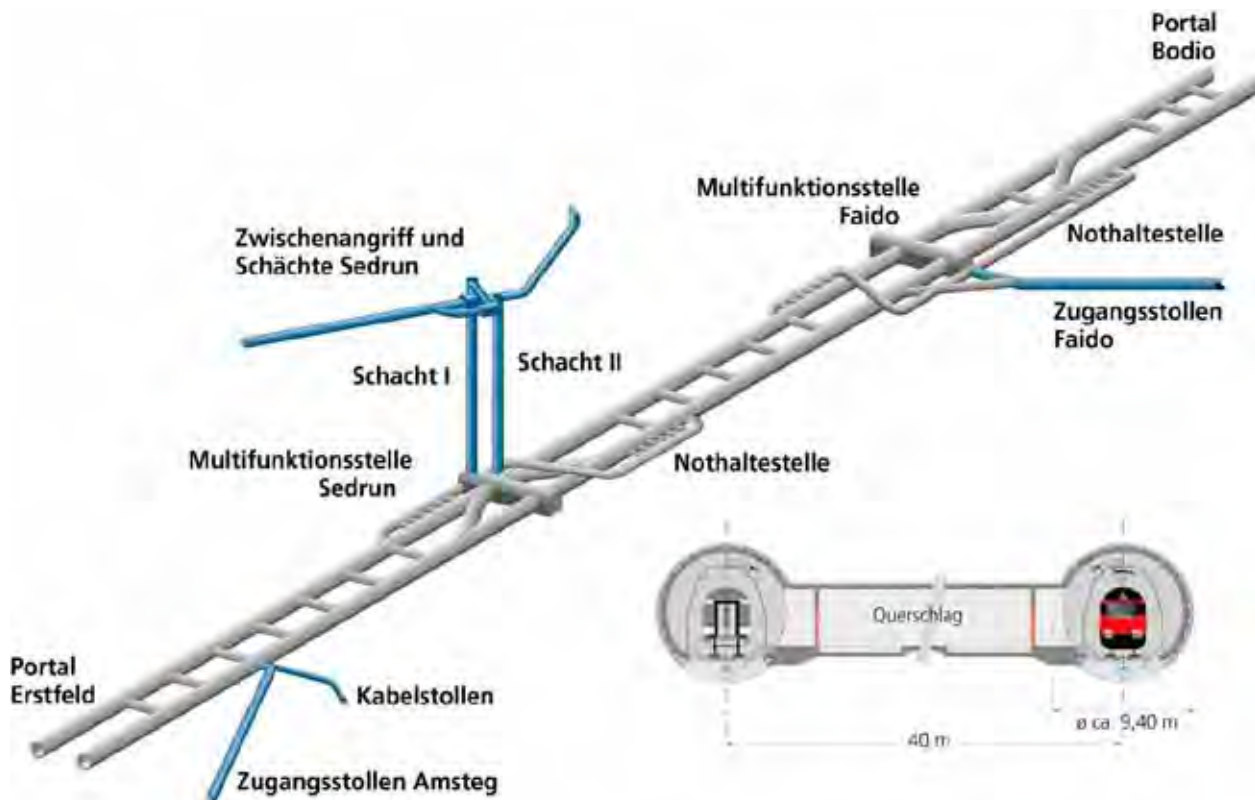
gen. Dies trifft auch auf die Vermessung zu, insbesondere auf das mit der Bauherrenvermessung beauftragte Konsortium VI-GBT (Grünenfelder und Partner AG, BSF Swissphoto AG, Gisi e Bernasconi SA, Studio Meier SA). Parallel zum Baufortschritt änderten sich die Aufgaben, Zielsetzungen und Schwerpunkte der Vermessung im Projekt: In der ersten Dekade standen die Grundlagenvermessung, die Vertikallotung im 800-Meter-Schacht Sedrun und die dreidimensionale Vortriebsvermessung im Vordergrund. In der zweiten Dekade nahm die Bedeutung der präzisen Steuerung der Tunnelbohrmaschinen, der vermessungstechnischen Optimierung der Durchschläge und der Überwachungsaufgaben untertage und an der Geländeoberfläche über der Tunnelachse zu. Seit Beginn des Innenausbaus im Jahr 2007 traten vermessungstechnische Aufgaben in den Vordergrund, die einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung des Bauherrn leisten: flächendeckende, hochauflösende Laserscanning-Aufnahmen des bestehenden Bauwerks sowie Präzisionsabsteckung und -kontrolle der festen Fahrbahn und der Bahntechnikanlagen mit kinematischen Multi-Sensorsystemen.

Bei einem Projekt mit einem Zeit- und Realisierungshorizont von 20 Jahren ändern sich zwangsläufig Konzepte und Technologien zur Bewältigung der anstehenden Vermessungsaufgaben. Dies setzt entsprechend hohe Maßstäbe an das Projekt- und Qualitätsmanagement mit primären Aufgaben wie Innovation, Qualitätssicherung, Prozessorientierung, Vertragsmanagement und Know-how-Dokumentation.

und Partner AG, BSF Swissphoto AG, Gisi e Bernasconi SA, Studio Meier SA) charged with surveying on behalf of the client. As construction progressed, the tasks, objectives and main aspects of surveying changed within the project: during the first decade, the focus centered on basic surveying, vertical sounding in the 800 m Sedrun shaft and 3-dimensional surveying of the drive. During the second decade, the significance of precisely controlling the tunnel boring machines, the technical optimization of the breakthroughs in terms of surveying and monitoring tasks underground and on the surface above the tunnel axis grew in significance. Since work started on the inner lining in 2007, surveying technical duties have been at the centre of attention, which contribute a considerable amount to the client's quality assurance: comprehensive, high-resolution laser scanning images of the existing structure as well as precise staking out and control of the solid track and the rail technical installations with kinematic multi-sensor systems. Inevitably concepts and technologies for overcoming the surveying tasks require a solution change during a project, which takes some 20 years to accomplish. This places high demands on the project and quality management involving primary tasks such as innovation, quality assurance, process orientation, contract management and know-how documentation.

### Surveying the Drive 1997 to 2010

The client's demands on surveying are extremely high in conjunction with the building of the Gotthard Base Tunnel. Admittedly deviations of 25 cm laterally and 12.5 cm in height were permissible for



Schema des Tunnelsystems

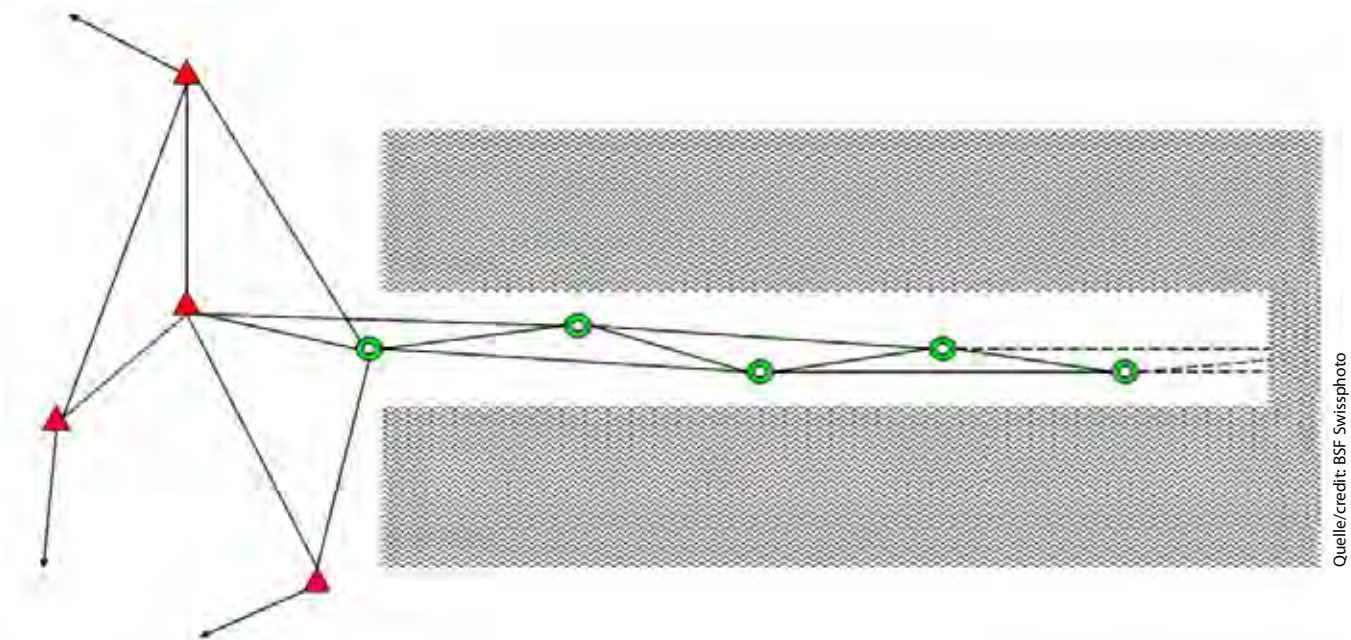
Schematic view of the tunnel system

Datum/Date	Vortriebe und Längen/Drives and Lengths				Abweichung im Durchschlag Breakthrough deviations		
		[km]		[km]	Gesamtlänge Total length [km]	quer/transverse [cm]	hoch/perpendicular [cm]
22.08.2006	Bodio	15.7	Faido	4.1	19.8	9.2	1.7
14.10.2007	Amsteg	13.3	Sedrun	4.0	17.3	13.7	0.3
16.06.2009	Erstfel	7.8	Amsteg	2.3	10.1	1.4	0.5
15.10.2010	Sedrun	8.3	Faido	15.0	23.3	8.1	1.1

Datum/Date	Tunnel und Längen/Tunnels and Lengths		Abweichung im Durchschlag Breakthrough deviations		
		Gesamtlänge Total length [km]	quer/transverse [cm]	hoch/perpendicular [cm]	
28.02.1880	Gotthard-Bahntunnel	15.0	33	7	
24.05.1905	Simplontunnel	19.8	20	9	
31.03.1911	Lötschbergtunnel	14.6	26	10	
01.12.1990	Eurotunnel	37.9	36	6	
28.04.2005	Lötschberg-Basistunnel Mitholz-Ferden	34.6 20.9	13	0	

Die im Gotthard-Basistunnel realisierten Durchschlagsergebnisse können im historischen Kontext bewertet werden

The Breakthrough results of the Gotthard Base Tunnel can be evaluated within a historical context



Position und Richtungsübertragung vom Portal (Portalpunkte rot markiert) in den Tunnel (Vermessungshauptpunkte in grün) mit Polygonzug

Position and directional transmission from the portal (portal points marked red) in the tunnel (surveying points in green) with traverse

### Vortriebsvermessung 1997 bis 2010

Beim Bau des Gotthard-Basistunnels sind die Anforderungen des Bauherrn an die Vermessung extrem hoch. Zwar wären bei jedem Durchschlag Abweichungen von 25 cm quer und 12,5 cm in der Höhe vertragsrechtlich toleriert worden, aber die Erwartungshaltung an die Vermessungsingenieure lag deutlich höher. Weil im modernen Tunnelbau der Innenausbau meist unmittelbar nach dem Vortrieb folgt, bleibt für vermessungsbedingte Korrekturen wenig Spielraum. Daher gilt: je kleiner die Durchschlagsabweichung in Lage und Höhe ausfällt, umso geringer ist der planerische und bautechnische Aufwand nach erfolgreichem Durchschlag um diese zu bereinigen.

each breakthrough according to the contract but the degree of expectation on the surveying engineers lay substantially higher. As the inner lining is usually executed immediately after the drive in modern tunnelling, there is little room for manoeuvre for corrections resulting from surveying. Thus the following applies: the smaller the cross-passage deviation is in terms of position and height the less the planning and engineering outlay is in order to rectify this after the breakthrough has been achieved. The concept for underground surveying of the drive in the Gotthard Base Tunnel was established prior to the beginning of the main drives in 1997. It depends on the existence of a basic network. This network comprises a number of fixed points, which are mostly distributed around the portals and the



Das Konzept der untertägigen Vortriebsvermessung im Gott-hard-Basistunnel wurde vor Beginn der Hauptvortriebe im Jahr 1997 festgelegt. Es geht vom Bestehen eines Grundlagentznetzes aus. Dieses Netz umfasst mehrere Fixpunkte, welche, meist als Betonpfeiler, um die Portale und Zwischenangriffe verteilt sind (sogenannte Portalpunkte) und deren 3D-Koordinaten mittels Satellitenpositionierung mit Subzentimeter-Genauigkeit bestimmt wurden.

#### Polygonzug und Nivellement

Das Grundprinzip beruht auf Winkel- und Distanzmessungen in Form eines Polygonzuges, mit dem die Lage der Vermessungshauptpunkte im Tunnel ab den Portalpunkten bestimmt wird. Das Messgerät – früher Theodolit, heute Totalstation – wird dabei über dem Messpunkt aufgestellt und die Zielungen auf die Nachbarpunkte ausgeführt. Moderne Totalstationen sind in der Lage die Distanz- und Winkelmessung automatisch auszulösen und die Resultate auf dem Datenspeicher zu registrieren. Für die präzise Bestimmung der Höhe wird neben dem Polygonzug ein Nivellement gemessen. Basierend auf den Koordinaten der Hauptpunkte wird der Vortrieb entlang der geplanten Tunnelachse gesteuert und der Innenausbau erstellt.

intermediate points of attack (so-called portal points) in the form of concrete pillars and whose 3D coordinates were determined with sub-centimeter accuracy by means of satellite positioning.

#### Traverses and Levelling

The basic principle depends on angular and distance measurements in the form of a traverse, by means of which the position of the main points of surveying in the tunnel are established as from the portal points. The measuring unit – formerly a theodolite now a total station – is accordingly placed above the measuring point to target the neighbouring points. Modern total stations are capable of initiating distance and angular measurements automatically and registering the results on the data memory. In addition to the traverse, levelling is also undertaken in order to precisely determine the height. Based on the main point coordinates the drive is controlled along the planned tunnel axis and the inner lining produced.

The chosen concept was verified in advance with simulation calculations. All planned measurements were simulated stochastically with an "a priori" calculation and the theoretical anticipated breakthrough results were determined. Thanks to the positive simulation results the client and contractor were able to assume that the tolerances could theoretically be adhered to by the selected method. The difficulty



A9 Umfahrung Visp, Tunnel Eyholz

## Ingenieurskunst – unsere Leidenschaft

Gesamtlösungen für Energie, Infrastruktur und Umwelt.

Wir sind Spezialisten in den Bereichen Kraftwerk-, Untertag-, Verkehrswegebau, Tief- und Hochbau sowie bei Ausrüstungen von Infrastrukturbauten.

Beratung, Studien, Projektierung, Bau- und Montageleitung, Expertisen und Projektmanagement.

**IM** Engineering | **IUB** Engineering

IM Maggia Engineering AG · via Stefano Franscini 5 · CH-6600 Locarno  
Tel. +41 91 756 68 11 · info@im-maggia.ch · www.im-maggia.ch

IUB Engineering AG · Belpstrasse 48 · CH-3007 Bern  
Tel. +41 31 357 11 11 · info@iub-ag.ch · www.iub-ag.ch



Quelle/credit: BSF Swissphoto

Vermessungsarbeiten: Vermesser beim Polygonzugmessen mit Totalstation und Messtruppe beim Nivellement

Surveying activities: surveyor measuring the traverse with total station and measuring crew during levelling

Das gewählte Konzept wurde im Voraus mit Simulationsrechnungen verifiziert. Sämtliche geplanten Messungen wurden mit einer „a priori“ Berechnung stochastisch simuliert und die theoretisch zu erwartenden Durchschlagsergebnisse bestimmt. Aufgrund der positiven Ergebnisse der Simulation durften Bauherr und Auftragnehmer davon ausgehen, dass mit dem gewählten Vorgehen die Toleranzen theoretisch eingehalten werden konnten. Die Schwierigkeit lag nun darin, das Konzept im Tunnel entsprechend um- und durchzusetzen. Insbesondere mussten bei jedem Einsatz die hohen Anforderungen an die Messbedingungen (Einstellen der Vortriebsarbeiten, klare Sichtverhältnisse, keine Erschütterungen usw.) im Tunnel erfüllt sein. Dies stand meistens in Konflikt mit anderen Arbeiten auf der Baustelle.

Bei einem solchen Messeinsatz wird das untertägige Netz abhängig von der Vortriebsleistung jeweils um 2-3 neue Hauptpunkte erweitert. Der Regelabstand von Hauptpunkt zu Hauptpunkt beträgt dabei 420 m. Die Hauptpunkte werden in der Tunnelsohle nahe der Achse mit einem Messingbolzen markiert.

#### Kreiseltheodolitmessungen

Ab einer Vortriebslänge von über 3 km besteht die Gefahr, dass der Polygonzug infolge limitierter Genauigkeit der Präzisionsinstrumente und systematischer physikalischer Effekte einer Drift unterliegt und unerkannte Abweichungen in der Größenordnung von mehreren Zentimetern erfährt. Bei sehr langen Tunneln (>10 km) können diese Abweichungen 2-3 Dezimeter und mehr ausmachen.

In diesem Fall ist eine Stützung des Polygonzuges durch Kreiseltheodolitmessungen notwendig. Der Kreiseltheodolit ist in der Lage, unabhängig von Anschlusspunkten die geografische Nordrichtung zu bestimmen. Dies gelingt mittels eines freischwingenden Kreisels im Inneren des Instrumentes, dessen Rotationsachse sich auf Grund der Trägheitsgesetze parallel zur Erdachse richtet.

was now to apply and sustain the concept in the tunnel. In particular with each application, the high demands placed on the measuring conditions (setting up the driving operations, clear visual conditions, no vibrations etc.) in the tunnel had to be fulfilled. These more often than not clashed with other activities on site. In the case of such a measurement assignment the underground network is extended by 2-3 new main points depending on the rate of advance. In this connection, the standard distance between main points amounts to 420 m. The main points are marked using a brass stud in the tunnel floor close to the axis.

#### Gyro-Theodolite Measurements

As from a driving section in excess of 3 km, there is the risk that the traverse is subject to drift owing to limited accuracy of the precision instruments and systematic physical effects thus experiencing unidentified deviations amounting to several centimetres. In the case of very long tunnels (>10 km) these deviations can amount to 2-3 decimetres and more.

In such a case, it is essential to support the traverse by gyro-theodolite measurements. The gyro-theodolite is capable of establishing the geographical north regardless of connecting points. This is accomplished by a freely suspended gyro in the interior of the instrument, whose axis of rotation is directed to the earth's axis on account of the law of inertia.

Apart from increasing accuracy as from a driven length of roughly 3 km, the gyro measurements contribute enormously to enhancing the reliability of the results, as the gyro measurement represents a completely independent method of directional transmission in the tunnel alongside traverse measurements. This independent measuring methodology must generally be accorded special significance in tunnel surveying so that possible physical systematic error influences can be discovered and eliminated. The measurements undertaken in the field are subject to all kinds of physical influences (temperature, moisture, gravity) which have to be taken into consideration with

Neben der Genauigkeitssteigerung ab etwa 3 km Vortriebslänge tragen die Kreismessungen wesentlich zur Steigerung der Zuverlässigkeit der Resultate bei. Denn bei der Kreismessung handelt es sich neben der Polygonzugmessung um eine komplett unabhängige Methode der Richtungsübertragung in den Tunnel. Der unabhängigen Messmethodik muss in der Tunnelvermessung generell eine spezielle Bedeutung beigemessen werden, um mögliche physikalische systematische Fehlereinflüsse entdecken und eliminieren zu können. Die im Feld erhobenen Messungen unterliegen verschiedensten physikalischen Einflüssen (Temperatur, Feuchtigkeit, Erdanziehung) welche mit entsprechenden Modellen berücksichtigt werden. Unabhängige Messungen helfen dabei, Unzulänglichkeiten von eben diesen Modellen zu entdecken.

Die konsequente und oft auch kompromisslose Durchsetzung des Messkonzeptes machte sich beim Gotthard-Basistunnel letztendlich bezahlt. Sämtliche Durchschlagsergebnisse liegen deutlich innerhalb der vertraglich zulässigen Toleranzen (**Tab. 1**). Besonders interessant ist die Tatsache, dass die effektiv realisierten Durchschlagsergebnisse sehr gut mit den Durchschlagprognosen a priori für die Eintrittswahrscheinlichkeit 68% ( $1\sigma$ ) übereinstimmen. Dies belegt, dass nicht nur die Gesamtheit der

corresponding models. Independent measurements thus help to uncover the inadequacies of such models.

The consistent and often frequently uncompromising application of the measuring concept ultimately paid off in the case of the Gotthard Base Tunnel. All breakthrough results are located well inside the contractually permissible tolerances (**Tab. 1**).

It is of particular interest that the effectively accomplished breakthrough results corresponded extremely well with the breakthrough prognoses a priori for the occurrence probability 68% ( $1\sigma$ ). This indicates that generally the observations and measurements are qualitatively high and that the stochastic and functional modelling also attained an extremely high level.

### Documenting Roughwork by Laser Scanning 2008 to 2013

The conclusion of the roughwork was documented with a comprehensive registering of the actual state and then the dimensional accuracy and quality of the structure established prior to it being handed over for the rail technology. Modern laser scanners were used to determine the geometry.

Today surveying work cannot be undertaken without the assistance of laser scanning, which has thus established itself. However,



## STATIONÄRE BACKENBRECHANLAGE GIPOSTATION B 1385



### GIPO AG

Industriegebiet See, Zone C, Kohlplatzstrasse 15, CH-6462 Seedorf

T +41 41 874 81 10, F +41 41 874 81 01

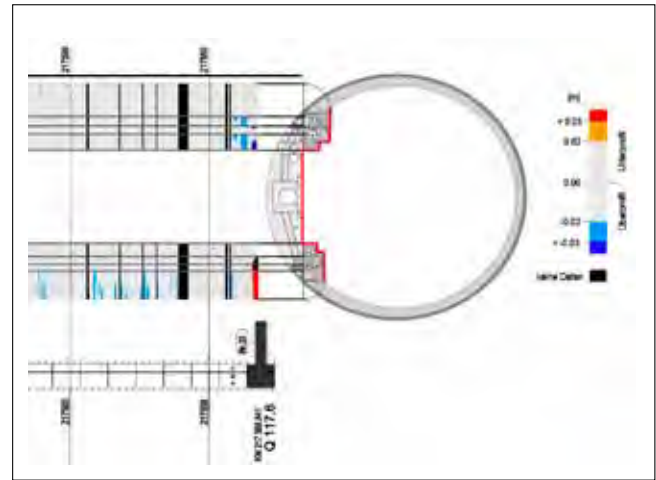
info@gipo.ch, www.gipo.ch





Quelle/credit: BSF Swissphoto

Mobiles terrestrisches Laserscanning-System  
Mobile terrestrial laser scanning system



Quelle/credit: BSF Swissphoto

Farbcodierte Soll-Ist-Differenzbilder zur Baugenauigkeitskontrolle der Bankette

Colour-coded variance difference images to check the shoulder's construction accuracy

Beobachtungen und Messungen qualitativ hochwertig ist, sondern auch die stochastische und funktionale Modellierung ein äußerst hohes Niveau erreicht hat.

### Dokumentation des Rohbaus durch Laserscanning 2008 bis 2013

Der Abschluss des Rohbaus wurde mit einer flächendeckenden Aufnahme des Ist-Zustandes dokumentiert, um schließlich die Maßhaltigkeit und Qualität des Bauwerks für die Übergabe an die Bahntechnik festzuhalten. Für die geometrische Erfassung wurden dazu moderne Laserscanner eingesetzt.

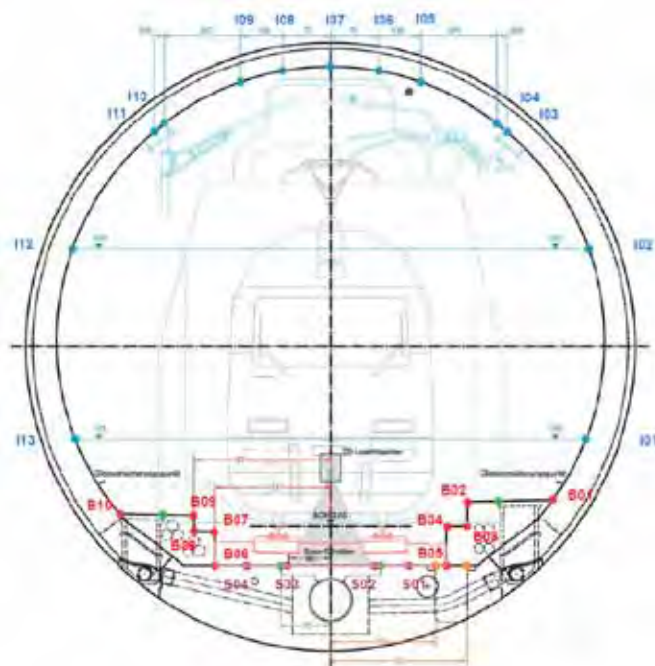
Heute ist das Laserscanning aus der Vermessungsarbeit nicht mehr wegzudenken und hat sich etabliert. Es benötigt weitere Anstrengungen, um das gesamte Potential dieser Technologie für die Baubranche zu erschließen. Das Sensorangebot ist vielfältig, aber nur wenige Geräte beziehungsweise Gerätekombinationen sowie Auswerte- und Dokumentationsmethoden erfüllen die speziellen Anforderungen im Tunnelbau. Im Gotthard-Basistunnel bestand die Forderung, alle sich bietenden Synergien konsequent zu nutzen, um möglichst viele Bedürfnisse mit einem einzigen Scan abzudecken.

Die Bedürfnisse reichten von

further efforts are required to fully exploit this technology for the construction industry. The range of sensors is immense but only a few appliances or rather combinations of appliances as well as evaluation and documentation methods fulfil the special requirements to be found in tunnelling. The demand to exploit all existing synergies consistently was set in the Gotthard Base Tunnel so that as many needs as possible could be covered by a single scan. These needs ranged from assessing and documenting cracks in concrete (as from a width of 0.3 mm) by way of checking the accuracy of the shoulder down to a few fractions of a centimetre right up to the

geometrical documentation of the tunnel for rail engineering purposes. The latter for example, requires precise details of the amount of concrete required at each point for the track bearing slab as well as the exact extent of the inner vault for planning the mounting brackets for the catenary lines.

Towards this end, the GBT was negotiated with a correspondingly equipped vehicle. The laser scanners scanned the surfaces and provided a geo-referenced 3D point cloud. The distance between two points on the surface amounted to only 5 mm. In this way, a data quantity of 110 gigabytes was collected per kilometre of tunnel. The accuracy of the objects, which were extracted from these data, is in the 5-10 mm range. Furthermore high-



Tunnelprofil mit Punktdefinition für die Geometriedokumentation  
Tunnel profile with point definition for documenting the geometry

Quelle/credit: BSF Swissphoto

der Erfassung und Dokumentation von Rissen im Beton (ab 0,3 mm Breite) über die Baugenaugigkeitskontrolle der Bankette im Subzentimeterbereich bis zur geometrischen Dokumentation des Tunnels für die Zwecke der Bahntechnik. Letztere braucht zum Beispiel genaue Informationen über die für die Gleistragplatte notwendige Menge des Betons an jeder Stelle, aber auch die genauen Masse des Innengewölbes für die Planung der Aufhängungen der Fahrleitungen.

Der GBT wurde dazu mit einem entsprechend ausgerüsteten Fahrzeug durchquert. Die Laserscanner tasteten die Oberflächen ab und lieferten eine georeferenzierte 3D-Punktwolke. Der Abstand zwischen zwei Punkten auf der Oberfläche beträgt lediglich 5 mm. Pro Kilometer Tunnel entstand so eine Datenmenge von 110 Gigabyte. Die Genauigkeit der Objekte, welche aus diesen Daten extrahiert wurden, liegt im Bereich von 5-10 mm. Zusätzlich nahmen hochauflösende Kameras Bilder auf.

Für die Baugenaugigkeitskontrolle der Bankette wurde ein Kontrolldokument aufgrund der Scanning-Daten erstellt (**Abb. 7**), mit dem sich beurteilen ließ, ob die Bankette vom Bauunternehmer mit der geforderten Toleranz von  $\pm 2$  cm eingebaut worden waren. Der grafische Soll-Ist-Vergleich (Projekt- vs. Scanning-Daten) erfolgte auf einer eingefärbten Abwicklung der Bankettflächen

resolution cameras took pictures. A control document based on the scanning data was produced for checking the construction accuracy of the shoulders (**Fig. 7**), on the basis of which it could be assessed whether the shoulders had been produced by the building contractor with the required tolerance of  $\pm 2$  cm.

The graphic variance comparison (project data v scanning data) was undertaken with a coloured presentation of the shoulder areas (**Fig. 7**). The pixel size was selected at 10 cm in a longitudinal direction and 1 cm across. The variance difference for each pixel was calculated and coloured in accordance with a predetermined colour scale. Deviations within the tolerance range are presented in grey. The geometrical documentation for the rail technology took place via exactly predetermined points. Profiles were calculated at 10 m gaps, whereby the 30 defined points of the floor, the shoulder and the vault were interpolated from the 3D point cloud (**Fig. 8**). Extraction of the individual points was executed as a geometrical section between the 3D point cloud and the standard profiles. The 3D coordination of all profile points was numbered in keeping with a pre-established scheme and supplied as an ASCII file. The various calculation steps were undertaken largely by automatic means. The rail technology contractor used the points among other things for calculating the gaps between catenary line and vault.



## We understand our business

Our many years of experience in the planning and production of simple to complex conveyor systems have made us into a reliable partner worldwide.

Conveyor systems and transport systems are individually adapted to your needs.

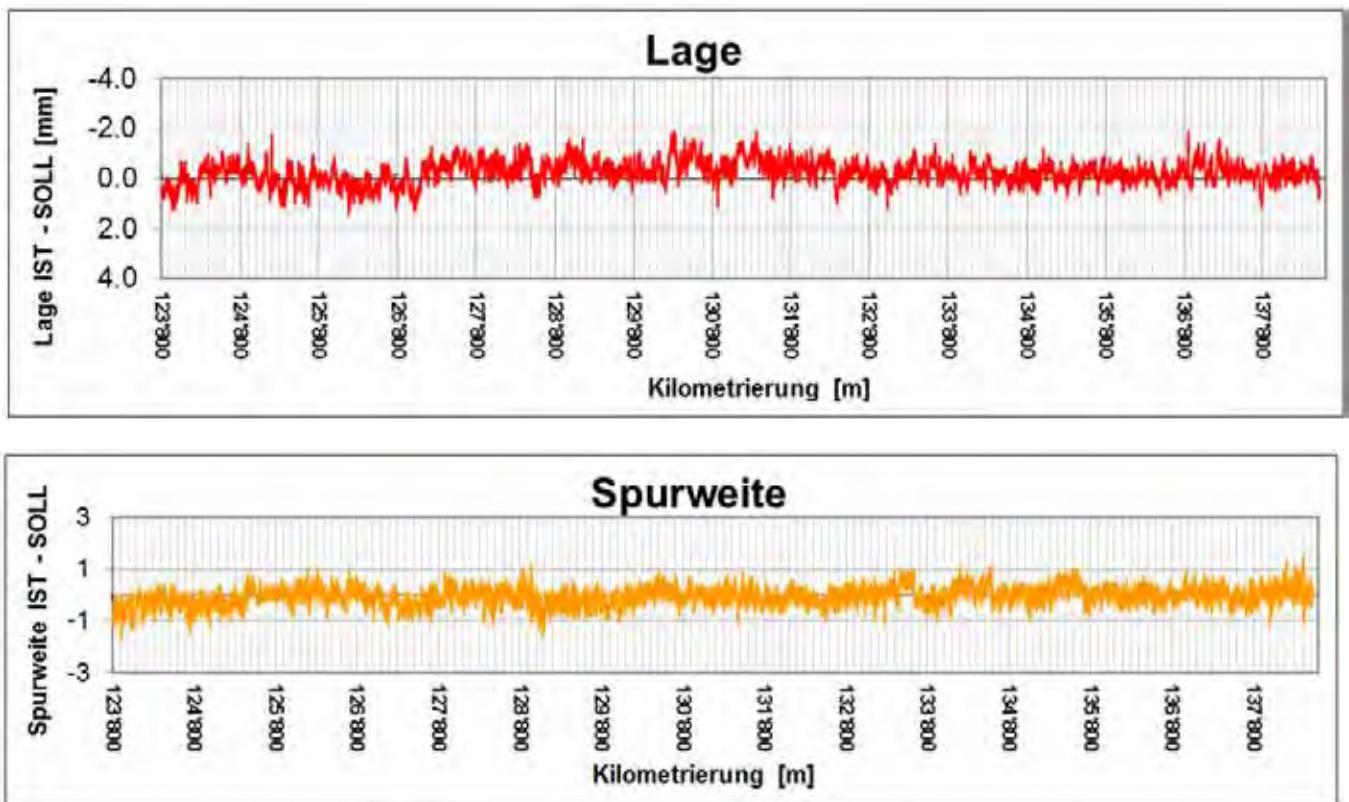
Marti Technik AG produces tailor-made, practical solutions based on its own construction site experience.

Talk to us. We will provide you with professional and correct consultation and know all the possibilities that can be used for a qualified realisation of your projects.

We also offer gravel plants, formwork systems, electrical engineering and special constructions.

**Marti Technik AG** Lochackerweg 2 CH-3302 Moosseedorf  
Fon +41 31 858 33 88 Fax +41 31 858 33 89 info@martitechnik.com

[www.martitechnik.com](http://www.martitechnik.com)



Quelle: BSF Swissphoto

Grafische Darstellung des Soll-Ist-Vergleichs der Gleislage

Graphic presentation of the variance comparison of the track position (above: track position; below: track gauge)

(Abb. 7). Die Pixelgrösse wurde in Längsrichtung mit 10 cm und in Querrichtung mit 1 cm gewählt. Für jedes Pixel wurde die Soll-Ist-Differenz berechnet und anhand einer vorgegebenen Farbskala eingefärbt. Abweichungen im Toleranzbereich sind grau dargestellt.

Die geometrische Dokumentation für die Bahntechnik erfolgte über exakt vordefinierte Punkte. Im Abstand von 10 m wurden Profile berechnet, wobei für jedes Profil die 30 definierten Punkte der Sohle, des Banketts und des Gewölbes aus der 3D-Punktwolke interpoliert wurden (Abb. 8). Die Extraktion der einzelnen Punkte erfolgte als geometrischer Schnitt zwischen der 3D-Punktwolke und den Normalprofilen. Die 3D-Koordinaten aller Profilverpunkte wurden nach einem vorgegeben Schema nummeriert und als ASCII-File abgeliefert. Die verschiedenen Berechnungsschritte erfolgen weitgehend automatisiert.

Der Unternehmer Bahntechnik verwendet die Punkte unter anderem für die Berechnung der Abstände zwischen Fahrleitung und Gewölbe.

### Kontrolle der Gleislage feste Fahrbahn mit vollautomatischer Messtechnik 2011 bis 2014

Um für den zukünftigen Bahnbetrieb einen hohen Fahrkomfort und einen verschleißarmen Betrieb zu gewährleisten, sind die Verlege-Toleranzen des Gleises ehrgeizig angesetzt.

Die Genauigkeitsanforderungen an die verlegten Gleise für die einzelnen Komponenten lauten wie folgt:

### Checking the Track Position with fully automatic Measuring Technology 2011 to 2014

In order to assure a high degree of comfortable travel and operation subject to little wear, the laying tolerances for the tracks were ambitiously set.

The accuracy requirements for the laid tracks are as follows for the individual components:

- Position  $\pm 0.5$  mm
- Height  $\pm 0.5$  mm
- Super-elevation  $\pm 0.3$  mm
- Track gauge  $-0.5$  to  $1.5$  mm

The client on the one hand, called for the contractor to prove that these demands had been met. On the other, he commissioned the surveyor acting for the client to completely check the installed track. In order to be able to safely detect whether tolerances were exceeded, a measuring system must be available, which is capable of measuring in a substantially higher accuracy range. Given an intended measurement assignment of 2 x 57 km in length the system must furthermore be efficient, economic and extremely reliable.

As a result, the Geodetic Laboratory of the Armed Forces University in Munich in conjunction with the Swiss Ristag Ingenieure AG Company developed the existing track measurement system RACER into the improved RACER II system. The RACER system had been applied for the Lötschberg Base Tunnel and was completely revamped for use in the Gotthard project.

- Lage  $\pm 0,5$  mm
- Höhe  $\pm 0,5$  mm
- Überhöhung  $\pm 0,3$  mm
- Spurweite -0,5 bis 1,5 mm

Der Bauherr lässt die Einhaltung dieser Anforderungen zum einen durch den Ersteller selber nachweisen, zum anderen beauftragt er den Bauherrenvermesser mit der kompletten Kontrolle des eingebauten Geleises. Um in dieser Größenordnung Toleranzüberschreitungen mit Sicherheit detektieren zu können, muss ein Messsystem zur Verfügung stehen, welches in der Lage ist, in einem deutlich höheren Genauigkeitsbereich zu messen. Bei einem vorgesehenen Messeinsatz von 2 x 57 km Länge muss das System darüber hinaus effizient, wirtschaftlich und äußerst zuverlässig arbeiten. Aus diesen Gründen entwickelte das Geodätische Labor der Uni Bundeswehr München in Zusammenarbeit mit der Schweizer Firma Ristag Ingenieure AG das bestehende Gleismesssystem



Messwagen zur Kontrolle der Gleislage  
Measuring car for checking the track position

The measuring car travels along the track to execute measurements and determines the given position by means of a motorized total station. Four line laser scanners scan the upper edge of the track thus determining the position of the laid track. The super-elevation is established using an inclinometer. In addition, the gauge width and the torsion are calculated. The entire measuring cycle takes place by fully automatic means and attains a daily rate of progress of 1-2 km given a measuring distance of 2.5 m. The control values are directly available and can be seen on the on-board computer display. Generally speaking, the data for a 10 km section are determined and documented in graphic and tabular form in the form of a report for the client. **Fig. 10** presents in graphic form the position and gauge width over a 14 km section. The graphics indicate a spread of a few millimetres within the tolerance.

Quelle: AlpTransit Gotthard AG

Capitol Hill Station, Seattle, USA



**Kevin Whalen,**  
Superintendent  
Turner Construction,  
Seattle

„Working in collaboration, PERI and Turner Construction designed the Traveling Mono System which has met scheduling and budgetary constraints. We've increased the level of safety for our workers as well as reduced the number of man hours required to set up traditional formwork systems. This system was specifically designed to pour concrete from the ground to the roof giving us ability to maximize our labor force and allow subcontractors to work beneath the system, all while improving on the quality of the finished product.“

INT PERI 14.123

## Full Scope Solution Provided for a Three Level Underground Expansion



**Formwork  
Scaffolding  
Engineering**

[www.peri.com](http://www.peri.com)


RACER zum verbesserten System RACER II weiter. Das System RACER war am Lötschberg Basistunnel eingesetzt worden und wurde für den Einsatz am Gotthard komplett neu entworfen.

Der Messwagen fährt dabei zur Messung auf dem Gleis und bestimmt mittels motorisierter Totalstation die jeweilige Position. Vier Zeilenlaserscanner tasten die Oberkante der Schiene ab und bestimmen daraus die Lage des verlegten Gleises. Mit einem Neigungsmesser wird die Überhöhung bestimmt. Darüber hinaus werden Spurweite und Verwindung berechnet. Der ganze Messvorgang läuft vollautomatisch und erreicht bei einem Messabstand von 2,5 m eine Tagesleistung von 1-2 km.

Die Kontrollgrößen sind unmittelbar verfügbar und auf dem Display des Bordcomputers einsehbar. Im Regelfall werden die Daten für jeweils 10 km erhoben und mit einem Bericht dem Bauherrn grafisch und tabellarisch dokumentiert. In **Abb. 10** sind die grafischen Darstellungen für die Lage und für die Spurweite auf einer Abschnittslänge von 14 km dargestellt. Die Grafiken zeigen eine Streuung innerhalb der Toleranz von wenigen Millimetern.


### Fazit

Zum Zeitpunkt der Berichterstattung sind die Vermessungsarbeiten im Gotthard-Basistunnel zu einem großen Teil abgeschlossen. Es fehlen noch die Kontrollen der letzten Kilometer eingebauter fester Fahrbahn und die Setzungsmessungen durch den ganzen Tunnel, die bis zur Inbetriebnahme 2016, jährlich durchgeführt werden.

Das Jahrhundertprojekt Gotthard-Basistunnel zeigt beispielhaft in allen Fachbereichen, wie sowohl bestehende, bewährte Technologien, als auch modernste Entwicklungen zur Anwendung gelangen und ihre Berechtigung finden. In der Vermessung sind die Basis-Technologien für die Polygon-, Kreis- und Nivellementmessungen schon bis zu 30 Jahre bekannt. Hingegen wurden die Verfahren für die Aufnahmen mit Laserscanning sowie der vollautomatische Gleismesswagen erst während des Projektes entwickelt. Es gehört zur Aufgabe des Vermessungsingenieurs, diese Technologien gezielt einzusetzen und falls notwendig frühzeitig Entwicklungen einzuleiten. Hilfreich dazu sind gute Netzwerke mit Verbindungen zur Industrie und zu den Hochschulen. Letztere können sowohl Untersuchungen und Simulationsberechnungen bieten als auch innovative Lösungsansätze ausarbeiten. Durch Zusammenarbeit mit der Industrie können diese dann erfolgreich umgesetzt werden. 

### Summary

At the time of writing this report the surveying activities in the Gotthard Base Tunnel have largely been concluded. The checks on the final kilometres of the solid slab track and the subsidence measurements throughout the entire tunnel, which have to be undertaken annually until it is opened in 2016, are still missing.

The Gotthard Base Tunnel project of the century displays in exemplary fashion how in all fields, existing, proven technologies as well as modern developments can be justifiably applied. As far as surveying is concerned the basic technologies relating to traverse, gyro and levelling measurements have been known for up to 30 years. On the other hand, the methods for laser scanning images as well as the fully automatic track measuring car were first devised during the actual project. It is numbered among the tasks of the surveying engineer to apply these technologies in a targeted manner and if necessary introduce developments as soon as possible. Good networks with connections to industry and the universities are helpful here. The latter can provide investigations and simulation calculations as well as innovative solutions. They can then be successfully translated into practice thanks to cooperation with industry. 





# INNOVATIVE TBM SHOTCRETE SOLUTIONS

ALIVA EQUIPMENT KNOWN FOR QUALITY AND FUNCTIONALITY

With our TBM shotcrete equipment you are prepared to execute the most demanding tunneling projects all over the world. Our in-house engineering team also develops special customized machine versions, always in high quality and serving the needs of our clients and the machine operators. Benefit from our know-how and start planning your next projects with us. That's Building Trust.

Visit us at „bui“ from September 11-12, 2014  
Lungern, Switzerland · [www.bui-expo.ch](http://www.bui-expo.ch)



[www.aliva-equipment.com](http://www.aliva-equipment.com)

**aliva** III

**BUILDING TRUST**



## Tübbinge unter Kontrolle: Produktion, Einbau und Lagerung

Zunehmend komplexe Bauaufgaben bei einem gleichzeitig geringen Platzangebot für die Baustelleneinrichtung erfordern eine hochgradig effiziente Nutzung der verfügbaren Ressourcen. Im Baulos KAT2 des Koralmtunnels in Österreich hilft dabei eine innovative EDV-Unterstützung: Die Vernetzung der digitalen Module für die Tübbing-Anforderung auf der Tunnelvortriebsmaschine mit der Lagerlogistik sowie die Einbaudokumentation im Tunnel verhindern unter anderem Fehlbelegungen von Lagerflächen oder Fehllieferungen von Materialien zum Vortriebsort.

## Segments under Control: Production, Installation and Storage

Increasingly complex construction tasks in conjunction with a restricted amount of space for the construction site installations call for high-quality efficient utilization of available resources. In contract section KAT2 of the Koralm Tunnel an innovative EDP support system has turned out to be the answer: the interlinking of the digital modules for calling up segments for the TBM from the stock logistics as well as documenting their placing in the tunnel eliminates among other things erroneous stockpiling on storage spaces or incorrect deliveries of materials to the point of use.

Dipl.-Ing.(FH) Andreas Lange, STRABAG AG/ARGE Koralmtunnel – KAT2



Verladung von Tübbing mit dem Portalkran im Tübbinglager des Koralmtunnel KAT2

Transport of segments with a portal crane in the segment storage of the Koralm Tunnel KAT2

## Das Projekt Koralmtunnel KAT2

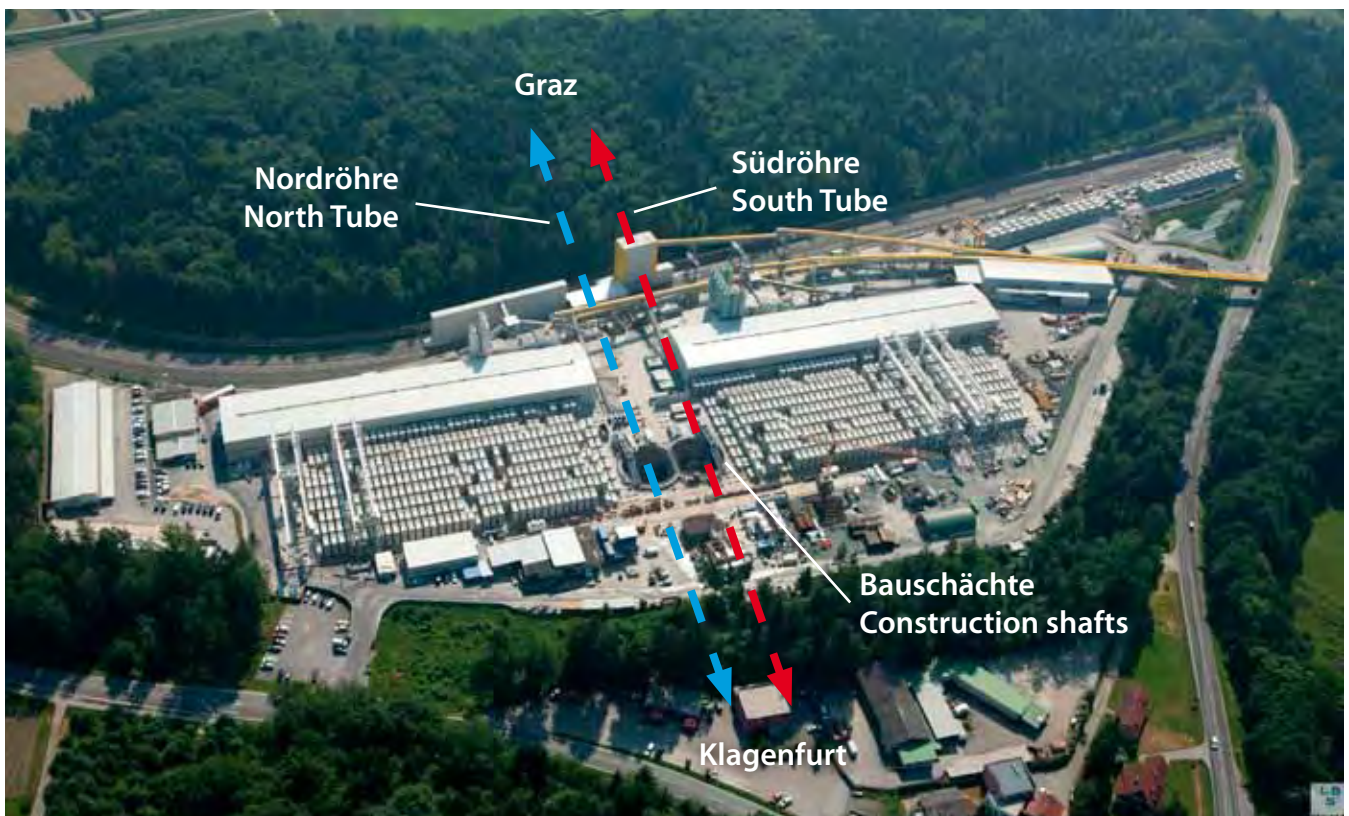
Der Koralmtunnel ist ein zentrales Projekt der ÖBB-Infrastruktur AG auf der Bahnverbindung der Baltisch-Adriatischen Achse. Der insgesamt 32,8 km lange Tunnel verbindet im Süden Österreichs die Steiermark mit Kärnten. Er besteht aus drei Baulosen, von denen das mittlere Baulos KAT2 mit 19,7 km in der Südröhre bzw. 17,5 km in der Nordröhre mit 57 Prozent den größten Abschnitt darstellt. Die mit der Errichtung beauftragte ARGE KAT2 besteht aus den Firmen STRABAG AG (85%) und Jäger-Bau (15%).

Die Rohbaumaßnahmen für die beiden Streckenröhren gliedern sich in zirka 4,4 km zyklischen Vortrieb und 32,7 km kontinuierlichen Vortrieb mit Doppelschild-Tunnelbohrmaschinen. Bedingt durch die geologischen und hydrologischen Verhältnisse wird der Koralmtunnel in zwei Tunnelbereiche unterteilt. Der Bereich I erhält einen zweischaligen Ausbau, wogegen der Bereich II auf Grund der günstigeren geologischen Verhältnisse nur einschalig ausgebaut wird. Die beiden eingleisigen Haupttröhren werden alle 500 m durch insgesamt 42 Querschläge verbunden. Zusätzlich ist eine etwa 930 m lange Nothaltestelle zwischen den Röhren geplant. Bei den Bohrarbeiten werden insgesamt rund 2,9 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruch anfallen. Ein vertraglich festgehaltenes Materialbewirtschaftungskonzept sieht eine Nutzung von hieraus aufbereiteten Gesteinskörnungen zur Betonproduktion für die Eigenversorgung der Baustelle KAT2 vor. In den Tübbing-Werken werden insgesamt 420 000 m<sup>3</sup> Beton benötigt, die weitgehend aus dem Ausbruchsmaterial erzeugt werden müssen.

## The Koralm Tunnel KAT2 Project

The Koralm Tunnel is a central project for the ÖBB-Infrastruktur AG on the Baltic-Adriatic rail route. The altogether 32.8 km long tunnel links Styria with Kärnten in the south of Austria. It consists of 3 contract sections with the central section, constituting 19.7 km in the south bore and 17.5 km in the north bore representing 57 % of the total, the longest one. The KAT2 JV commissioned to produce this section is made up of the companies Strabag AG (85%) and Jäger-Bau (15%).

The roughwork operations for the 2 running tunnels is divided up into roughly 4.4 km of cyclic driving and 32.7km of continuous driving using double shield tunnel boring machines. On account of the geological and hydrogeological conditions the Koralm Tunnel has been divided into 2 tunnel sectors. Sector I is provided with a two-shell support whereas Sector II has only a single-shell support owing to the more favourable geological conditions. The 2 single-track main tunnels are connected by a total of 42 cross-passages set 500 m apart. In addition, a roughly 930 m long emergency halt is planned between the tunnels. Altogether around 2.9 million m<sup>3</sup> of excavation material will accrue. A contractually binding material management concept foresees the utilization of rock aggregates prepared from this for producing concrete for use on site in KAT2. A total of 420 000 m<sup>3</sup> of concrete will be needed in the concrete plants, which will largely consist of excavated material.



Baustelleneinrichtungsfläche KAT2

Construction site installation yard KAT2

**Produktionseinrichtung**

Für die Herstellung der 17 250 Tübbing-Ringe und den zugehörigen Sohlelementen sind auf der Baustelleneinrichtungsfäche zwei selbständige, redundante Fertigteilverke installiert, die jeweils für die Versorgung des Vortriebs einer Tunnelröhre mit Tübbing zuständig sind. Auf den installierten Umlaufanlagen mit je 7 Schalsätzen zu 7 Einzelschalungen (6 Tübbing-Segmente und 1 Sohlelement) werden die Fertigteile erzeugt. Nach dem Ausschalen verbringen die Fertigteile etwa einen Tag im Reifelager, um ihre Festigkeit zu steigern und die Hydratations-Wärme abklingen zu lassen. Von dort gelangen sie erst zur Ausrüstungsline und dann ins Freilager, wo sie vom Portalkran ihren Lagerplätzen zugeordnet werden.

**Beengte Lagerfläche**

Die beengten Platzverhältnisse auf der zur Verfügung gestellten Baustelleneinrichtungsfäche ermöglichen nur eine eingeschränkte Lagerung von lediglich rund 550 Ringen für die Versorgung von jeweils einer der beiden Vortriebsanlagen. Hierfür stehen insgesamt 12 500 m<sup>2</sup> Fläche zur Verfügung.

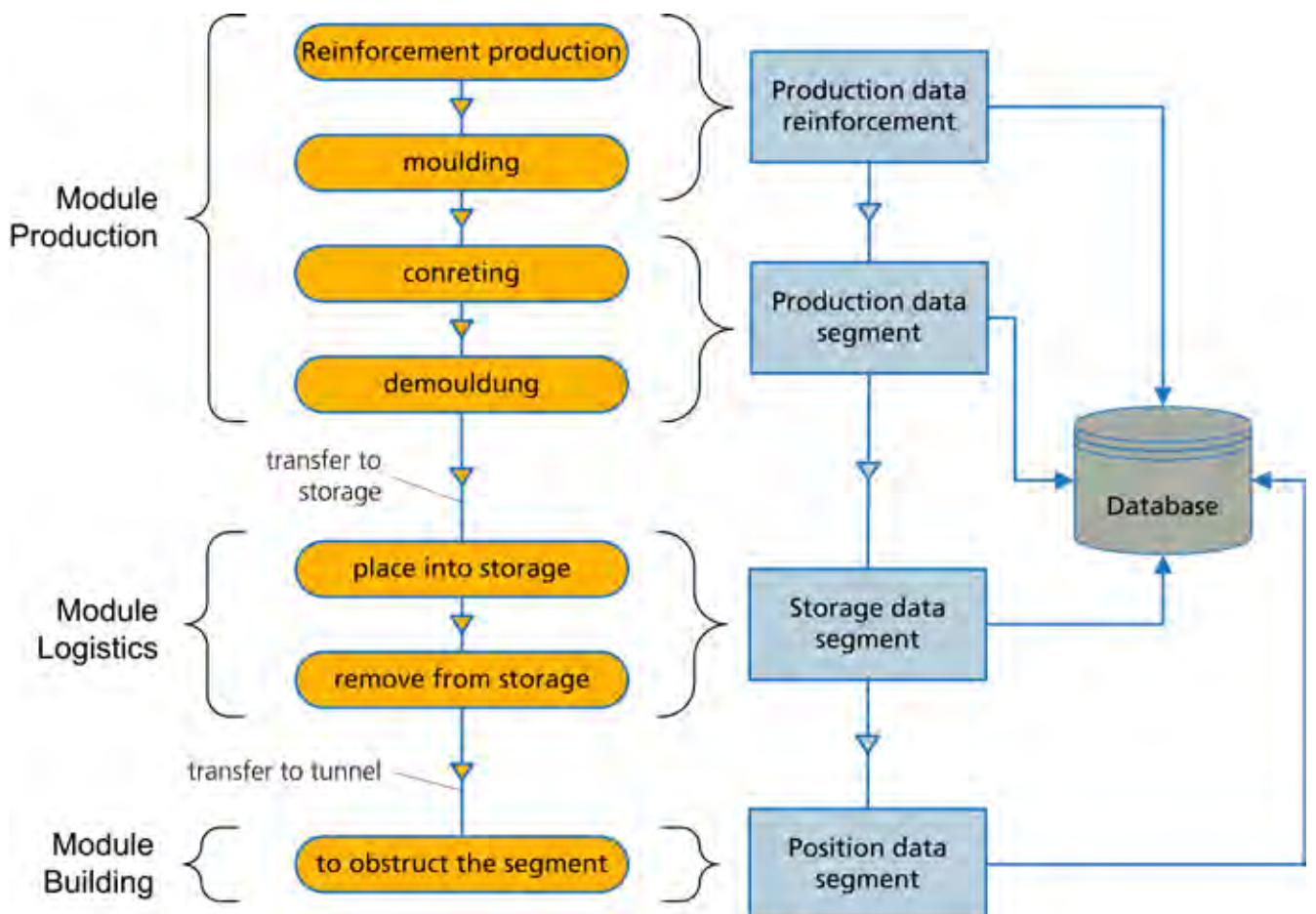


Quelle/credit: Lange

Datenmanagement  
Data management

**Production Equipment**

Two independent, redundant precast plants are set up on the construction site installation yard for producing the 17 200 segmental rings and the relevant floor elements. Each is responsible for providing segments for one of the tunnel bores. The precast parts are manufactured on the installed carousels each containing 7 form-



Quelle/credit: VMT

SDS-Module und Prozesse  
SDS module and processes

Eine weitere Einschränkung der Lagerkapazität ergibt sich aus der vertraglich geforderten ‚Eisernen Reserve‘ aus Schwerlast-Tübbing von 130 Ringen je Tunnelröhre, die bis kurz vor Vortriebsende für Notfälle jederzeit vorgehalten, jedoch nicht ohne ausdrückliche Anordnung des AG eingesetzt werden dürfen. Verschiedene Tübbing- beziehungsweise Bewehrungstypen, sowie die Sohlelemente tun ein Übriges, um die ohnehin knappen Platzverhältnisse noch weiter einzuschränken. Trotz der Lagerung von zwei Ringen übereinander, ist die verfügbare Fläche mindestens um den Faktor 2,5 zu klein.

Eine feste Zuordnung von Lagerteilflächen für bestimmte Ringtypen, würde zu einer Platzverschwendung führen, wenn diese Teilbereiche zeitweise nicht voll belegt wären.


Aus diesem Grunde ist für eine maximale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Lagerfläche, der Einsatz von softwarebasierten EDV-Lösungen für die Lagerverwaltung, die Lagerlogistik und die Krannavigation unabdingbar. Durch den Einsatz der Segment-Dokumentations-System (SDS) und Lagerverwaltungssoftware kann das Tübbinglager in Form eines chaotischen Lagers, ohne feste Bereichszuordnung und somit ohne Leerplätze betrieben werden. Die Verwaltung der Einlagerungsorte der Fertigteilen erfolgt

work sets with 7 individual formwork units (6 segments and 1 floor element). After stripping, the precast parts are stored for about a day to enhance their strength and allow the hydration heat to be reduced. From there they are first transferred to the finishing line and then to the open storage area where they are transported by portal crane to their allocated positions.

### Constricted Storage Space

The constricted storage conditions on the available construction site area only allow a limited amount of around 550 rings to be stored for supplying one of the 2 driving installations. Towards this end an area of altogether 12 500 m<sup>2</sup> is available.

A further restriction of the storage capacity results from the contractually agreed on "iron reserve" consisting of 130 heavy-duty segmental rings per tunnel bore, which must be kept available at all times for emergencies but which, however, must not be utilized without the express consent of the JV. Various types of segments or reinforcements as well as the floor elements all tend to restrict the already limited storage conditions. In spite of storing 2 rings one above the other, the available area is too small by the factor of at least 2.5.

 **Implenia**® Die Tunnelbauprofis.



vollständig durch das System. Auf der KAT2-Baustelle ermöglicht der Software-Einsatz eine Lagerung von Tübbing-Ringen für zumindest knapp einen Monat bei mittlerer Vortriebs-Leistung je TVM.

### EDV-Unterstützung

Im Baulos KAT2 werden zirka 121 000 einzelne Tübbing- und Sohlfertigteile, ungedichtet, gedichtet und mit teilweise unterschiedlicher Bewehrung benötigt. Die Produktionsdokumentation und Qualitätssicherung dieser Materialmenge mit der geforderten Rückverfolgbarkeit erfordert eine leistungsfähige, rechnergestützte zentrale Datenhaltung mit jederzeitigem schnellem Zugriff auf den gesamten Datenbestand.

Auf der Baustelle werden erstmals zwei eigenständige Software-Produkte miteinander kombiniert, um deren jeweiligen Leistungsschwerpunkt zeitgleich nutzen zu können. Zum einen ist dies das Segment-Dokumentations-System der VMT-GmbH, Bruchsal, Deutschland, und zum anderen die visualisierte, internetbasierte Software IRIS.tunnel, von ITC-Engineering, Stuttgart, Deutschland. Deren permanenter Datenabgleich ermöglicht eine lückenlose Nachverfolgbarkeit jedes Fertigteiles, von der Erzeugung bis hin zum endgültigen Einbau. Neu ist die webbasierte Ring-Bestellung aus IRIS.tunnel direkt an das elektronische Lagerlogistik-Modul des SDS. Die direkte Vernetzung ermöglicht eine fehlerfreie Just-in-time-Lieferung und erspart Kosten durch Zeitverluste in Folge von Falschlieferungen.



Scan Bewehrungskorb

Scan reinforcement cage

Allocating particular sub-areas for storing certain types of rings would lead to a waste of space should these sub-areas not be completely occupied. As a result, it is essential that software-based EDP solutions are applied for storage administration, storage logistics and crane navigation to ensure the maximum utilization of the storage space that is available. Thanks to the application of the segment documentation system (SDS) and storage administration software the segment storage area can be run in a chaotic form without predetermined allocations and thus without any empty spaces. The system is entirely responsible for administering the storage points for the precast parts. The application of software on the KAT2 construction site permits segmental rings to be stored for at least roughly a month given an average rate of advance per TBM.

Quelle/Credit: Lange

### EDP Support

In contract section KAT2 around 121,000 individual segmental and floor precast parts are required unsealed, sealed and with different reinforcement in some cases. The production documentation and quality assurance for this amount of material with the demanded traceability calls for an efficient, computer-supported central data system with rapid access to the entire data bank at any time. For the first time, 2 independent software products are being combined on the construction site so that their special advantages can be exploited simultaneously. The first of these is the segment documentation system (SDS) produced by the VMT-GmbH, Bruchsal/Germany, and the other is the visualized, Internet-based software IRIS.tunnel from ITC-Engineering, Stuttgart/Germany. Permanent comparison of data enables precise traceability of every precast part from its production until it is finally installed. The web-based commissioning of rings by IRIS.tunnel passes directly to the electronic store logistics module of the SDS. Direct interlinking caters for precise just-in-time supply and saves costs resulting from time losses owing to incorrect deliveries.

A main task of the SDS is recording the individual steps of the production process. These include the production data for the reinforcement and segment, the storage data for the segments as well as their subsequent positioning in the tunnel. The logistics and crane navigation software for the segment storage sector forms the link between precast production and tunnel installation. On the TBM the required segments are called up by the process management

## A.S.T. Bochum

Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik

**Armaturen- Schlauch- und  
Tunneltechnik für  
Beton, Wasser und Pressluft**

**A.S.T. Bochum GmbH**  
Kolkmannskamp 8  
D-44879 Bochum

fon: 00 49 (0) 2 34/5 99 63 10  
fax: 00 49 (0) 2 34/5 99 63 20  
e-mail: info@astbochum.de



The screenshot displays a software interface for managing tunnel production data. On the left, there are summary statistics for various tunnel components like 'Eingewendet', 'Betroffen', and 'Produziert'. The main area is a data table with columns for 'Tübbing', 'Etiketten Datum', 'Produktions-Datum', 'Status', 'Gesperrt', 'Ausschuss', '#Details', 'Bewehrung', 'Tunnel Ring Nr.', 'Letzte Änderung', and 'Bezeichnung'. Several callout boxes are overlaid on the table: one pointing to the 'Bewehrung' column labeled 'Bewehrungs-NR Reinforcement-No.', another pointing to the 'Tübbing' column labeled 'Tübbing-NR Segment No.', a third pointing to the 'Bezeichnung' column labeled 'Tübbingdetails Segment details', and a fourth pointing to a 'Parameter' table below the main table labeled 'Produktionsparameter Production parameters'. The 'Parameter' table has columns for 'Zelle', 'Name', 'Wert', and 'Titel'.

Quelle/credit: VMT

**SDS-Produktionsdaten**  
 SDS production data

Eine Hauptaufgabe des SDS ist die Protokollierung der einzelnen Schritte im Produktionsprozess. Dies sind unter anderem die Produktionsdaten von Bewehrung und Tübbing, die Lagerdaten der Segmente ebenso wie die spätere Positionierung im Tunnel. Die Logistik- und Krannavigations-Software im Bereich des Tübbinglagers bildet die Verbindung zwischen Fertigteil-Produktion

system IRIS in the form of a “digital order form” and transferred to the computer of the SDS storage data bank per data line. The installed software generates a delivery order and passes this on to the portal crane to be processed by the crane operator, who takes the required ring from the storage point cited by the system and transports it for loading on to the underground train in the access shaft.

# WE THINK DEEPER.



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.

Technische Exzellenz. Flexibilität. Erfahrung. Verlässlichkeit. Damit bestehen wir im Wettbewerb.

Was uns wirklich auszeichnet, ist aber unser Denken. Unser Anspruch, weiterzugehen und nach innovativen Ansätzen zu suchen, um Ihre Anforderungen zu erfüllen.

Für neue Perspektiven im Untertagebau.

Partners for new perspectives

jaegerbau.com



Quelle/credit: Steinhilber

Kontrollvermessung mit 3D-Laser-Tracker  
Control measurement with 3D laser tracker

und Tunnel-Einbau. Auf der TVM wird über das Prozessmanagementsystem IRIS der Abruf der benötigten Tübbinge in Form eines ‚digitalen Bestellscheins‘ getätigt und per Datenleitung an den Rechner der SDS-Lager-Datenbank übermittelt. Die installierte Software generiert einen Auslieferungsauftrag und übermittelt diesen an die Portalkrane zur Abarbeitung durch den Kranfahrer, der aus dem vom System vorgegebenen Lagerort den benötigten Ring entnimmt und zur Verladung auf den untertägigen Zug im Startschacht transportiert.

### Fertigteilbewehrung

Am Beginn der Produktionskette steht die Herstellung der Fertigteilbewehrung. Die Produktion der Bewehrungskörbe erfolgt in vermessenen Stahlshablonen, die durch einen Barcode eindeutig identifizierbar sind. Nach dem Schweißen und der Endkontrolle des Korbes liest ein angemeldeter Benutzer mittels Handscanner den Barcode an der Schablone und den Barcode auf dem Schlaufenetikett an der Bewehrung ein. Hierdurch ist dieser Bewehrungskorb eindeutig im System über eine zugeordnete ID-Nummer identifizierbar.

Auch der Kontrollvorgang der Auftraggebervertreter (Bauüberwachung) erfolgt anhand eines benutzerspezifischen Logins über die Eingaben am Handscanner. Die Scans werden immer mit dem zugehörigen Zeitstempel, in Verbindung mit der Benutzerken-

### Precast Part Reinforcement

Producing the precast part reinforcement represents the starting point of the production chain. The reinforcement cages are manufactured in calibrated steel moulds, which are clearly identified by a barcode. After welding, the cage is given a final check then a registered user scans the barcode on the mould and the barcode on the loop label for the reinforcement using a manual scanner. In this way, this reinforcement cage is definitively identifiable via an allocated ID number within the system. A user-specific login via inputs using a manual scanner is also applied for the checking process on the part of the representative of the principal (construction supervision). The scans are always documented in the system with the relevant time stamp, in conjunction with the user ID and can thus be called up at any time. In the next step an empty segment formwork is kept ready on the production line and identified by means of the barcode displayed on it. The user is requested to select a suitable reinforcement cage per display dialogue. Once the barcode on the label on the reinforcement has also been scanned, the system checks whether this reinforcement is suitable for this application (approval process, geometry) and if positive gives the green light for installing the cage. The process is brought to an end by a final confirmation scan. This "marrying" of the formwork ID with the reinforcement ID creates a new, unique segment ID. This ID serves on the one hand for identifying the produced precise part and on the other this ID is allocated



nung im System dokumentiert und sind somit jederzeit abrufbar. Im nächsten Schritt wird auf der Produktionslinie eine bereitstehende leere Tübbingschalung anhand des angebrachten eindeutigen Barcodes identifiziert. Der Benutzer wird per Display-Dialog zur Auswahl eines passenden Bewehrungskorbes aufgefordert. Nachdem auch der Barcode auf dem Etikett der Bewehrung gescannt ist, prüft das System, ob die Bewehrung für diese Verwendung zulässig ist (Verwendungsfreigabe, Geometrie) und gibt im positiven Fall den Korb für den Einbau frei. Der Prozess wird durch einen abschließenden Bestätigungs-Scan abgeschlossen. Diese „Verheiratung“ von Schalungs-ID mit der Bewehrungs-ID hat die Erzeugung einer neuen, einmaligen Tübbing-ID zur Folge. Diese ID dient zum einen zur Identifikation des erzeugten Fertigteils, zum anderen werden dieser ID alle zugehörigen, erfassten Prozessdaten und Dokumente wie Prüfprotokolle oder sogar Fotos zugeordnet und im System abgespeichert.

Nach der Komplettierung der Einbauteile und dem Schließen der Schalung folgt die Endkontrolle vor dem Betoniervorgang. Auch dieser Prozess wird vollständig benutzerbezogen (Auftragnehmer oder Auftraggeber) über die mobile Bedienstation abgewickelt. Alle Kontrolltätigkeiten werden über das Scanner-Display dokumentiert. Die Fragen nach der Vollständigkeit von erforderlichen

to all relevant, collected process data and documents such as test reports or even photos and stored in the system.

After completion of the installation parts and closing the formwork, the final check prior to concreting is undertaken. This process too is executed completely user-related (contractor or client) via the mobile operating station. All control operations are documented via the scanner display. Questions relating to the completeness of requested installation parts, the installation position of the reinforcement cage as well as the proper closure of the formwork are tackled by the display dialogue and must be positively responded to so that the green light for concreting is given. Any errors can be remedied at the following station so that the go-ahead for concreting is received. Otherwise the formwork is closed off for concreting by the system or until user intervention results in corrections.

### Concreting

On the subsequent, final station prior to the concreting cell the formwork provided with a RFID tag is scanned using a corresponding reading device and identified by the system. The data relating to the planned segment number with the required parameters such as type and amount of concrete are read off and transferred for preparation to the mixing plant.

## Durchmesserlinie Zürich

Durchgangsbahnhof Löwenstrasse | Unterquerung Südtrakt | Weinbergtunnel



«Wir danken den SBB und allen Projektbeteiligten für die jahrzehntelange erfolgreiche Zusammenarbeit.»

**igzalo**  
durchmesserlinie

**Basler & Hofmann**

**PÖYRY**

**SNZ** SNZ Ingenieure und Planer AG



Quelle/credit: Steinhilber

In der Ausrüstungslinie werden die Betonteile um 180 Grad in die Wannelage gedreht, um an der Folgestation weitere Ausrüstung zu erhalten  
 At the finishing line concrete parts are turned 180° to adopt a flat position prior to being provided with further attachments at the next station

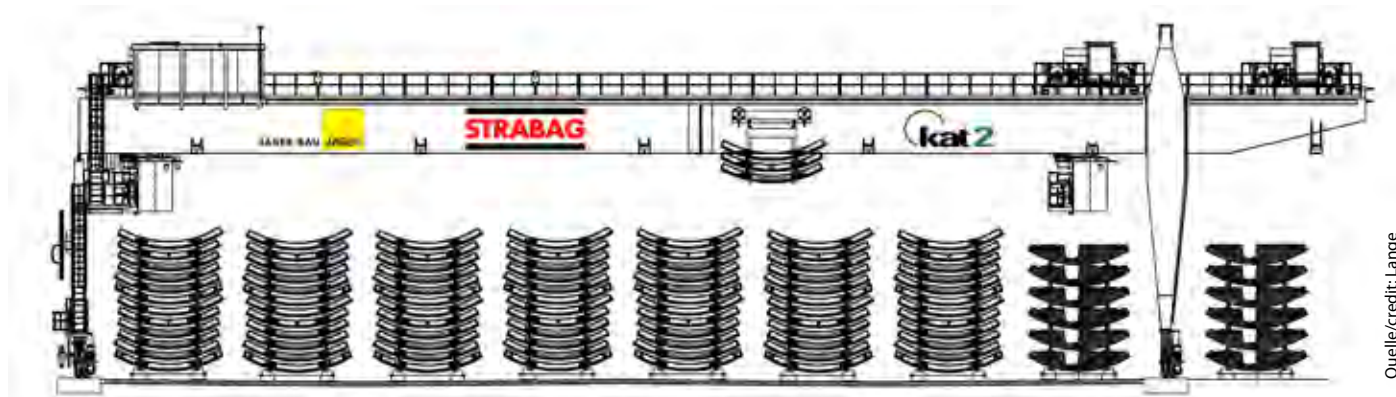


Quelle/credit: Steinhilber

Scan eines Tübbingstapels für die Einlagerung  
 Scanning a stack of segments for storage

Einbauteilen, der Einbaulage des Bewehrungskorbes sowie der ordnungsgemäße Verschluss der Schalung werden per Display-Dialog abgearbeitet und müssen positiv beantwortet werden, um eine Betonierfreigabe zu erhalten. Etwaige Mängel können an der nachfolgenden Station behoben werden um dort eine Betonierfreigabe zu erwirken. Anderenfalls wird die Schalung durch das System für die Betonage gesperrt beziehungsweise ein Benutzereingriff für Korrekturen angefordert.

When the prepared, controlled formwork enters the concreting cell during the next stage, the concrete is ready for installation in the corresponding amount and quality without any hold-up. During the concreting phase the batch data of the concrete are transferred to the SDS system to be saved in conjunction with the produced segment. The filled formwork reaches the heat tunnel after passing through the follow-up station for surface treatment, which the hardened segment vacates some 8 h later to be then transported to the stripping station.



Tübbinglager mit Portalkran  
Segment store with portal crane

**Betonieren**

Auf der nachfolgenden, letzten Station vor der Betonierzelle passiert die mit einem RFID-Tag versehene Schalung ein entsprechendes Lesegerät und wird vom System identifiziert. Die Informationen zu der geplanten Tübbing-Nummer mit den notwendigen Parametern, wie etwa Betonsorte und -menge werden ausgelesen und an die Mischanlage zur Vorbereitung übermittelt.

There the operator again reads off the formwork barcode in order to clearly identify the formwork with the precast part it contains. The system then ensures that the generated identification label is printed out. Prior to the label being applied it is once again checked by scanning to make sure it belongs to the segment. If the allocation is correct the segment is labeled so that it is clearly identifiable from then on.



## Groundwater Management in Tunneling Projects

Dewatering, Groundwater Control, Water Treatment, Online Monitoring and Well Drilling.



**Nord Zuid Lijn Amsterdam**  
80 wells for depressurisation of an aquifer in a depth of 43 m



**Metro Bucharest Line 5**  
25 million m<sup>3</sup> of groundwater to be pumped



**Cityring Copenhagen**  
1.100 wells for 21 metro shafts. Re-infiltration rate of 95%



**A2 Maastricht**  
600 dewatering wells. 2.300 m<sup>3</sup>/h re-infiltration via hw-DSI system

www.hoelscher-wasserbau.de · info@hoelscher-wasserbau.de

**Hölscher Wasserbau GmbH**  
Haren, Germany

Branch offices in:  
Austria · Denmark · Poland · Qatar · Romania  
The Netherlands · United Kingdom



**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)234/5 8873-73  
Fax +49 (0)234/5 8873-10  
info@techno-bochum.de  
www.techno-bochum.de



**TechnoBochum**

IRIS-Tübbingbestellmodul  
IRIS segment order module

Quelle/Credit: itc

Wenn die vorbereitete, kontrollierte Schalung beim nächsten Takt in die Betonierzelle einfährt, ist der Beton in der entsprechenden Menge und Qualität bereits ohne Wartezeit zum Einbau verfügbar. Während des Betoniervorgangs werden die Chargendaten des Betons an das SDS-System zur Abspeicherung zu dem hergestellten Segment übergeben.

Die gefüllte Schalung erreicht nach dem Durchlaufen der anschließenden Station zur Oberflächenbearbeitung den Wärmetunnel, den das erhärtete Segment rund 8 Stunden später wieder verlässt und im weiteren Ablauf zur Ausschal-Station transportiert wird. Dort wird vom Bediener erneut der Schalungsbarcode eingescannt, um die Schalung mit dem darin enthaltenen Fertigteil zweifelsfrei zu identifizieren. Das System fordert anschließend zum Ausdruck des generierten Kennzeichnungsetikettes auf. Vor der Applikation des Etikettes wird dieses nochmals durch einen Scan vom System auf fehlerfreie Zuordnung zum Segment überprüft. Ist die Zuordnung korrekt, wird das Segment mit dem Etikett gekennzeichnet und ist von da an jederzeit eindeutig identifizierbar.

Das junge Fertigteil wird mittels Vakuumhebergerät aus der Schalung gehoben und in das Reifelager transportiert. Die ‚entleerte‘ Schalung wird anschließend vom System wieder als frei und verwendbar markiert.

### Tübbingvermessung

Für die Kontrolle der geometrischen Vorgaben und die Einhaltung der geforderten Toleranzwerte des Bauvertrages wird von

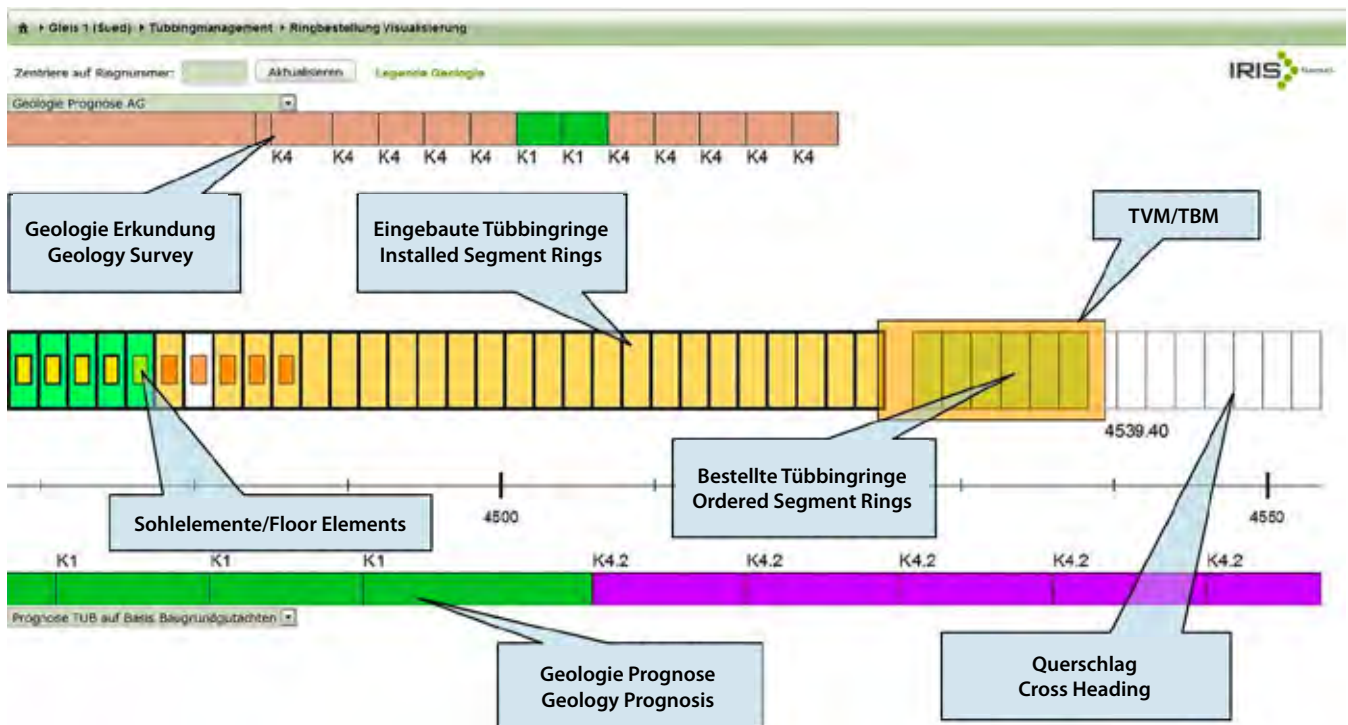
The fresh precast part is raised from the formwork by a vacuum hoist and transported to the curing station. The “empty” formwork is subsequently marked by the system as available and ready-for-use.

### Calibrating the Segments

The KAT2 JV applies a laser tracker measuring system with the relevant measuring system software from the VMT GmbH for checking the geometrical parameters and adhering to the required tolerance values contain in the construction contract. Towards this end, the segments to be checked are transported in their extrados position to the measuring point set up in the hall and placed at the appropriate storage points. The segments’ peripheries are ascertained by means of a 3D laser tracker. Thanks to continuous measurement in this way “point clouds” with several hundred measuring points are created and stored per periphery. The spatial geometry of the test piece is established from the measuring point clouds and subsequently lined up against and compared with the target geometry of a 3D digital model by the measuring and evaluation software. The deviations thus determined must adhere to the contractual limit values for the tolerances. The measured result is listed in a measurement report, allocated to the segment ID by the evaluation software by the SDS link and stored in the data bank there.

### Storage

The segments then pass along the finishing line. Here the concrete parts are turned 180° to adopt a flat position prior to being provided



Ringbau-Visualisierungsmodul  
Ring installation visualization module

Quelle/Credit: itc



## Schneller, sicherer und wirtschaftlicher bauen



Rowa vereint hohe Kompetenz im Anlagenbau und langjährige Erfahrung im Untertagebau.

Intelligente Gesamtlösungen vom Vortrieb bis zur Deponie sind unser Markenzeichen: Sie garantieren eine überdurchschnittliche Betriebssicherheit und eine hohe Wirtschaftlichkeit.

Wir sind weltweit für Sie im Einsatz.

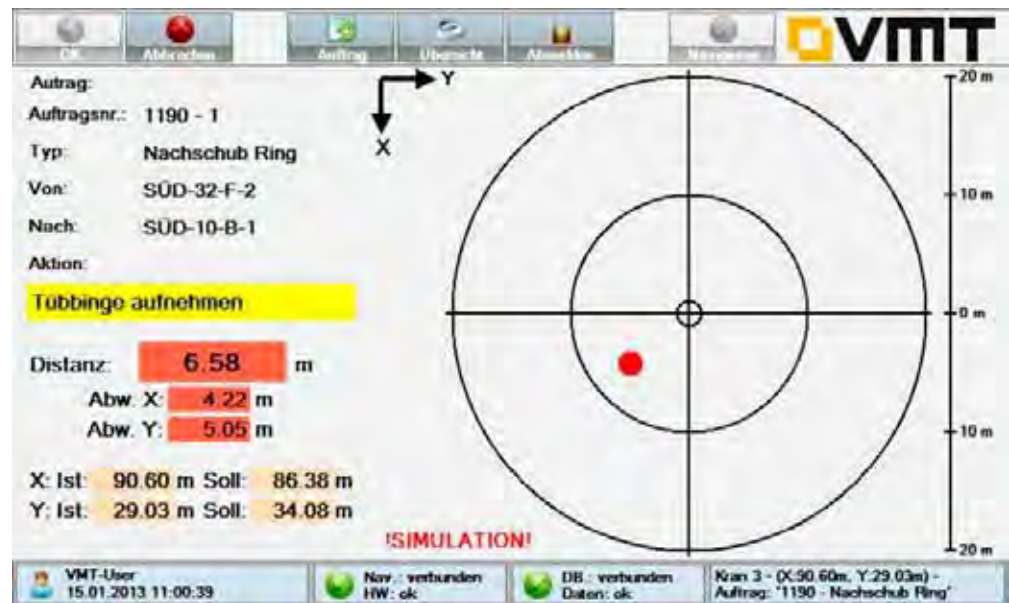
Rowa Tunnelling Logistics AG, Leuholz 15, CH-8855 Wangen SZ  
Telefon +41 (0)55 450 20 30, Fax +41 (0)55 450 20 35  
rowa@rowa-ag.ch, www.rowa-ag.ch



Quelle/credit: Steinhilber

Tübingverladung durch den Bauschacht  
Transferring segments through the construction shaft

der ARGE KAT2 ein Lasertracker-Messsystem mit der zugehörigen Messsystem-Software der VMT GmbH eingesetzt. Hierzu werden die zu prüfenden Segmente extradors nach oben auf den in der Halle eingerichteten Messplatz transportiert und auf den eingemessenen Lagerplätzen abgelegt. Die Begrenzungsflächen der Segmente werden mittels einem 3D-Lasertracker bestimmt. Durch eine fortlaufende Messung werden so je Begrenzungsfläche des Betonbauteils ‚Punktwolken‘ mit mehreren hundert Messpunkten erzeugt und gespeichert. Aus diesen Messpunktwolken wird die räumliche Geometrie des Prüflings ermittelt, und im Folgenden durch die Mess- und Auswertungs-Software der Soll-Geometrie eines 3D-Digital-Modells gegenübergestellt und verglichen. Die hierbei ermittelten Abweichungen müssen die vertraglichen Grenzwerte für die Toleranzen einhalten. Das Ergebnis der Messung wird in einem Messprotokoll aufgelistet, von der Auswertungssoftware durch die SDS-Anbindung der Segment-ID zugeordnet und dort in der Datenbank abgelegt.



Navigationsdisplay für Kranfahrer  
Navigation display for crane operator

Quelle/credit (2): Steinhilber

with further attachments in the form of hardboards and sealing frames at the next station. A mobile operating station is applied for recording purposes. The final quality control by the contractor or client takes place as previously described. The elements subsequently vacate the production hall and are then set together as part-ring stacks of 3 segments. Towards this end, the segments are placed on top of one another in the prescribed sequence on a storage yard

### Einlagerung

Der weitere Weg der Tübbinge führt über die Ausrüstungslinie. Hier werden die Betonteile um 180 Grad in die Wannelage gedreht, um dann an der Folgestation weitere Ausrüstung in Form von Hartfaserplatten und dem Dichtrahmen zu erhalten. Auch hier wird zur Protokollierung eine mobile Bedienstation eingesetzt. Die abschließende Qualitätskontrolle durch Auftragnehmer oder Auftraggeber erfolgt wie zuvor bereits beschrieben.

Die Bauteile verlassen anschließend die Produktionshalle und werden außerhalb zu Teilringstapeln mit je drei Segmenten zusammengestellt. Hierzu werden die Segmente in vorgegebener Reihenfolge auf einem mittels Barcode eindeutig identifizierbarem Lagerplatz aufeinandergelegt und anschließend mit dem Handscanner eingescannt. Das System führt dabei eine Plausibilitätskontrolle hinsichtlich der Zulässigkeit einer gemeinsamen Verwendung durch. Es wird beispielsweise kontrolliert ob die Teile geometrisch sowie ausrüstungstechnisch zusammenpassen und ob diese denselben Beton- sowie Bewehrungstyp aufweisen. Verläuft die Prüfung positiv, generiert das System einen Einlagerungsauftrag zur Abholung des Stapels durch den Lagerplatz-Portalkran mit Zuweisung eines vorgesehenen Lagerplatzes. Das Tübbinglager ist in Reihen und Spalten aufgegliedert,



Kranfahrer bei der Arbeit mit dem Navigationsdisplay  
Crane operator working with the navigation display for

# rascor®



## Wer richtig plant, bleibt trocken.

Als Pioniere in der Abdichtungstechnik entwickeln wir Produkte für die höchsten, trockensten Ansprüche Ihrer Tunnelprojekte – denn Trockenheit heisst auch Sicherheit! Problemorientierte und massgeschneiderte Abdichtungskonzepte sichern den Erfolg! **RASCOR - Pioniere der Bauabdichtung.**

**Rascor International AG**  
Gewerbestrasse 4  
CH-8162 Steinmaur  
Telefon 044 857 11 11  
Telefax 044 857 11 00  
info@rascor.com

wodurch eine Zahl-Buchstaben-Kombination als eindeutige Platzbezeichnung entsteht, die der Orientierung und der zweifelsfreien Ansprache dient. Das Lager wird von vier Portalkranen mit 35 t beziehungsweise 60 t bewirtschaftet, die sowohl für die Tübbinglogistik als auch für die Materialversorgung der TVM's zuständig sind. Die in das Hauptlager transportierten Fertigteile bleiben bis zum Erreichen der Beton-Mindestdruckfestigkeit im Hauptlager. Erst dann erfolgt ein Transport zur TVM.

### **„Just in time“-Tübbingbestellung**

Auf beiden TVMs werden über die internetbasierte Prozessmanagement-Software IRIS.tunnel, die Abrufe der benötigten Segmente per Mausklick getätigt und per digitaler Bestellung an den Rechner der Lagerverwaltung des SDS übermittelt.

Dies bedeutet eine deutliche Qualitätsverbesserung gegenüber der bisher üblichen Vorgehensweise in Form einer Bestellung auf Zuruf, da alle Vorgänge nun ohne die Möglichkeit von Übermittlungsfehlern ablaufen und mit zugehörigen Zeitstempeln und Bestellerangaben versehen sind. Durch Missverständnisse verursachte Fehllieferungen und damit verbundene Zeitverluste können somit ausgeschlossen werden.

Das Modul ‚Tübbing-Bestellung‘ über dessen Bildschirmoberfläche die Auswahl des gewünschten Ringmaterials erfolgen kann, versorgt den Nutzer mit weiteren Informationen wie beispielsweise mit der aktuellen Maschinenstation, oder der nächsten zu bestellenden Ring-Nummer. Im Auswahlbereich des Bestellmoduls wird nur das Tübbingmaterial aufgelistet, das tatsächlich im Lager vorhanden ist und ein Betonalter von mindestens 28 Tagen aufweist. Nach jeder Auswahl wird die geplante Ringnummer um einen Zähler verändert.

Die bestellten Ringe werden im Modul ‚Ringbestellung Visualisierung‘ entsprechend als bestellt dargestellt. Das Modul informiert den TVM-Fahrer anhand einer schematischen Darstellung der Tunnelröhre jederzeit über den bereits aufgefahrenen und den noch vor der Maschine liegenden Tunnelabschnitt. Es werden zu jedem verbauten Ring die Stationsdaten, der Bewehrungstyp und weitere Informationen beim Überfahren mit dem Mauszeiger am Monitor eingeblendet. Die Darstellung von Querschlägen erfolgt lagerichtig und ermöglicht so die zeitgerechte Bestellung von speziellen Querschlag-Sets. Parallel zur Tunneldarstellung kann die Geologie der Baugrunderkundung eingeblendet werden, um dem Maschinenfahrer eine Information über gegebenenfalls zu erwartende Störungszonen zu ermöglichen, auf die er sich bezüglich der Bestellmenge für das Ausbaumaterial und des Maschinenverhaltens entsprechend einstellen kann. Bei einer sich nähernden Störungszone würde weniger Normal-Ringmaterial bestellt werden, um möglichst rasch die Tübbing für die Störungszone zum Einbau vor Ort zu haben.

Um eine Übersicht über die bisher getätigten Bestellungen in Form von ‚digitalen Bestellscheinen‘ (Tickets) und deren Bearbeitungsstatus zu erhalten gibt es die ‚Ticketliste‘. Hier werden die Einzelvorgänge einschließlich des aktuellen Bearbeitungsstatus der Lagerlogistik angezeigt.

clearly identifiable by barcode and then scanned by the manual scanner. For this purpose, the system carries out a plausibility check regarding the reliability of using the elements in conjunction with each other. For example, it is determined whether the parts fit together geometrically or technically and whether these possess the same type of concrete and reinforcement. If the test is positive the system generates a storage order to pick up the stack for the storage yard portal crane with a particular storage point being allocated.

The segment storage yard is divided up into rows and columns, with a combination of numbers and letters indicating a particular location, which serves orientation and proper response. The storage yard is handled by 4 portal cranes of 35 and 60 t, which are responsible both for the segment logistics as well as supplying the TBMs. The precast parts transported to the main storage hall remain there until they attain the minimum compressive strength for the concrete. They are then first transported to the TBMs.

### **“Just in Time” Ordering of Segments**

The required segments are called up by mouse click on the 2 TBMs via the Internet-based process management software IRIS.tunnel and transferred to the computer of the SDS storage administration. This signifies a considerable improvement vis-à-vis the former customary practice that involved placing an order on call as all processes can now take place without the possibility of transmission errors and are provided with the relevant time stamps and commissioning details. Incorrect deliveries caused by misunderstandings and associated time losses could thus be eliminated.

The “segment order” module via whose display the selection of the desired ring material can be executed provides the user with further data such as for instance the current machine station or the next ring number to be commissioned. Only the segment material is listed in the order module's selection area, which is actually available in the store and possesses a concrete age of at least 28 days. After each selection, the planned ring number is altered by one digit. The commissioned rings are displayed correspondingly as ordered in the “ring order visualization” module. The module informs the TBM operator at all times on the basis of a schematic presentation of the tunnel bore about the already driven tunnel section and the one still located in front of the machine. The station data, the type of reinforcement and further data are shown for each installed ring via the mouse cursor on the monitor. The presentation of the cross-passages is undertaken in the correct position and in this way enables special cross-passage sets to be ordered in time. The geology of the ground exploration can also be shown parallel to presenting the tunnel so that the machine operator receives information on fault zones that could possibly occur, which he can react to correspondingly with regard to the amount ordered relating to the support material and the behaviour of the machine. Less normal ring material is commissioned should a fault zone be imminent so that the segments for the fault zone are ready to be installed where required as soon as possible.

The “ticket list” exists to provide an overview of the orders already commissioned in the form of “digital order forms” (tickets) and their



### Auslagerung und Einbau

Wird auf der TVM ein Tübbingring mit dem Bestell-Modul von IRIS.tunnel angefordert, wird diese Anforderung an das SDS-System weitergeleitet. Dort wird ein Auslagerungsauftrag für einen bestimmten Stapelplatz im Lager generiert, der dann an den zuständigen Portalkran übermittelt wird. Auf dem Display des Kranfahrers wird dieser Auftrag mit seiner Nummer, Start- und Zielplatz angezeigt. Nimmt der Fahrer den Auftrag an, wird er vom System durch die Einzelschritte der Prozesskette geleitet, wobei er jeden Teilschritt separat bestätigen muss. Mit der Beladung des Zuges am Fuße des Bauschachtes, wechselt der Status des Tübbingrings auf ‚ausgeliefert‘ und hat somit das Lager verlassen. Mit dem Versorgungszug wird der Tübbingring zur TVM transportiert, dort entladen und verbaut. Während des Ringbaus werden die Segmente mit dem Handscanner einzeln erfasst und einer bestimmten Tunnelröhre, mit Ringnummer, Ringstellung und der aktuellen Systemzeit zugeordnet. Der Status der Segmente wechselt dadurch auf ‚eingebaut‘.

Sollten an den Segmenten Schäden beim Einbau entstanden sein oder auch zu einem späteren Zeitpunkt festgestellt werden, besteht die Möglichkeit diese Schäden mit dem ‚Schadensmanagement‘-Modul über die Fotofunktion am Hand-

processing status. The individual processes including the current processing status of the storage logistics are displayed here.

### Retrieval and Installation

Should a segment ring be commissioned on the TBM with the IRIS.tunnel order module this request is transferred to the SDS system. There a retrieval order for a given storage point in the hall is generated, which is then passed on to the appropriate portal crane. This order with its number, starting and target point is shown on the crane operator's display. Once the operator accepts the order, he is guided through the individual steps of the process chain, whereby he is obliged to confirm each part-step individually. Once the train at the foot of the construction shaft has been loaded, the segmental ring's status changes to "delivered" thus indicating it has left storage. The segmental ring is carried by the supply train to the TBM, where it is unloaded and installed. During the ring installation, the segments are individually checked with the manual scanner and allocated to a given tunnel bore with ring number, ring position and the current system time setting. As a result, the status of the segments changes to "installed".

Should the segments sustain damage during installation or if this is determined at a later stage, it is possible to document this damage

## Your Reliable Partner for Slurry Treatment Worldwide




Project: Metro Kuala Lumpur, Malaysia  
Separation Plant: 6x MAB 1000



**SCHAUENBURG**  
Maschinen- und Anlagen-Bau GmbH

Schauenburg MAB GmbH  
Weseler Str. 35  
45478 Mülheim a. d. Ruhr  
Germany  
website: [www.schauenburg-mab.com](http://www.schauenburg-mab.com)  
e-mail: [sales@schauenburg-mab.com](mailto:sales@schauenburg-mab.com)  
phone: +49 (0)208 - 9991 - 0  
fax: +49 (0)208 - 59 24 09

scanner zu dokumentieren, in der Datenbank dem betreffenden Fertigteile zuzuordnen und nach diversen Kriterien auszuwerten. Die Detail-Informationen über Ringbau stehen jetzt durch den gemeinsam genutzten Datenbestand beiden Programmen zur Verfügung. IRIS.tunnel speichert außerdem die gesamten Prozessdaten sowie die Navigationsdaten der TVM und generiert daraus die Berichte für den Auftraggeber.

Nach Produktion von mittlerweile rund 55 000 Fertigteilen und einer bereits bewältigten Streckenlänge von gut 13 km, kann man zusammenfassend feststellen, dass sich die Kombination zweier Softwarepakete, die den gesamten Prozess von der Bestellung über die Produktion bis hin zum Einbau regeln, bewährt hat. 

#### Interview

## Baustellenerfahrung KAT2: Drei Fragen an Andreas Lange


### Wie zufrieden sind Sie nach gut 18 Monaten Arbeit mit der EDV-gestützten Datenverwaltung?

Meine Erwartungen an die rechnergestützte Abwicklung haben sich voll erfüllt. Im Vergleich zu zurückliegenden Produktionen im „Handaufschrieb-Verfahren“, ist die Fehlerhäufigkeit bislang gleich Null. Irrtümer durch die ‚arbeitenden Menschen‘ wurden frühzeitig durch Plausibilitätskontrollen entdeckt und konnten mit geringem Aufwand behoben werden.

### Wieviel Zeit und Geld hat die neue Methode denn bereits eingespart, wie groß wird die Ersparnis zum Ende des Projektes voraussichtlich sein?

Eine konkrete Zeitersparnis kann ich nicht angeben, ich weiß allerdings, dass wir bislang keine Fehllieferung hatten. Gehen wir einmal davon aus, dass die Beseitigung einer Fehllieferung rund 6 Stunden Zeit beansprucht. Die Mannschaft sowie die TVM stehen in dieser Zeit gegebenenfalls still, das Logistik-Team muss zusätzlich aktiv werden – so können in Summe schnell Kosten in Höhe von 12 000 Euro für jeden Ereignisfall entstehen. Die Kosten steigen zusätzlich entsprechend dem Vortriebsfortschritt an. Bei der weiteren Annahme von einem Fehler pro 1500 Ringen beträgt der finanzielle Schaden bereits rund 140 000 Euro, wodurch die Kosten für die EDV-Ausstattung weit-

with the „damage management“ module via the photo function on the manual scanner, assign this to the affected precast part in the data bank and evaluate this in accordance with various criteria. The detailed information relating to ring installation is now available to both programmes thanks to the commonly shared data bank. In addition IRIS.tunnel stores the complete process data as well as the navigation data for the TBMs thus accordingly generating the reports for the client.

After in the meantime producing around 55,000 precast parts and tackling a route length of more than 13 km it can be asserted that the combination of 2 software packages, which guides the entire process from ordering by way of production right up to installation has proved itself. 

#### Interview

## On-Site Findings KAT2: Three Questions for Andreas Lange



Andreas Lange Produktionsleiter Tübing der ARGE Koralmtunnel KAT2

Andreas Lange, production manager for segments of the Koralm Tunnel KAT2 JV

### Just how satisfied are you with the EDP-supported data administration after working with it for some 18 months now?

My expectations for using computer-supported processes have

been completely fulfilled. Compared with the previous method employing manual entries, the error quotient is practically zero. Errors caused by „staff at work“ have been identified early on thanks to plausibility checks and have been rectified with relative ease.

### How much time and expense has the new method already saved, how large will these savings presumably be at the end of the project?

I'm unable to provide a concrete figure as far as the time saved goes. However, I do know that so far we haven't had any incorrect deliveries. Let's suppose that remedying an incorrect delivery takes some 6 hours. The crew as well as the TBM are possibly inac-

# Concrix®

**DIE Alternative zu Stahlfasern: über 1'000 J mit unter 4 kg/m<sup>3</sup>**

Kein Rost. Keine Korrosion. Kein Kriechen. Keine Verletzungsgefahr. Hervorragendes Arbeitsvermögen. [www.bruggcontec.com](http://www.bruggcontec.com)

**BRUGG CONTEC**  
Strong fibers.

gehend ausgeglichen wären. Weiteres Potenzial bieten die Personaleinsparungen gegenüber herkömmlichen Produktionsdokumentationen mittels Handprotokoll, Lagerverwaltung durch manuelle Listenführungen, laufende Fahrplanweisungen an die Kranführer per Funk, Dokumentationen der Lagerbestände, Auslagerungs- und Auslieferungsverläufe. Hier können je Produktionsort mindestens zwei Polier- oder Techniker-Positionen in Tag- und Nachtschicht eingespart werden.

**Würden Sie bei zukünftigen Projekten grundsätzlich wieder auf ein computergesteuertes Datenmanagement zurückgreifen?**

Ja, unbedingt. Es ermöglicht umfassende Kontrolle und Übersicht über alle wesentlichen Vorgänge. Alles ist mit Zeitstempel protokolliert und jederzeit nachvollziehbar. Die Fehlervermeidung und die EDV-geführte Abwicklung der Logistik ermöglicht meiner Ansicht nach eine wirklich zielsichere Abwicklung auf der Baustelle.

tive during this time; the logistics team for their part must become active – so that as a result sums amounting to 12 000 Euro for each incident can quickly accrue. These costs increase become even higher in keeping with the rate of advance. Adding on the further assumption of an error per 1500 rings, the financial damage already amounts to around 140,000 euros, as a result of which the costs for the EDP equipment would be largely accounted for. Staff savings as opposed to conventional production documentations recorded by hand, stock administration based on manual lists, ongoing operating instructions to the crane drivers per

radio, documenting stocks, outsourcing and delivery procedures represent a further potential. Here at least 2 jobs for foremen or technicians in the day and night shift can be saved.

**Would you basically resort to computer-supported data management for future projects?**

Yes, definitely. It allows comprehensive control and an overview of all essential procedures. Everything is recorded with a time stamp and can be reproduced at any time. I believe that the avoidance of errors and the EDP-supported management of logistics allow everything to be tackled with absolute certainty on site.

# BGL Online

Baumaschineneinsätze schnell und sicher berechnen



Mit der BGL Online Datenbank haben Bauunternehmer Zugriff auf einen **ständig aktualisierten Bestand** technisch-wirtschaftlicher Baumaschinendaten. So lassen sich **Baumaschineneinsätze für Projekte aller Größenordnungen** mit einem einzigen übersichtlichen Tool von der ersten Planung bis hin zur endgültigen Kostenabrechnung kalkulieren.

**BGL Online**  
EUR 299,- pro Lizenz p.a.  
(Abonnement endet automatisch nach einem Jahr)

**BGL Buch**  
Hrsg: Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.  
ISBN 978-3-7625-3619-2  
EUR 179,-

Weltweit größter Katalog mit allen gängigen Gerätedaten

Jetzt online bestellen bei  
[www.profil-buchhandlung.de](http://www.profil-buchhandlung.de)

Weitere Infos auf:  
[www.bgl-online.info](http://www.bgl-online.info)  
oder telefonisch unter:  
05241 80 88957  
Profil –  
Buchhandlung im Bauverlag

## Schneller Vortrieb mit EPB-Maschinen

Der Einsatz von Erddruckschild (EPB)-Maschinen in Wechselgestein stellt eine große Herausforderung dar, da der Tunnelvortrieb häufig durch Fels, verschiedenste Gesteins- sowie klebrige Tonschichten verläuft. Ein geplanter Tunnel kann zum Beispiel unter städtischer Bebauung mit strikten Auflagen zu Setzungstoleranzen und durch Böden mit hohen oder wechselnden Grundwasserdrücken führen. Viele Faktoren bedingen hier einen schnellen Vortrieb: vom Einsatz geeigneter Schneidwerkzeuge über die Bohrkopfkonstruktion, die Planung und Umsetzung der Bodenconditionierung bis hin zu Wartung und angepasstem Betrieb der TVM.

## What makes for fast EPB Advance?

Earth Pressure Balance (EPB) tunneling in mixed ground conditions is a challenging prospect, as it often includes excavation in boulder fields, sections of rock, and sticky clay. A given tunnel may be located in an urban environment with strict settlement limits, under high water pressure or changing water pressure. Maintaining a rapid advance rate in such conditions is a function of many factors from adequate cutting tools to cutterhead design, pre-planning and execution of an appropriate ground conditioning regime. Continued maintenance and proper operation of the tunnel boring machine are equally vital.

---

Desiree Willis, Technical Writer; Joe Roby, Vice President-Business Development  
The Robbins Company, Kent WA/USA; www.therobbinscompany.com

---

### Kosten und Nutzen des TVM-Einsatzes

Erfahrungsgemäß machen die Personalkosten etwa 30-50 Prozent oder mehr der Gesamtprojektkosten eines TVM-Vortriebes aus. Eine Verkürzung der geplanten Tunnelbauzeit ohne Mehraufwand für Personal führt demzufolge zu signifikanten Einsparungen hinsichtlich der Gesamtprojektkosten. Wege und Maßnahmen zu finden, die Geschwindigkeiten von TVM-Vortrieben zu steigern, führt zu Kosteneinsparungen für alle Beteiligten und hat den zusätzlichen positiven Effekt, die benötigte Infrastruktur früher in Betrieb zu bringen. Wenn solche Lösungen zur Bauzeitverkürzung auf die schwierigsten Projekte – Tunnel durch wechselnde geologische Formationen aus Gesteins-, Geröllstein- und Felsblockschichten – übertragen werden können, dann sind sie auch auf weniger komplexe Tunnelprojekte anwendbar.

Gegenstand dieser Untersuchung ist, Gemeinsamkeiten von EPB-TVMs aufzuzeigen, die mit überdurchschnittlichen Geschwindigkeiten in Wechselgestein eingesetzt wurden. Der Begriff Wechselgestein impliziert, dass die Trasse einerseits durch für EPB-TVM leicht abzubauenen Geologien, zum Beispiel Lockergesteins-, Sand-, Schotter- und Tonschichten in unterschiedlichen Kombinationen, führt und andererseits durch Böden betrieben wird, die für einen solchen TVM-Typ nicht unproblematisch sind:

- grobe Sand- und Schottergeologien unterhalb des Grundwasserspiegels, deren Feinanteil nicht ausreicht, einen Dichtpropfen im Schneckenförderer zu bilden

### The Cost and Benefit of TBM Tunneling

Labor costs for tunnels excavated with TBMs are typically 30 to 50% or more of the total project cost – no small number. Reduction of the time for tunnel construction without increasing staffing therefore results in a substantial savings in total project cost. Finding ways to increase advance rates of machines has a clear cost benefit for all parties involved, and has the added benefit of bringing needed infrastructure online in a more timely fashion. If these reductions in construction time can be applied to even the most challenging projects – mixed ground tunnels with sections of rock, cobbles, and boulders – then they can be applied to more uniform tunnels as well. In this study, the authors attempt to find commonalities among EPBs operating in mixed ground conditions that achieved higher than average advance rates within a given sample of projects. "Mixed ground" implies that the tunnel alignment contains some fairly easy to excavate material for an EPB, such as soils, sands, gravel and clays in some combination, as well as material that is not easily excavated by an EPB machine including:

- Coarse sands and gravels, below the water table, with insufficient fines to form a plug in the screw conveyor
- Large boulders requiring disc cutters to break
- Competent rock
- above the water table
- oimpermeable rock below the water table
- opermeable rock below the water table



Quelle/Credit: Robbins

Abgestimmte Bodenkonditionierung kann entscheidend sein für den geregelten Abtransport des Ausbruchmaterials und die Vortriebsleistung. Das Bild zeigt unkonditionierten, wässrigen Ton

Proper ground conditioning can make all the difference in muck flow and ultimately machine performance. In this photo, watery clay is seen without conditioners

- große Felsblöcke, die nur mit Rollenmeißeln geschnitten werden können
- kompakte Gesteinsschichten
- über dem Grundwasserspiegel
- undurchlässige Gesteinsschichten unterhalb des Grundwasserspiegels
- durchlässige Gesteinsschichten unterhalb des Grundwasserspiegels

Jede der vorstehenden Geologien stellt eine EPB-TVM vor eine besondere Herausforderung. Zum Beispiel in Bezug auf den Feinstoffanteil: wenn der im abgebauten Grobsand und Schotter enthaltene Feinstoffanteil nicht ausreicht, müssen Schäumungsmittel und Polymere beigemischt werden, um die Bildung des Dichtpropfens im Schneckenförderer zu gewährleisten. Der Vortrieb in abrasiven Böden kann ebenso die Zugabe von verschleißmindernden Schäumen und Polymeren erforderlich machen. Werden große Felsblöcke angetroffen, sind Konstruktion und Aufbau des Bohrkopfes und der Schneidwerkzeuge von zentraler Bedeutung. Einerseits gilt es, das geeignete Öffnungsverhältnis des Bohrkopfes beizubehalten, andererseits darf die Öffnung nur Gestein einer Größe durchlassen, die Blockagen im Schneckenförderer ausschließt. Beim Durchfahren einer durchgängigen Felsformation hängt die darstellbare Bohrgutabfördermenge vom Grundwasserspiegel und der Gesteinsdurchlässigkeit ab. Im Falle von undurchlässigem Gestein füllt sich die Mischkammer mit Gesteinsstücken, und es ist zu erwarten, dass sich dieses Bohrklein unter seinem Eigengewicht in den Schneckenförderer entlädt, wodurch die Bohrgutabfuhr zyklischen Charakter annimmt. In allen genannten Szenarien sind abrasionsbeständige Konstruktionsmerkmale und Additive wichtige Faktoren, um die TVM mit ihren Komponenten in einem optimalen Zustand zu halten und für eine reibungslose Bohrgutabfuhr zu sorgen.



Mit Konditionierung wird dasselbe Tonmaterial pastös und kann einfach abtransportiert werden

With conditioners, the same clay material becomes toothpaste-like and easy to remove

Each of these geological types imposes somewhat unique challenges when excavated with an EPB. These include the fines content – for example, when insufficient fines are present in coarse sands and gravels it is necessary to add foam or polymer to form a plug in the screw. Abrasive ground materials may require addition of abrasion resistant foams and polymers as well. If large boulders are encountered, the design and layout of the cutterhead and cutting tools is particularly paramount. The appropriate EPB cutterhead opening ratio must be maintained, but the openings must also restrict the size of rock pieces that can enter the screw conveyor to avoid a blockage. If a full face of rock is encountered, then the ability for muck to be removed depends on the water table and rock permeability. In impermeable rock, the mixing chamber will fill with rock chips and eventually begin to dump the muck into the screw conveyor under its own weight, making muck removal cyclical. In all cases, abrasion resistant design features and additives are of critical importance to keep equipment in optimal condition and to keep muck flowing more smoothly.

### A Study of Projects

A total of 25 projects in 10 different countries were reviewed in the study, employing 40 different EPBs from all manufacturers on mixed ground projects. The projects covered a range of geology and some were decidedly more challenging than others, but all contained at least some sections of geology that included coarse sands and gravels that wouldn't form a plug, or they contained large boulders or hard rock. Many of the tunnels contained some combination of these "difficult to excavate with an EPB" geologies.

High advance rates were the target data, relative to the other machines in the sample. However, it was not deemed sufficient to have merely had a world record "best day" or "best month". Instead, projects were looked at over the entire tunnel excavation to find



Abbruchmaterial ohne Konditionierung bei einem EPB-Projekt in Wechselgestein mit Kalkgips und Schlammtön

An example of unconditioned material on a mixed ground EPB project in gypsum and mudstone

### Eine Recherche diverser Projekte

Die Untersuchung basiert auf insgesamt 25 Wechselgesteinsprojekten in 10 Ländern, bei denen 40 verschiedene EPB-Maschinen aller Hersteller eingesetzt wurden. Bei den Projekten wurden unterschiedlichste Geologien abgebaut, sodass einige Bauvorhaben sicherlich schwieriger als andere waren. Allen Projekten gemeinsam waren jedoch Bodenformationen, die zumindest Grobsand und Geröll aufwiesen, deren Feinkornanteil für eine Dichtpropfenbildung nicht ausreichte, oder die durch große Felsblöcke oder Hartgestein gekennzeichnet waren. Bei vielen dieser Tunnelbauprojekte stieß man auf eine Kombination dieser Geologien, die „für eine EPB-Maschine nicht ganz einfach sind“. Das Hauptaugenmerk lag auf den hohen Vortriebsgeschwindigkeiten in Relation zu denen der anderen TVM-Vortrieben der Studie. Hierbei genügte es nicht, einfach nur einen Tages- oder Monatsbestwert erzielt zu haben. Vielmehr wurde das jeweilige Gesamtprojekt betrachtet, um so die Projekte zu erkennen, die in ähnlich schwierigen Geologien im Vergleich signifikant besser waren. Daher wurde der „durchschnittliche wöchentliche Vortrieb in Meter“ (DWV) als Gesamtproduktivitätsmaß angesetzt und aus verschiedenen Quellen zusammengetragen. Projektimmanente Beschränkungen machten es nicht immer möglich, von Bauunternehmern oder Projektplanern ein vollständiges Portfolio aller Informationen zu bekommen, und in allen Fällen wurde gewünscht, keine Projektnamen zu nennen. Außerdem wurde von ununterbrochenem Baubetrieb (24 Stunden, 7 Tage die Woche, 12-Stunden-Schichten) ausgegangen.

Die grundlegenden Datensätze der einzelnen Projekte /EPB-Maschinen enthielten:

- Projektname
- Projektland
- Tunnellänge
- Durchschnittlicher wöchentlicher Vortrieb in Meter (DWV)



Exakte Labortests desselben Materials (hier bei einem „Slumpstest“) halfen den Tunnelbauern bei der Entwicklung effektiver Bodenkonditionierungen

Accurate laboratory testing of the same ground sample, as in the slump test seen here, aided contractors in developing an effective ground conditioning regime

Quelle/Credit: Robbins

those that were significantly better than others operating in similarly difficult geology. For this purpose, “average weekly meterage” was used as a measure of total productivity, and was collected from various sources. Due to jobsite restrictions it was not always possible for the contractor or consultant to share complete information, and in all cases they wished to not have the names of particular projects published. In addition, the data assumed operation 24 hours per day, 7 days per week, in 12 hour work shifts.

The basic data set for each project/EPB included:

- Project name
- Country
- Length of tunnel
- Average weekly advance in meters
- Geological description
- Water/face pressure
- Diameter of the machine
- Cutterhead drive type (e.g., hydraulic, VFD electric)
- Cutterhead power
- Cutting tools fitted to cutterhead and quantity
- Muck removal system (e.g., muck cars, conveyor)
- Ground conditioning (e.g., existence of pre-project ground conditioning planning and coordination with machine manufacturer and chemical supplier and/or near continuous use of ground conditioning agents, and a list of chemicals employed)

For the 40 EPBMs reviewed the diameter ranged from 5.9 to 10.2 meters, though the vast majority of machines were in the 6 to 6.5 m range. Thirty-one of the machines were employed on metro projects, eight on sewerage projects and one on a train tunnel. They were supplied by three different manufacturers. The face pressure under which they worked ranged from 0 to 13.5 bar with an average of 3.6 bar, with seven projects not reporting the ground pressure. 47 percent of the machines were fitted with variable frequency electric cutterhead drives and the rest were driven hydraulically. The geology

- Geologische Gegebenheiten
- Wasserdruck/Druck an der Ortsbrust
- TVM-Durchmesser
- Art des Bohrkopfantriebs (z. B. hydraulisch, elektrischer Frequenzumrichterantrieb)
- Installierte Bohrkopfantriebsleistung
- Art und Anzahl der am Bohrkopf montierten Schneidwerkzeuge
- Bohrgutabtransportsystem (z. B. Waggons, Tunnelband)
- Bodenkonditionierung (z. B. Vorhandensein eines mit dem Maschinenhersteller und Lieferanten der Bauchemie abgestimmten Bodenkonditionierungsprogramms und/oder quasi ununterbrochener Einsatz von Bodenkonditionierungsmitteln sowie eine Liste der eingesetzten Chemikalien)

Die Durchmesser der 40 untersuchten EPB-TVMs von drei Herstellern reichten von 5,9 m bis 10,2 m, wobei die große Mehrheit Durchmesser zwischen 6 m und 6,5 m aufwies. 31 der Maschinen kamen bei U-Bahn-Projekten zum Einsatz, acht bei Abwasserprojekten und eine beim Bau eines Eisenbahntunnels. Der Ortsbrustdruck lag zwischen 0 bar und 13,5 bar (Mittelwert: 3,6 bar), wobei zu sieben Projekten keine Bodendruckangaben vorlagen. Der Bohrkopf wurde bei 47 % der TVMs per elektrischem Frequenzumrichterantrieb betrieben, die restlichen Köpfe

on which the machines operated varied widely from sedimentary rock and weathered rock through glacial till, gravel, sands, soils and clays, however all had encountered mixed ground conditions. 54 percent of the projects gave information regarding ground conditioning employed. Several projects gave detailed information regarding ground conditioning, or the information was publicly available in articles published in industry periodicals and conference papers. 30 percent (12 machines) had average weekly advance rates exceeding 100 m/week. 45 percent or 18 projects had average weekly advance rates exceeding the overall average of 85 m/week (see summary table on page 55).

### Commonalities of High Performing EPBs

After collecting the data, it was analyzed for what the high performing machines might have in common. Several variables were immediately excluded due to weak correlation, namely machine diameter, cutter configuration, cutterhead drive, face pressure, mucking system, tunnel length, and country.

Some factors had a bit stronger correlation, including contractor experience. All of the contractors operating machines that had average weekly advance rates in excess of 100 m/week had previously excavated at least three prior EPB tunnels with some of them having

## SOLVING ISSUES ALONG THE BELT LINE



**At Flexco, we take your system's productivity as seriously as you do.**

That's why we offer comprehensive solutions to your conveyor belt issues. From conveyor belt cleaning systems, belt trackers, belt plows, and fasteners, to impact beds, rollers, and maintenance tools – we can help you maximize your uptime, keep your output high, and help your employees work safer.

Flexco Europe GmbH  
Leidringer Strasse 40-42  
D-72348 Rosenfeld  
Tel. +49/7428-94060  
Fax +49/7428-9406260  
europe@flexco.com



*Partners in Productivity*

[www.flexco.com](http://www.flexco.com)

## Injektions- und Abdichtungssysteme

für Spezialtiefbau und unterirdisches Bauen

**Spannpacker B**  
geeignet für alle Injektionsmaterialien auf mineralischer Basis sowie Injektionsharze

**Bajonett-Verschluss**  
leicht lösbare mechanische Verbindung zweier rohrförmiger Teile

**Vorteile**  
Einfache und sichere Handhabung, Verpressanschluss freier Durchgang Ø 20 mm, Einfache Abdichtung durch O-Ring




Injektionstechnik



[www.desoi.de](http://www.desoi.de)

---

DESOI GmbH      Tel: +49 6655 9636-0  
Gewerbestraße 16      Fax: +49 6655 9636-6666  
D-36148 Kalbach/Rhön      info@desoi.de | [www.desoi.de](http://www.desoi.de)



Quelle/credit: Robbins

Für die Additiv-Lieferanten, TBM-Hersteller und Baufirmen ist eine frühestmögliche Zusammenarbeit entscheidend, um die richtige Strategie zur Boden-konditionierung zu entwickeln

It is necessary for ground conditioning suppliers, TBM suppliers, and the contractor to work together to develop a full ground conditioning project as early on in the project as possible

wurden hydraulischen angetrieben. Die Geologien, in denen die Maschinen eingesetzt wurden, reichten von Sediment- und verwittertem Gestein über Geschiebemergel, Schotter, Sand-, Lehm- und Tonböden. Allen gemein war das Durchfahren von Wechselgesteinsschichten.

Bei 54 % der Projekte wurden Angaben zur Methoden der Bodenkonditionierung gemacht. Im Falle mehrerer Projekte wurden detaillierte Angaben zur Bodenkonditionierung gemacht, oder Informationen hierzu konnten öffentlich zugänglichen Fachzeitschriften und Tagungsbeiträgen entnommen werden.

Ein DWV von mehr als 100 m wiesen 12 TVMs (30 %) auf. Bei 45 % der Projekte (18 TVMs) wurde eine DWV erreicht, die über der ermittelten mittleren Geschwindigkeit von 85 m lag (siehe Tabelle).

### Gemeinsamkeiten der EPB-Maschinen mit hoher Vortriebsgeschwindigkeit

Nach Erhebung der Daten erfolgte die Analyse der möglichen Gemeinsamkeiten der TVMs mit den höchsten Vortriebsgeschwindigkeiten. Dabei wurden einige Variablen aufgrund mangelnder

excavated many. With one exception, the bottom 40% of performers were operated by contractors very new to EPB operations.

High performance appeared lightly linked to a mixed ground EPBM being fitted with a cutterhead designed and fitted for mixed ground (i.e., fitted with disc cutters as well as soft ground tools). In particular, machines that started and had to be stopped one or more times in the tunnel to have the cutting head redressed, from soft ground tools to full disc cutters, under pressure often lost so much time for the retrofit as to make it impossible to achieve a rapid tunnel excavation. Accurate geological mapping must be made available in the tendering stage if the contractor and machine manufacturer are to agree to the correct design and cutting tool selection prior to the start of excavation.

The single factor that had the strongest correlation to machine performance was ground conditioning. Nearly all the best performers had soils tested in a laboratory in advance of the start of boring and had established an initial ground conditioning regime in coordination with the contractor, the machine manufacturer and the chemical supplier. Even those projects that merely brought in

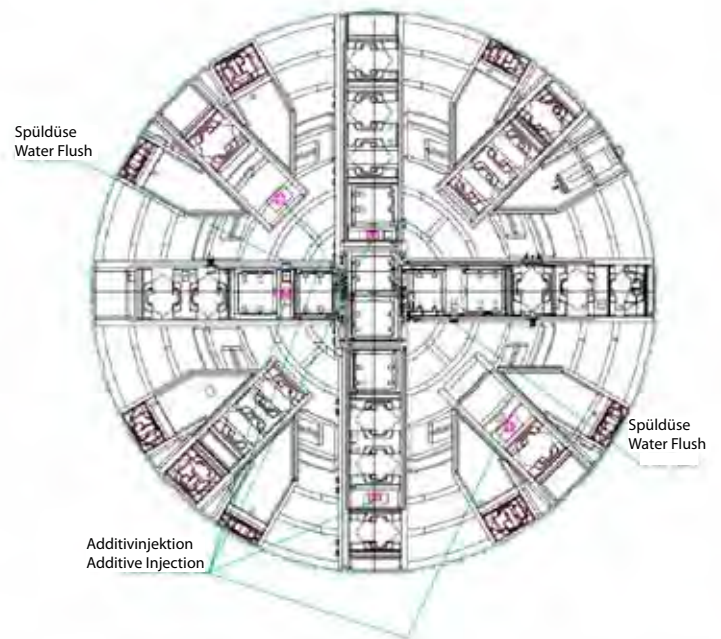


Korrelation von Beginn an ausgeschlossen: TVM-Durchmesser, Konfiguration der Schneidwerkzeuge, Bohrkopftrieb, Ortsbrustdruck, Bohrgutabfuhrsystem, Tunnellänge und Projektland. Bei einigen Faktoren sahen wir eine stärkere Korrelation, so zum Beispiel die Erfahrung des Bauunternehmers im EPB-Tunnelbau. Alle Tunnelbauer, deren TVMs einen DWV von über 100 m aufwiesen, hatten bereits mindestens drei EPB-Projekte abgewickelt, einige von ihnen sogar noch mehr. Mit einer Ausnahme wurden die letzten 40 % der Betrachtungsmenge von Unternehmern gestellt, die relativ wenig erfahren in EPB-Vortrieben waren. Eine gewisse Verbindung schien zu bestehen zwischen hohen Vortriebsleistungen und der EPB-TVM für Mischböden, ausgestattet mit einem für Wechselgestein konzipierten Bohrkopf (d. h. sowohl mit Rollenmeißeln als auch mit Weichgesteinswerkzeugen). Besonders bei TVMs, die nach Inbetriebnahme einmal oder mehrfach angehalten werden mussten, um unter Einbeziehen von Arbeiten unter Druck die Bohrkopfbestückung von Weichgesteins- auf Hartgesteinswerkzeuge zu verändern, mussten hohe Einbußen hingenommen werden, die das Erreichen von schnellen Vortriebsgeschwindigkeiten unmöglich machten. Eine genaue geologische Kartierung sollte in der Ausschreibungsphase zur Verfügung gestellt werden, um dem Tunnelbauer und dem TVM-Hersteller die Möglichkeit zu geben, die optimale Konstruktion und die einzusetzenden Schneidwerkzeuge vor Beginn der Bauarbeiten festzulegen.

Der Faktor, der den größten Einfluss auf den Vortrieb hatte, war die Bodenkonditionierung. Bei praktisch allen TVMs mit höchstem Vortrieb wurden im Vorfeld der Bohrarbeiten die Bodenbeschaffenheit in Labors untersucht. Daneben legten die Baufirma, der Maschinenhersteller und der Chemikalienlieferant gemeinsam einen vorläufigen Bodenkonditionierungsplan fest. Selbst die Projekte, bei denen die Chemikalienlieferanten zu Beginn der Bohrarbeiten nur marginal beteiligt waren, wiesen einen höheren Vortrieb auf als die Projekte, bei denen Chemikalien gar nicht oder erst gegen Ende des Bauvorhabens zum Einsatz kamen. Es konnte hinreichend verlässlich aufgezeigt werden, dass Laboruntersuchungen und eine Zusammenarbeit zwischen dem Bauunternehmer, dem Maschinenhersteller und dem Additivproduzenten die beste Basis für eine optimale Maschinenkonzeption und Chemikalienbeimischung sind. Es scheint offensichtlich, dass die obige Erkenntnis die beste Grundlage für eine Prognose ist, ob eine EPB-TVM eine hohe Vortriebsgeschwindigkeit haben wird oder nicht.

### Die Bedeutung von Bodenkonditionierungsmaßnahmen

Diese enge Korrelation zeigt, dass ein guter Bodenkonditionierungsplan genauso wichtig wie die TVM-Konzeption und die mit einem EPB-Projekt verbundenen logistischen Aspekte sein kann. Additive werden eingesetzt, um das Erdreich zu konsolidieren und einen reibungslosen Bohrguttransport durch den Bohrkopf und somit auch einen gleichbleibenden Erddruck zu gewährleisten. Über die Jahre haben sich der Einsatz und die Funktionsweise



Die Konstruktion eines Erddruckschildes für die Konditionierung ist komplex: Für Schilde mit Durchmessern von 6-7 m ist zum Beispiel ein Minimum von fünf Injektionsöffnungen Standard

EPB design for ground conditioning can be a complex process-- on "metro sized" cutterheads 6 to 7 m in diameter, a minimum of five injection ports is standard, for example

the chemical supplier at the start of boring had more success than those who did not employ chemicals or did so only late in the project. There was sufficient evidence to support laboratory testing and coordination between contractor, machine manufacturer and chemical supplier in order to insure the best machine design for chemical injections. This set of circumstances appears to provide the best basis for early high performance of an EPB.

### The Importance of Ground Conditioning

The strong correlation shows a good ground conditioning regime can be equally as important as the machine design and logistical aspects on any EPB project. Additives are used to consolidate ground

Anzahl der EPB-Maschinen Number of EPBMs	40
Durchmesser Diameter Range	5,9 m bis 10,2m 5.9 to 10.2 m
Druck an der Ortsbrust Face Pressure Range	0 bar - 13,5 bar; 3,6 im Durchschnitt 0 to 13.5 bar, 3.6 bar average
Durchschnittliche wöchentliche Vortriebsgeschwindigkeit Average Weekly Advance Rate	85,4 m
Max. Vortriebsgeschwindigkeit Maximum Advance Rate	178,5 m/Woche 178.5 m/week
Min. Vortriebsgeschwindigkeit Minimum Advance Rate	32,6 m/Woche 32.6 m/week
Standardabweichung Standard Deviation	36,0 m/Woche 36.0 m/week

von Bodenadditiven erheblich erweitert. Anfangs wollte man mit diesen Mitteln für grobkörniges Erdreich nur eine Methode zur Dichtpropfenbildung im Schneckenförderer bieten. Heute kann man mit Additiven zum Beispiel die Kohäsion des abgetragenen Erdreiches erhöhen oder verringern, Reibungskräfte minimieren (d. h. das Drehmoment am Bohrkopf und dem Schneckenförderer senken) und vieles mehr.

Zur Erstellung einer Grundlage für einen optimalen Bodenkonditionierungsplan für ein bestimmtes Projekt sollte ein genaues Bodengutachten (geotechnical baseline report) eingeholt und analysiert sowie Bodenproben im Labor untersucht werden.

Bei den meisten Projekten helfen Bodengutachten bei der Einschätzung der geologischen und hydrologischen Bedingungen entlang der Tunneltrasse – mit Fotos, Vor-Ort- und Laboruntersuchungen, die Aufschluss über die Körnung und Bodenbeschaffenheit, die

Lage von Findlingen, Gesteinsarten und deren Härte, über das Grundwasser, Durchlässigkeit, Tonfeuchte etc. geben. Anhand der in einem Bodengutachten enthaltenen Informationen und der internationalen Standards für Bodenkonditionierung ist es möglich, eine relativ grobe Planung für geeignete Konditionierungsmaßnahmen zu erstellen. Durch weiterführende Gesprächen mit dem jeweiligen Chemikalienlieferanten kann man diese anfängliche Grobplanung weiter verfeinern. Es wird jedoch empfohlen, bei der Planung der Konditionierungsmaßnahmen noch einen Schritt weiter zu gehen und ein Baugrundlabor hinzuzuziehen.

Es gibt heute eine wachsende Zahl von Privat- und Universitätslabors, die fast alle Untersuchungen ausführen können, um einen Konditionierungsplan für ein bestimmtes EPB-Projekt zu erstellen. In der Regel vermischen sie die Baustellenproben (mit ihrem tatsächlichen Feuchtigkeitsgehalt) mit verschiedenen Schäumungsmitteln und Polymeren und testen die so behandelten Proben. Einer dieser Tests ist der „Slumptest“, wie er üblicherweise an Frischbeton durchgeführt wird, um dessen Verarbeitbarkeit zu bestimmen. Weitere Tests werden vorgenommen, um die Durchlässigkeit der Proben und somit die Fähigkeit des Materials zu prüfen, aus dem Bohrgut einen Dichtpropfen im Schne-



Eine EPM-TVM beim Test der Injektion

An EPB seen during its foam test in the shop

and maintain a smooth flow of muck through the cutterhead, thereby maintaining consistent earth pressure.

Over the decades the use and function of ground conditioning additives has broadened substantially. From providing a method to form a plug in the screw conveyor in coarse materials, ground conditioning additives now provide a method by which to increase the cohesiveness of material, reduce the adhesiveness of material, reduce the friction of material (i.e., reduce the torque on cutterheads and screw conveyors) and more. In order to establish a baseline for a proper ground conditioning regime on a given project, it is necessary to obtain and analyze an accurate geotechnical baseline report (GBR), and to perform laboratory testing on soil samples.

GBRs for most projects will define the geological and hydrological conditions anticipated along the tunnel alignment including photographs, in situ test results and laboratory test

results that identify particle size distributions, presence of boulders, rock types and strengths, ground water information, permeability, moisture content of clays, etc. With the GBR information and international guidelines on ground conditioning, one can form a very rough idea of the program that might be appropriate. Further consultation with the ground conditioning chemical supplier will result in a more well-defined initial ground conditioning plan. It is, however, recommended to take the ground conditioning planning a step further, to the laboratory.

Today there are a growing number of laboratories, in private companies and at universities, which can perform a variety of tests aimed specifically at defining a ground conditioning regime for an EPB project. Typically, these laboratories mix actual soil samples from the job site, at their in situ moisture content, with various foams and polymers and then test the treated samples. One such simple test is a slump test, such as is typically performed on wet concrete to determine its workability. Other tests include permeability testing of the sample to determine the probability of the material forming a plug in the screw conveyor. Still other lab tests include wear testing and even scale model screw conveyance of the material under pressure.

ckenförderer zu bilden. Mit anderen Untersuchungen wiederum werden die Verschleißfestigkeit und sogar der druckbeaufschlagte Bohrgutabtransport in einem maßstabsgerechten Modell des Schneckenförderers ermittelt.

### Konzeption von EPB-Maschinen für die Bodenkonditionierung

Die Erstellung eines optimalen Bodenkonditionierungsplanes für ein EPB-Projekt bedingt eine Zusammenarbeit zwischen der Baufirma und dem Lieferanten der Additive. Zwingende Voraussetzung ist, dass der Maschinenlieferanten das Bodenkonditionierungskonzept kennt und dass die für die Schäumungsmittel und Polymere geeigneten Komponenten, Luftkompressoren und Bentonitanlagen sowie geeignete Verteilersysteme und Injektionsdüsen am Bohrkopf, in der Abbaukammer und am Schneckenförderer vorgesehen werden. Die anhand der 40 EPB-Maschinen und Einzelfallberichte gewonnenen Erkenntnisse lassen Koordinationsbedarf erkennen, der bisher allzu oft übersehen oder vernachlässigt wurde. Zudem zeigen sie, dass mit einem geringen Aufwand bereits in der Konstruktionsphase einer

### Designing EPBs for Ground Conditioning

A properly designed EPB ground conditioning system requires input from the contractor and the additives supplier. It is imperative that the EPB manufacturer is aware of the ground conditioning plan and that appropriate foam generators, polymer plant, air compressors and bentonite systems are included, as well as proper distribution and injection points on the cutterhead, into the cutting chamber and into the screw conveyor. Results from the 40 EPBs reviewed and anecdotal evidence points to this being an area of coordination which is often overlooked or under emphasized and where a little effort early in the EPB design can result in vastly improved performance on the project.

Many design requirements must be considered and agreed upon by all parties, from logistics and handling of the materials to dosing units and the locations of injection nozzles. In general, it is best to inject all ground conditioning agents from the cutterhead because this provides the best possibility for the agents to flow with and become thoroughly mixed with the excavated material. However, there are times when it might be advantageous to inject conditioning agents into the mixing chamber. For example it is prudent to

## Lösungen für die Zukunft



Windenergie und Photovoltaik

Energieeffizienz

Wasserversorgung

Verkehrsinfrastruktur

Elektromobilität

... mit richtungsweisender Verbindungs- und Automatisierungstechnik.

Vorausschauend und begeistert schaffen wir elektrotechnische Produkte und Lösungen für die Welt von morgen.

Mehr Informationen unter Telefon 052 354 55 55 oder [www.phoenixcontact.ch](http://www.phoenixcontact.ch)



**bui** | Brünig Untertag Innovation

## Gipfeltreffen der Untertagbauer

1. Fachmesse bui – Brünig Untertag Innovation  
Donnerstag, 11. und Freitag, 12. September 2014  
im Brünig Park Lungern, Schweiz

Informationen zum Programm und Anmeldung für den bui-Treff unter [www.bui-expo.ch](http://www.bui-expo.ch)





Quelle/credit: Courtesy SFMTA

Zwei EPB-TVMs von Robbins führten Vortriebsarbeiten für das San Francisco Central Subway Projekt mit strengen Setzungsbegrenzungen von nur 13 mm aus  
 At the San Francisco Central Subway in California, USA, two Robbins EPBs excavated urban conditions with settlement limits as strict as 13 mm

EPB-Maschine ein erheblich höherer Vortrieb bei einem Projekt erzielt werden kann.

Viele Designkriterien müssen betrachtet und abgestimmt werden, von der Logistik und Handhabung des Bohrgutes bis zu den Dosierungssystemen und den Einspritzdüsen. Grundsätzlich sollten Chemikalien vom Bohrkopf aus eingespritzt werden, da sich Additive von hier aus am besten verteilen und mit dem Abbaumaterial vermengen können.

Es kann in bestimmten Situationen von Vorteil sein, das Konditionierungsmittel in die Mischkammer einzuleiten. So sollte zum Beispiel bei einem Maschinenstillstand Bentonit in die Mischkammer eingespritzt werden, da das Schäumungsmittel in sich zusammenfällt und es so zur Bildung einer Luftblase im oberen und einer Wasseransammlung im unteren Kammerteil kommt. Unter bestimmten Bedingungen kann es notwendig sein, Additive direkt in den Schneckenförderer einzuspritzen, um eine Dichtpfropfenbildung herbeizuführen oder die Reibung und das Drehmoment am Schneckenförderer zu verringern. Bei der Konzeption einer EPB-TVM für eine geplante Konditionierung muss Systemflexibilität und -redundanz im Mittelpunkt stehen. Bei einer optimal ausgelegten EPB-TVM können sämtliche Additive (Wasser, Schäumungsmittel, Polymere und Bentonit) in jeglicher Kombination angewandt werden und über eine Reihe von bohrkopfseitigen Einspritzstellen in die Mischkammer und den Schneckenförderer eingeleitet werden. Aufgrund der Risiken

inject bentonite during a machine stoppage because foam will collapse, eventually leaving an air bubble in the top of the chamber and water in the bottom. Under certain conditions it might be necessary to inject directly into the screw conveyor to form a plug, or to reduce friction and torque at the screw conveyor. When designing the EPB for ground conditioning, it is important that the systems be designed for flexibility and with redundancy. A properly designed EPB will offer the user opportunities to employ all of the conditioning agents (water, foam, polymers and bentonite) in any combination and at an array of injection points on the cutterhead, into the mixing chamber and into the screw conveyor. In addition, because of the danger and difficulty associated with repairs beyond the pressure bulkhead, distribution line redundancy is advisable.

### Conclusions

Based on these observations, some high-level guidelines can be developed to offer the highest probability of an EPB reaching the best possible performance in a mixed ground tunnel. Very early in the process, a detailed GBR analysis and laboratory testing are needed to form the basis of a ground conditioning regime. Early in the EPBM procurement/design phase, the contractor, chemical supplier and EPBM supplier should meet and discuss the results of the ground conditioning laboratory results. There should be consensus regarding the systems required on the EPB to properly inject the agreed upon chemicals into the proper locations on the EPB (e.g.,

und Schwierigkeiten, mit denen bei Reparaturen hinter dem Druckschott zu rechnen ist, empfiehlt sich auch die Integration redundanter Verteilungsleitungen.

### Fazit

Ausgehend von diesen Erkenntnissen lassen sich einige hilfreiche Vorgaben formulieren, als Voraussetzung dafür, dass eine EPB-TVM beste Vortriebswerte in Mischböden erzielen kann. Bereits in einem sehr frühen Projektstadium sollten ein detailliertes Bodengutachten und auch Labortests durchgeführt werden, um so die Grundlage für einen Bodenkonditionierungsplan zu schaffen. Ebenfalls zu einem sehr frühen Zeitpunkt des Einkaufs/der Konzeption der EPB-Maschine sollten der Tunnelbauer, der Additivhersteller und der TVM-Lieferant die Ergebnisse aus den Labortests besprechen. Die erforderlichen Systeme der EPB-TVM für die beste Art und Weise der Additivinjektion an den richtigen Punkten (am Bohrkopf, in der Druckwand der Mischkammer, am Schneckenförderer, usw.) sollten gemeinsam definiert werden. Eine Übereinkunft sollte erzielt werden bezüglich der Anforderungen an die Schaumanlagen und an die Konzentration der Additive. Darüber hinaus müssen die Verantwortlichen sicherstellen, dass die Auslegungsberechnungen für die TVM-Komponenten (zum Beispiel Luftkompressoren) den an der Ortsbrust erwarteten Druck berücksichtigen, unter dem die EPB-TVM eingesetzt werden wird.

Auf der Baustelle sollte auch die Möglichkeit bestehen, vor Ort die Wirkung der eingesetzten Additive zu testen, um so während des gesamten Tunnelvortriebs deren Einsatz zu optimieren und unnötige Stillstandzeiten zu vermeiden. Zu Beginn der Bohrarbeiten sollten Vertreter des Chemieunternehmens und des TVM-Herstellers auf der Baustelle präsent sein, um mit der Baufirma zusammenzuarbeiten mit dem Ziel, den Vortrieb unter Anpassung des Konditionierungsplanes zu optimieren. Diese Phase kann zusätzlich dazu verwendet werden, sicherzustellen, dass die Konditionierungstests vor Ort korrekt durchgeführt werden, und um das Personal entsprechend zu schulen.

Die Bodenkonditionierung, die sich als Haupteinflussfaktor auf die Vortriebsgeschwindigkeit erwiesen hat, stellt für Bauunternehmer, Additivhersteller und TVM-Produzenten die wichtigste Einflussgröße dar, den Bodenabbau zu beeinflussen. Das Baugrundkonditionierungskonzept, entwickelt auf Basis der Verhältnisse vor dem Bohrkopf, hat Auswirkungen auf das gesamte Vortriebskonzept, denn das Bohrgut muss durch die Maschine, aus dem Tunnel, an die Oberfläche und von der Baustelle transportiert werden. Das Konzept hat Auswirkungen auf jeden Teil des Projektes, von der Häufigkeit der notwendigen Werkzeugwechsel bis zur Anzahl der Grundreinigungen im Tunnel und an der Oberfläche, die aufgrund von Verunreinigungen mit Bohrgut notwendig sind. Bei Berücksichtigung dieses grundsätzlichen Einflusses der Konditionierungsmaßnahmen kommt man unweigerlich zu dem Schluss, dass eine enge Korrelation mit dem Vortriebsverhalten bestehen muss. Dieser allumfassende Einfluss in Kombination mit einer optimal konzipierten EPB-TVM macht einen guten Bo-

cutterhead, pressure bulkhead/mixing chamber, screw conveyor points, etc.). There should be agreement on foam generation plant specifications, additive concentrations, and it should be ensured that those calculations for the sizing of plants (e.g., air compressors) consider the likely face pressures under which the EPB will be working. The job site should additionally have the ability to do on-site testing of ground conditioning agents in order to make adjustments throughout the tunnel drive without undue downtime for the machine. At the start of boring, on the job site, there should be representatives from the chemical supplier and the EPB supplier to work with the contractor to make any adjustments to the ground conditioning regime to obtain optimal EPB performance. In addition, this time can be used to ensure that the ground conditioning testing that is done on site is done properly, including the training of personnel.

Ground conditioning, as the main factor explored here affecting advance rate, is the first line of influence for the contractor/additive supplier/equipment supplier to influence how material is excavated. The ground conditioning plan, implemented in front of the cutterhead, impacts the entire operation as the material must flow through the machine, out the heading, over the surface and off the site. It affects every part of the job from the number of tool changes required to the amount of cleanup in the heading and on the surface due to spillage. When this global impact of ground conditioning is taken into account, it makes good sense that advance rates are closely correlated. It is this overarching influence that makes a good ground conditioning plan, in combination with a properly designed EPB, one of the most powerful tools available in achieving good project success.

ELA Container GmbH, Zeppelinstraße 19–21, 49733 Haren (Ems)  
Tel +49 5932/506-0 Fax +49 5932/506-10  
info@container.de www.container.de



**ela[container]**

denkonditionierungsplan zu einem der wichtigsten Instrumente zur erfolgreichen Umsetzung eines Projektes.

### Bodenkonditionierung in der Praxis: Das Projekt Central Subway in San Francisco

Das Projekt Central Subway ist Teil des Projekts Third Street Light Rail Transit der San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA). Phase 1 des zweistufigen Projekts mit einer Länge von 10,9 km wurde im April 2007 entlang des Third-Street-Korridors mit regulärem Fahrgastbetrieb abgeschlossen, womit erstmals nach 50 Jahren wieder eine Stadtbahnverbindung zu einem durch hohes Transitaufkommen geprägten Stadtteil in San Francisco angeboten wurde.

Nach Fertigstellung der Phase 2 wird die 2,7 km lange Linie Central Subway, die unter der Stadt in einer Tiefe zwischen 15 m und 45 m ausgebaut wird, das Stadtbahnangebot über die Stadtbezirke South of Market und Union Square bis nach Chinatown erweitern und auch eine direkte Anbindung zum Streckennetz der BART und Caltrain, zwei der größten Schienennahverkehrsunternehmen der Metropolregion, ermöglichen. Die Central-Subway-Linie soll 2018 in Betrieb gehen. Man geht davon aus, dass diese neue U-Bahn-Verbindung bis 2030 täglich rund 65 000 Fahrgäste befördern wird.

Robbins baute für das Barnard/Impregilo/Healy Joint Venture (BIH JV) zwei EPB-TVMs mit einem Durchmesser von je 6,3 m für dieses jüngste Bahnvorhaben in der Stadt. Beide TVMs wurden so konzipiert, dass sie uneingeschränkten Vortrieb auch entlang enger Kurven mit Radien von 140 m erlauben.

Für den Vortrieb durch den zu erwartenden Baugrund aus Weichformationen bis hin zu dünnbankigem Schluffstein, Schiefergestein und Sandsteinschichten sowie Betonschlitzwände wurden Bohrköpfe für Mischbestückung gewählt. Die Verschleißfläche der Bohrköpfe wurden mit einer Kombination aus Chromcarbidbeschichtung, einer Aufpanzerung sowie Wolframcarbidbits gegen die Auswirkungen der abrasiven Geologien verkleidet. 40 eigens konzipierte Werkzeughalter ermöglichen die Bestückung entweder mit Rollenmeißeln oder Weichgesteinswerkzeugen. Das großzügig dimensionierte Öffnungsverhältnis von 31 % erlaubt effizienten und kontrollierbaren Bohrgutfluss durch den Bohrkopf. Korngrößenbegrenzer (Grizzly Bars) wurden integriert, um Felsblöcke, die zu groß für den Schneckenförderer sind, bereits vor der Mischkammer auszusortieren. Die Bohrköpfe sind mit fünf Schaumdüsen und zwei Wasserdüsen für die Baugrundkonditionierung versehen sowie mit steuerbaren Überschneidern, um zusätzlichen Überschneid für die Fahrt durch enge Kurven zu generieren.

### Tunnelvortrieb

Nachdem die TVMs in Betrieb genommen wurden, begannen die Vorarbeiten für die Unterquerung von in Betrieb stehenden Gleissträngen. Der kleinste Abstand zwischen dem Profil der Central Subway und der Sohle des am nächsten gelegenen Gleisstrangs wurde mit 19,8 m definiert. Erbaut in den Jahren 1967 bis 1970



Quelle/credit: Courtesy SFMTA

Durch genaueste Observation des Drucks an der Ortsbrust und den Einsatz einer Mischung aus Schaum und Bentonit war die die Baufirma in der Lage, eine schwierige Unterfahrung von nur 3,4 m unterhalb von Bahngleisen zu meistern

By keeping a close watch on face pressure and using a mix of foam and bentonite, the contractor was able to excavate a critical crossing just 3.4 m below live rail tracks

### Ground Conditioning in Practice: San Francisco Central Subway


The Central Subway is part of the San Francisco Municipal Transportation Agency's (SFMTA) Third Street Light Rail Transit Project. Phase 1 of the 10.9 km, two-phase project began revenue service along the Third Street corridor in April 2007, restoring light rail service to a high transit ridership area of San Francisco for the first time in 50 years. When Phase 2 is complete, the 2.7 km Central Subway line, excavated at depths ranging from 15 m to 45 m below the city, will extend light rail service through the South of Market and Union Square Districts to Chinatown, as well as provide direct connections to BART and Caltrain, two of the Bay Area's largest regional commuter rail services. The Central Subway is scheduled to open to the public in 2018. It is estimated that the new subway will serve about 65 000 passengers daily by 2030.

Robbins provided two 6.3 m diameter EPBs to the Barnard/Impregilo/Healy Joint Venture (BIH JV) for the city's newest rail route. Both machines were designed to enable smooth excavation around tight turns down to 140 m in radius. Mixed face cutterheads were selected and designed to excavate the anticipated wide variety of ground ranging from soft soils to thinly bedded siltstone, shale and

als Teil des Bay Area Rapid Transit (BART) Projektes und ausgekleidet mit Liner Plates aus Stahl, werden diese vier Tunnel mit einem Durchmesser von 5,3 m von BART und der SFMTA genutzt; sie sind das Rückgrat des unterirdischen Verkehrsnetzes in San Francisco. Die Tunnel der Linie Central Subway werden im rechten Winkel zu den darunter verlaufenden BART-Tunnels gebaut. Das Planungsunternehmen PB/Telamon JV führte umfangreiche numerische Simulationen mit 3D-Modellen durch, um so das Bodenverhalten und die Statik entlang der BART-Kreuzung zu ermitteln. Die Ergebnisse zeigten, dass diese Unterquerungen mit optimal ausgelegten EPB-TVMs effizient und sicher durchgeführt werden können. Als zusätzliche konstruktive Sicherheitsmaßnahme gegen Absenkungen wurden über einen benachbarten Schacht Baugrundinjektionen zwischen den Tunneln der Central Subway und der BART eingebracht.

Die Planung sah vor, den Vortrieb unter den BART-Tunneln bei Nacht außerhalb der Hauptverkehrszeit und vorzugsweise an einem Wochenende oder nach 21 Uhr an einem Freitag durchzuführen. Wie so oft bei Bauvorhaben, kam es anders, denn die erste TVM, die den Tunnel in südlicher Richtung vortrieb, erreichte diesen Abschnitt einen Tag vor dem wichtigsten amerikanischen Feiertag, dem Erntedankfest. Das bedeutete, dass die Maschinen die BART-Tunnel am Black Friday, dem Tag in den USA, an dem die meisten Menschen einkaufen gehen, queren mussten. Dank äußerst vorsichtiger Abbauarbeiten wurden nur minimale Absenkungen gemessen, sodass Zusatzinjektionen nicht notwendig wurden.

Die zweite, die Nordtunnel vorarbeitende TVM querte im Februar 2014 mit gleichermaßen überzeugenden Ergebnissen. Das Bauunternehmen behielt ständig den Druck an der Ortsbrust im Auge und setzte zur Bodenkonditionierung eine Mischung aus Schäumungsmittel und Bentonit ein. Die Schüttgut- und Dickstoffmengen wurden über mehrere Messsysteme genau überwacht. Mit Bandwaagen wurde der Bohrgutaustrag gemessen und verglichen mit radarunterstützten Volumenmessungen des Aushubes, Messungen des Druckes an der Ortsbrust und der Hinterfüllmenge im Ringspalt. Auch bei der zweiten und letzten Unterquerung der BART-Tunnels waren keine Zusatzinjektionen notwendig.


Seit ihrer Inbetriebnahme haben die EPB-TVMs beim Ausbau der Central-Subway beachliche Vortriebsleistung geliefert: bis zu 27 m in einer 12-Stunden-Schicht. Die erste TVM bohrte in einem Monat 378 m Tunnelstrecke bei durchschnittlich 18 m Leistung pro Tag. Die zweite Maschine konnte die erste TVM mit einer Monatsleistung von 513 m und einem durchschnittliche Vortrieb von 20.5 m am Tag noch übertreffen. Der Durchstich dieser zweiten TVM wird Ende Juni oder Anfang Juli 2014 erwartet. 

sandstone bedrock, as well as concrete diaphragm walls. The wear surfaces of the cutterheads are clad in a combination of chromium carbide plating, hard facing, and tungsten carbide bits to ensure the life of the heads in the abrasive environment. 40 specially designed housings have the ability to mount either disc cutter or soft ground tools. The ample opening ratio is 31 % to allow efficient and controlled muck flow through the heads. Grizzly bars are also incorporated to prevent boulders that are too large to pass through the screw conveyor from entering the mixing chamber. The cutterheads feature five foam and two water injection ports for soil conditioning as well as programmable copy cutters to create additional overcut in order to negotiate tight turns.

### Tunnel Excavation

Once the TBMs were launched, preparations began for a complex crossing below live rail tracks. The lowest elevation of the Central Subway profile is controlled by the assumed vertical clearance to the 19.8 m deep invert of the lower pair of live rail tunnels. Constructed between 1967 and 1970 as part of the Bay Area Rapid Transit (BART) project, the four 5.3 m diameter steel-plate lined tunnels are used by BART and SFMTA's Municipal Metro subway systems and together serve as the main underground transit backbone for San Francisco. The Central Subway tunnels are being constructed perpendicular beneath the existing BART tunnels. Designer PB/Telamon JV performed extensive numerical and 3D modeling to estimate the ground and structural behavior of the BART crossing. Results indicated that properly operated EPB machines could effectively excavate the crossing without disturbing the rail lines. As an added measure of protection against settlements the design included a radial array of compensation grout pipes placed between the Central Subway and BART tunnels from an adjacent shaft.

The hope was to cross under the BART tunnels at night during a low usage time, preferably on a weekend or after 9 PM on a Friday. But, as with so many things in construction, the first TBM driving the southbound tunnel arrived at a different time than planned – the day before the U.S. holiday of Thanksgiving. This meant the machines had to cross under BART on Black Friday, the busiest shopping day of the year. With careful excavation, minimal settlements were measured, and no compensation grouting was needed.

The second machine excavating the northbound tunnel completed its crossing in February 2014, with equally successful results. The contractor kept a close watch on face pressure, using a mix of foam for conditioning with some bentonite. Backfill and muck volume were closely monitored in a number of ways. Belt scales measured muck weight, which was compared with radar readings of the volume, face pressure and annular grouting volumes. Compensation grout injection was again not needed for the second and final BART crossing. Since their launch, the EPBs at the Central Subway have excavated incredibly well – as much as 27 m in one 12-hour shift. The first TBM has excavated up to 378 m in one month at an average of 18 m per day. The second TBM has fared even better, turning in a best month of 513 m, with a 20.5 m daily average. The second machine is expected to break through in late June or early July. 

### Projekt- und Forschungsberichte

## Geotechnik-Kolloquium Darmstadt

Das 21. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium befasste sich Ende März 2014 in 18 Beiträgen mit den Themen Monitoring und Prozessautomatisierung, Baugrundverbesserungstechniken, innerstädtisches Bauen/Bauen im Bestand und Rechtsfragen in der Geotechnik/Schadensfälle.


### Bohrpfahl-Großversuch

Dr.-Ing. Stefan Wachter und Dipl.-Ing. Matthias Gerber, B+S AG, Bern, behandelten die Ausführung eines in-situ Großversuchs an Bohrpfählen zur Untersuchung ihrer Eignung im Vorfeld eines Tagbautunnelprojekts. Die Erschütterungsmessungen zeigten, dass das Herstellen von Bohrpfählen als erschütterungsarm eingestuft werden kann. Betonuntersuchungen bestätigten die Beständigkeit der Betoneigenschaften (AAR); andernfalls hätte eine andere Betonzusammensetzung entwickelt werden müssen. Die Kosten für die Versuchspfähle betragen 0,4 % der Gesamtbausumme. Zusatzkosten fielen nur für Planung und Bauleitung an, da die Pfähle in das Bauwerk einbezogen wurden.

### Tunnel Kopenhagen und Helsinki

Bau und Monitoring von Infrastrukturmaßnahmen wurden am Beispiel des Tunnels Nordhavnsvej Kopenhagen erläutert. Bei diesem dänischen Großprojekt (280 Millionen Euro) soll ein 1650 m langer Straßentunnel in offener Bauweise in bis zu 22,5 m Tiefe mit Querung anderer Verkehrswege einen innerstädtischen Stadtteil mit der Autobahn bis 2015 verbinden. Die Ausschreibung sah als ein umfangreiches Monitoringsystem (IRIS) vor. Berichtet wurde über die installierte Messtechnik an Gebäuden und Baugrubenwänden (2500 Messpunkte), die Speicherung der Messdaten für die verschiedenen Bauphasen, die kontinuierliche Überwachung aller Bauprozesse und Überwachung der einzelnen Bauphasen hinsichtlich Risikomanagement und Bauprozessoptimierung. Im Themenblock über innerstädtisches Bauen wurde über die Sanierung eines rund 8 km langen, zweiröhrigen Eisenbahntunnels berichtet, mit Querschlägen alle 200 m und einer unterirdischen Station mit Zugangsstollen, erstellt im Sprengvortrieb unterhalb des Flughafens Helsinki. Etwa 500 m Tunnelstrecke sowie die Verbindungsstollen werden aufgrund des Zutritts von glycolhaltigem Bergwasser mit Spritzbeton versiegelt, mit Kunststofffolien abgedichtet und mit Ortbeton/Fertigteilen ausgekleidet.

### Tagungsband

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach 2014, 252 Seiten, DIN A4, mit 162 Abb./Tab. und 114 Quellen, gebunden, ISBN 978-3-942068-08-06, ISSN 1436-6320. EUR 53,50 – Mitteilung des Instituts und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt, Heft 93. G.B. 

### Project and Research Reports

## Darmstadt Geotechnics Colloquium

The 21<sup>st</sup> Darmstadt Geotechnics Colloquium at the end of March 2014 dealt with the topics monitoring and process automation, ground improvement technologies, urban construction/redevelopment and legal issues in geotechnics/cases of damage in a total of 18 papers.


### Major Trial using drilled Piles

Dr.-Ing Stefan Wachter and Dipl.-Ing. Matthias Gerber, B+S AG, Berne, dealt with the execution of an in situ major trial using drilled piles to examine their suitability in advance of a cut-and-cover tunnel project. The vibration measurements revealed that the production of drilled piles can be classified as low-vibration. Concrete tests confirmed the strength of the concrete properties (AAR); otherwise a different concrete composition would have had to be developed. The costs for the test piles amounted to 0.4 % of the total amount of construction costs. Additional costs were only incurred for planning and construction management as the piles were included in the structure.

### Copenhagen and Helsinki Tunnels

Construction and monitoring of infrastructure measures were dealt with taking the example of the Copenhagen Nordhavnsvej Tunnel. In the case of this Danish major project (280 million Euro) a 1650 m long road tunnel produced by cut-and-cover is intended to link an inner-urban part of town with the motorway at a depth of up to 22.5 m and crossing other transport arteries by 2015. The tender called for an extensive monitoring system (IRIS). The report also related to the measuring technology installed on buildings and construction trench walls (2500 measuring points), storing the measurement data for the various construction phases, continuous monitoring of all construction processes and supervising the individual construction phases in terms of risk management and optimizing construction processes. The block of topics relating to urban construction included the redevelopment of a roughly 8 km long, two-bore rail tunnel with cross-passages every 200 m and an underground station with access tunnels, created by drill and blast below Helsinki Airport. Some 500 m of tunnel as well as the connecting tunnels are waterproofed with shotcrete, sealed with plastic membrane and lined with in situ concrete/precast parts owing to ingressing underground water containing glycol.

### Proceedings

Edited by: Prof. Rolf Katzenbach 2014, 252 pp., DIN A4, with 162 Ill./Tab. and 114 Sources, bound, ISBN 978-3-942068-08-06, ISSN 1436-6320, 53.50 Euro – presented by the Institute and Laboratory of Geotechnics at the Technical University of Darmstadt, Issue 93. G.B. 



### 1. Fachmesse bui – Brünig Untertag Innovation

Brünig Park, Lungern, Schweiz  
11.-12.09.2014  
Fachmesse bui  
Tel.: +41 41/679 77-99  
Fax: +41 41/679 77-75  
bui@bruenigpark.ch  
www.bui-expo.ch

### 15<sup>th</sup> Australasian Tunnelling Conference 2014

*Underground Space – Solutions for the Future*  
Sydney, Australia  
17.-19.09.2014  
AusIMM – Australian Institute of Mining & Metallurgy  
Belinda Martin  
Tel.: +61 3 9658 6125  
www.ausimm.com.au  
www.atstunnellingconference2014.com

### InnoTrans 2014

*Railway Technology, Railway Infrastructure, Interiors, Public Transport und Tunnel Construction*  
Messe Berlin, Germany  
23.-26.09.2014  
Kontakt/Contact:  
Tel.: +49 30/3038-2376  
Fax: +49 30/3038-2190  
innotrans@messe-berlin.de  
www.innotrans.de

### 63. Geomechanik Kolloquium

Salzburg Congress, Salzburg, Austria  
09.-10.10.2014  
+ *Österreichischer Tunneltag 2014*  
08.10.2014  
Kontakt/Contact:  
Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG)  
Tel.: +43 662/87 55 19  
Fax: +43 662/88 67 48  
salzburg@oegg.at  
www.oegg.at

### Seminar Tunnel-sanierung

*TAE – Technische Akademie Esslingen*  
Ostfildern-Nellingen, Germany  
Leitung: Dipl.-Ing Christian Spang  
20.10.2014  
Tel.: +49 711/34008-23  
Fax: +49 711/34008-27  
anmeldung@tae.de  
www.tae.de

### econstra

*Fachmesse für Ingenieurbau (+ Kongress Ingenieurbautage)*  
Messe Freiburg, Germany  
22.-23.10.2014  
Tel.: +49 761/3881-02  
Fax: +49 761/3881-3006  
info@messe.freiburg.de  
www.econstra.de

### Vancouver TAC 2014

*Tunnelling in a Resource Driven World (+ ITA Nordic Forum)*  
Sheraton Wall Centre Hotel, Vancouver, Canada  
27.-28.10.2014  
Tel.: +1 604 241 1297  
info@tac2014.ca  
register@tac2014.ca  
www.tac2014.ca

### 2nd Expo Tunnel

BolognaFiere, Italy  
23.-25.10.2014  
Kontakt/Contact: Conference Service srl  
Tel.: +39 051/429831-1  
Fax: +39 051/429831-2  
www.conferenceservice.net  
info@expotunnel.it  
www.expotunnel.it

### Mena Railway

*Middle East North Africa International Exhibition & Conference*  
CICC, Cairo, Egypt  
18.-21.01.2015  
Tel.: +202 24 55 11 77  
Fax: +202 24 55 11 88  
info@pyramidsfaireg.com  
www.pyramidsfaireg.com  
www.railwaymena.com

### Tunnelling Asia 2015

*Underground Space Development for a Better Environment*  
India Habitat Centre, New Delhi, India  
18.-20.02.2015  
Kontakt/Contact:  
Central Board of Irrigation & Power  
Tel.: +91 11 2611 5984  
Fax: +91 11 2611 6347  
cbip@cbip.org  
www.cbip.org

Segment clamp



Maschinen  
und Stahlbau



Dresden  
Branch of Herrenknecht AG

Specialist for tunnelling  
equipment and logistic systems

www.msd-dresden.de | info@msd-dresden.de

Steel segments



## Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	36
AGRU Kunststofftechnik GmbH, Bad Hall/A	www.agru.at	03
ARGE Alaufstieg, Boll/D	www.alaufstieg-aichelberg.de	19
BASF Construction Chemical Europe AG, Zürich/CH	www.ugc.basf.com	U4
Belloli SA, Grono/CH	www.belloli.ch	05
Brugg Contec AG, Romanshorn/CH	www.bruggcontec.com	49
bui Brüning Untertag Innovation, Lungern/CH	www.bui-expo.ch	57
Desoi GmbH, Kalbach/D	www.desoi.de	53
EAB Elektroanlagenbau, Reinhausen/D	www.eabreinhausen.de	17
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	59
Flexco Europe GmbH, Rosenfeld/D	www.anker-flexco.com	53
Gipo AG, Seedorf/CH	www.gipo.ch	25
Häny AG, Jona/CH	www.haeny.com	13
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D	www.hoelscher-wasserbau.de	41
Implenia Bau AG, Aarau/CH	www.implenia.com	35

Advertisers	Internet	Page
Ingenieurgesellschaft ZALO, Esslingen/CH	www.baslerhofmann.ch	39
InnoTrans, Berlin/D	www.innotrans.de	09
IUB Engineering AG, Bern/CH	www.iub-ag.ch	23
Jäger Bau GmbH, Schruns/A	www.jaegerbau.com	37
Marti Technik AG, Moosseedorf/CH	www.martitechnik.ch	27
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	63
Peri GmbH, Weißenhorn/D	www.peri.com	29
Phoenix Contact AG, Tagelswangen/CH	www.phoenixcontact.ch	57
Rascor International AG, Steinmaur/CH	www.rascor.com	45
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	43
Schauenburg Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Mülheim an der Ruhr/D	www.schauenburg-mab.com	47
Sika AG, Zürich/CH	www.sika.com	11
Sika Schweiz AG, Aliva Equipment, Widen/CH	www.aliva-equipment.com	31
STRABAG AG, Tunnelbau Schweiz, Erstfeld/CH	www.strabag.ch	07
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	41
The Robbins Company, Kent/USA	www.TheRobbinsCompany.com	15

### bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

**tunnel** 33. Jahrgang / 33<sup>rd</sup> Year  
www.tunnel-online.info

Internationale Fachzeitschrift für unterirdisches Bauen  
International Journal for Subsurface Construction  
ISSN 0722-6241  
Offizielles Organ der STUVA, Köln  
Official Journal of the STUVA, Cologne

Bauverlag BV GmbH  
Avenwedder Straße 55  
Postfach/P.O. Box 120, 33311 Gütersloh  
Deutschland/Germany

**Chefredakteur / Editor in Chief:**  
Eugen Schmitz  
E-Mail: eugen.schmitz@bauverlag.de

**Verantwortlicher Redakteur / Responsible Editor:**  
Marvin Klostermeier  
Phone: +49 5241 80-88730  
E-Mail: marvin.klostermeier@bauverlag.de

**Redaktionsbüro / Editors Office:**  
Ursula Landwehr  
Phone: +49 5241 80-1943  
E-Mail: ursula.landwehr@bauverlag.de  
Gaby Porten  
Phone: +49 5241 80-2162  
E-Mail: gaby.porten@bauverlag.de

**Layout:**  
Nicole Bischof  
E-Mail: nicole.bischof@bauverlag.de

**Anzeigenleiter / Advertisement Manager:**  
Erdal Top  
Phone: +49 5241 80-2179  
E-Mail: erdal.top@bauverlag.de  
(verantwortlich für den Anzeigenteil/  
responsible for advertisement)  
Rita Srowig  
Phone: +49 5241 80-2401  
E-Mail: rita.srowig@bauverlag.de  
Fax: +49 5241 80-62401  
Maria Schröder  
Phone: +49 5241 80-2386  
E-Mail: maria.schroeder@bauverlag.de  
Fax: +49 5241 80-62386

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 32 vom 1.10.2013  
Advertisement Price List No. 32 dated 1.10.2013 is currently valid

#### Auslandsvertretungen / Representatives:

Frankreich/France:  
16, rue Saint Ambroise, F-75011 Paris  
International Media Press & Marketing,  
Marc Jouanny  
Phone: +33 (1) 43553397,  
Fax: +33 (1) 43556183,  
Mobil: +33 (6) 0897 5057,  
E-Mail: marc-jouanny@wanadoo.fr

Italien/Italy:  
Vittorio Camillo Garofalo  
ComediA di Garofalo, Piazza Matteotti, 17/5,  
I-16043 Chiavari  
Phone: +39-0185-590143,  
Mobil: +39-335 346932,  
E-Mail: vittorio@comediasrl.it  
USA/Canada:  
Detlef Fox, D. A. Fox Advertising Sales, Inc.  
5 Penn Plaza, 19<sup>th</sup> Floor, New York, NY 10001  
Phone: 001-212-896-3881,  
Fax: 001-212-629-3988,  
E-Mail: detleffox@comcast.net

**Geschäftsführer / Managing Director:**  
Karl-Heinz Müller  
Phone: +49 5241 80-2476

**Verlagsleiter Anzeigen und Vertrieb / Director Advertisement Sales:**  
Dipl.-Kfm. Reinhard Brummel  
Phone: +49 5241 80-2513

**Herstellungsleiter / Production Director**  
Olaf Wendenburg  
Phone: +49 5241 80-2186

**Abonnentenbetreuung & Leserservice / Subscription Department:**  
Abonnements können direkt beim Verlag oder bei jeder Buchhandlung bestellt werden.  
Subscriptions can be ordered directly from the publisher or at any bookshop.

Bauverlag BV GmbH  
Postfach/P.O. Box 120, 33311 Gütersloh  
Deutschland/Germany  
Phone: +49 5241 80-90884  
E-Mail: leserservice@bauverlag.de  
Fax: +49 5241 80-690880

**Marketing & Vertrieb / Subscription and Marketing Manager:**  
Michael Osterkamp  
Phone: +49 5241 80-2167  
Fax: +49 5241 80-62167

#### Bezugspreise und -zeit / Subscription rates and period:

Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr/  
Tunnel is published with 8 issues per year.  
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten)/  
Annual subscription (including postage):  
**Inland / Germany** € 161,00  
**Studenten / Students** € 97,00  
**Ausland / Other Countries** € 171,00  
**Einzelheft / Single Issue** € 26,00  
(inklusive Versandkosten / including postage)  
**eMagazine** € 98,50

**Mitgliedspreis STUVA / Price for STUVA members**  
Inland / Germany € 121,00  
Ausland / Other Countries € 129,00

**Kombinations-Abonnement Tunnel und THIS**  
jährlich inkl. Versandkosten:  
€ 212,20 (Ausland: € 218,80)

**Combined subscription for Tunnel + THIS including postage:**  
€ 212,20 (outside Germany: € 218,80).

(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag/with surcharge for delivery by air mail)  
Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlängert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von drei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums gekündigt wird. The subscription is initially valid for one year and will renew itself automatically if it is not cancelled in writing not later than three months before the end of the subscription period.

#### Veröffentlichungen:

Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das alleinige Veröffentlichungs- und Verarbeitungsrecht des Verlages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die Rubrik „STUVA-Nachrichten“ liegt in der Verantwortung der STUVA. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichnete Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

#### Publications:

Under the provisions of the law the publishers acquire the sole publication and processing rights to articles and illustrations accepted for printing. Revisions and abridgements are at the discretion of the publishers. The publishers and the editors accept no responsibility for unsolicited manuscripts. The column "STUVA-News" lies in the responsibility of the STUVA. The author assumes the responsibility for the content of articles identified with the author's name. Honoraria for publications shall only be paid to the holder of the rights. The journal and all articles and illustrations contained in it are subject to copyright. With the exception of the cases permitted by law, exploitation or duplication without the content of the publishers is liable to punishment. This also applies for recording and transmission in the form of data. The general terms and conditions of the Bauverlag are to be found in full at www.bauverlag.de

**Druck/Printers:**  
Merkur Druck, D-32758 Detmold

Kontrolle der Auflagenhöhe erfolgt durch die Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern (IVW) Printed in Germany  
**H7758**



# tunnel eMagazine



## TO ORDER

CALL US

+49 5241 80-90884

OR SEND US AN EMAIL

[customer-service@bauverlag.de](mailto:customer-service@bauverlag.de)

Subscribe  
**NOW!**

# tunnel

Official Journal of the STUVA

SAFE, EFFICIENT, RELIABLE, DURABLE, PERFORMING  
SUSTAINABLE, ECONOMICAL, GROUND SUPPORTING  
GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING, DESIGN  
OPTIMIZING, FLEXIBLE, STRONG, WORKABLE, LOW  
REBOUND, WATER STOPPING, GROUND SUPPORTING  
SAFE, PERFORMING, EFFICIENT, STRONG, WORKABLE  
RELIABLE, FLEXIBLE, DESIGN OPTIMIZING, DURABLE  
ECONOMICAL, GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING  
SUSTAINABLE, FLEXIBLE, DESIGN OPTIMIZING, LOW  
REBOUND, WATER STOPPING, GROUND SUPPORTING  
ECONOMICAL, GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING



## I NEED SAFE AND EFFICIENT TUNNELING.

Safety and performance are BASF's first priorities in tunneling. This calls for specialized engineering support, application know-how and state of the art chemistry. BASF can fulfill your needs with its Master Builders Solutions. Whether you are looking for ground support & consolidation, an efficient TBM or waterproofing, our leading global expertise in sprayed concrete, injection, mechanized tunneling solutions and membrane technology will help you build your tunnel safely and economically.

For more information please visit [www.ugc.basf.com](http://www.ugc.basf.com)

 **BASF**

The Chemical Company