

www.tunnel-online.info

# tunnel

**3**  
May

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

**2014**

How clogged Material can obstruct Shield Drives 10  
Training Tactics for Combating Tunnel Fires 26  
Conference Report: BrennerCongress 2014 40



**bau || || verlag**

Wir geben Ideen Raum



## full package

Extension of **São Paulo's metro**: Herrenknecht delivers three new and remanufactures a fourth EPB Shield. Group partners provided navigation systems, segment moulds and logistics systems.

## tailored

Extras: articulation joint for narrow curves, adaptable cutting wheel for **loose soil and hard rock**.

## top choice

Megacities like São Paulo, Guangzhou and New York rely on Herrenknecht tunnelling technology. Approved in more than **459 metro projects worldwide**.

Pioneering Underground Technologies

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



# tunnel 3/14

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



Venezuela: Spritzbetonauftrag im Baralt Tunnel in Caracas. Der 2,8 km lange Verkehrstunnel muss einer enormen tektonischen Beanspruchung standhalten

Venezuela: Shotcrete application in the Baralt Tunnel in Caracas. The 2.8 km long traffic tunnel has to withstand a strong tectonization of the mountain it is drilled into (Seite/page 20)

Quelle/credit:  
Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A.

## Title

Abdichtende Felsinjektion mit Acrylat gegen Wassereintritte im Udalaiz-Tunnel in Mondragon, Spanien

Sealing rock injection with acrylate against ingressing water in the Udalaiz Tunnel in Mondragon, Spain

Quelle/credit: Rascor International AG

## Ein Wort zum Thema... / On the Topic of ...

<b>Tübbingproduktion 3.0: Fit für die Zukunft</b>	<b>2</b>
Segment Production 3.0: fit for the Future	
Dipl.-Ing. Stefan Medel	

## Nachrichten / News

4

## Hauptbeiträge / Main Articles

<b>Einflüsse von Verklebungen auf die Materialförderung bei Schildvortrieben</b>	<b>10</b>
Influence of Clogging on the Muck Transport in Shield Machines	
Dipl.-Geol. Fritz Hollmann, Prof. Dr.-Ing Markus Thewes, Dr. Dipl.-Geol. Markus Weh	

<b>Baralt Tunnel Venezuela: Absicherung gegen tektonische Aktivität</b>	<b>20</b>
Baralt Tunnel Venezuela: Protection against tectonic Activity	
Mauro Nogarin	

<b>Einsatzvorbereitung für den Tunnelbrand</b>	<b>26</b>
Specific Tactics for Combating Tunnel Fires	
MSc. Urs Kummer	

## STUVA-Nachrichten / STUVA News

32

## Fachtagungen / Conferences

<b>Formwork Days – Innovationen und Stand der Technik beim Tübbingausbau</b>	<b>36</b>
Formwork Days – Innovations and State of the Art in Segment Lining	

<b>BrennerCongress 2014 – Projektentwicklung im Infrastrukturbau</b>	<b>40</b>
BrennerCongress 2014 – Project Development in Infrastructure Construction	

## Neue Produkte / New Products

<b>Einfache Graffiti-Entfernung</b>	<b>46</b>
Easy Graffiti Removal	

## Informationen / Information

<b>Veranstaltungen / Events</b>	<b>47</b>
<b>Inserentenverzeichnis / Advertising list</b>	<b>48</b>
<b>Impressum / Imprint</b>	<b>48</b>

### Schalungstechnik

## Tübbingproduktion 3.0: Fit für die Zukunft

Der maschinelle Tunnelvortrieb als Hightech-Sektor entwickelt auch im Bereich der Schalungstechnik und im Tunnelausbau kontinuierlich hochwertigere und technisch wegweisende Methoden. Die hohen Anforderungen an Tunnelbauwerke und die immer komplexer werdenden Baustellenbedingungen treiben die Entwicklungen der Tübbingfertigung voran. Dabei geht es nicht nur um technische Innovationen. Punkten können die Hersteller von Tübbing-Produktionsequipment vor allem durch maßgeschneiderte oder auch schlüsselfertige Lösungen.

### Markttrends im Schalungsbau

Um für den Kunden ein integriertes System optimal zu planen, braucht es einen Blick über den Teller- rand: neben dem eigenen Liefer- und Leistungs- programm müssen die Hersteller von Tübbing- Produktionsequipment einen Überblick über die gesamte Branche haben. Nur dann finden innovative Entwicklungen ihren Weg in den Tunnel. Guiding Rods, Verbindungsdübel und Universalringe sind Beispiele verschiedener design-, material- und produktbezogener Neuerungen, die vor wenigen Jahren erstmals vereinzelt eingesetzt wurden und heute weit verbreitet sind. Bei Projekten mit moderaten Biege- und Zugbeanspruchungen setzt sich die Verwendung von faserbewehrtem Beton immer mehr durch. Moderne Datenmanagementsysteme, mit deren Hilfe sämtliche Tätigkeiten und Abläufe auf der Baustelle überwacht, gesteuert und optimiert werden, bieten großes Potenzial zur Prozessoptimierung.

### Stand- oder Umlauffertigung – eine projektspezifische Frage

Monate vor dem Fertigen des ersten Tübbings wird von den Projektbeteiligten die passende Produktionsmethode eruiert. Aufgrund der steigenden Anforderungen hinsichtlich Präzision und Effizienz haben sich zwei Produktionsarten etabliert: Standfertigung und Umlauffertigung. Entscheidend für die Wahl der Produktionsart ist eine Vielzahl von Parametern. Die Umlaufanlage ist sinnvoll bei hohen Personalkosten, längeren Produktionszeiten, beengten Platzverhältnissen oder einem möglichen Wiedereinsatz des Equipments. Der Produktionsausstoß hängt stark von den Rahmenbedingungen ab. Schalungen in Umlaufanlagen werden durchschnittlich 2 - 2,5 Mal pro Tag eingesetzt; in der Standfertigung liegt der Durchschnitt bei 2 Belegungen pro Tag, wobei unter günstigen Bedingungen jedoch schon bis zu 3,25 Zyklen erreicht werden konnten. Die richtige Wahl der Produktionsmethode nach einer gründlichen Untersuchung und Auswertung der Projektsituation legt den Grundstein für eine zuverlässige und wirtschaftliche Tübbingproduktion.



Dipl.-Ing. Stefan Medel ist Geschäftsführer der Herrenknecht Formwork Technology GmbH in Schwanau, Deutschland

Dipl.-Ing. Stefan Medel is Managing Director of the Herrenknecht Formwork Technology GmbH in Schwanau, Germany

### Formwork Production

## Segment Production 3.0: fit for the Future

The development of tunnel boring machines is an industrial high-tech sector that also stimulates high quality and even groundbreaking new methods in the field of concrete formwork and tunnel lining. The high demands on the quality of tunnels and the growing complexity at the jobsites play their parts in pushing developments in the field of segment production. In addition to technical innovations, manufacturers of segment production equipment can meet increasing expectations especially with customized or turnkey solutions.

### Market Trends in Formwork Production

In order to optimally plan an integrated solution for the customer it is essential to look beyond ones own core capabilities: the manufacturers of segment production equipment must be aware of what's going on in the industry in addition to their own delivery and service programme. That is the only way to see their innovations applied in tunnel construction.

Guiding rods, connecting dowels and universal rings are examples for various design-, material- and production-related innovations, which were only applied individually a few years ago but are used ever more frequently nowadays. The application of fibre-reinforced concrete for projects posing moderate bending and tensile loads is becoming

increasingly popular. Modern data management systems, with the aid of which all activities and sequences on the construction site can be monitored, controlled and optimized also reveal great potential.

### Stationary or Carousel Production – a project-specific Choice

Months before the first segment is produced, the appropriate production method is determined by the involved parties. Two manufacturing processes have established themselves on the basis of growing demands on precision and efficiency: stationary and carousel production. A large number of parameters codetermine the choice of type of production. A carousel system makes sense if high labour costs, lengthy production periods, constricted space conditions or possible reutilization of the equipment are involved. The production output highly depends on the particular limiting factors. On average carousel systems achieve an output of 2 -2.5 utilizations per day. The average output of the stationary production is 2 segments daily. Under advantageous conditions some productions have attained an average of up to 3.25 utilizations per day. Choosing the right manufacturing method, based on thorough investigation and evaluation, is the foundation for reliable and economic segment production.

But how can the quality demands on segments be defined and transposed to the requirements posed on the equipment? As different

Doch wie können die Qualitätsanforderungen an die Tübbinge definiert und auf die Anforderungen an das Equipment übertragen werden? Da weltweit unterschiedliche Vorschriften hinsichtlich Tübbings- und Schalungstoleranzen existieren, hat der DAUB (Deutscher Ausschuss für Unterirdisches Bauen) neue Empfehlungen zum Tübbingdesign entwickelt. Diese enthalten unter anderem Empfehlungen für Toleranzen, Messverfahren, Messintervalle, etc. Die bis vor einigen Jahren noch als „nicht Stand der Technik“ betrachtete 3D-Vermessung hat sich mittlerweile als Standard etabliert, jedoch meist nur bei der Schalungsvermessung. Dies mag daran liegen, dass es nach wie vor keine internationalen Standards bezüglich der Art des Messverfahrens, der Auswertungsalgorithmen oder der Messhäufigkeit gibt. Projekte wie der Koralmtunnel (Los KAT2) zeigen jedoch, dass kontinuierlich hochpräzise Segmente und dauerhaft maßhaltige Schalungen machbare Realität sind.

### In Zukunft

Neben den produktionstechnischen Optimierungen stehen seit geraumer Zeit auch anwendungsspezifische Entwicklungen im Fokus der Equipment-Hersteller. Ein gerade in Zeiten der gesellschaftlich und politisch gewünschten Energiewende besonders interessantes Produkt ist der Energietübbing. In den Tübbingen liegen Absorberrohre, die über die Tunnelschale Wärme aufnehmen oder abgeben können. Die Absorberrohre werden während des Tübbingeinbaus zu einem Kreislauf verbunden und an eine Wärmepumpe angeschlossen. So kann die geothermische Energie im Winter zur Beheizung und im Sommer zur Kühlung des Tunnels oder auch externer Gebäude genutzt werden.

Ein Schwerpunkt in der Produktentwicklung sind Tübbinge mit Inlinern. Sie erhöhen die Dauerhaftigkeit des Tunnelbauwerkes (meist die Korrosionsbeständigkeit des Betons) bei gleichzeitiger Reduzierung der erforderlichen Arbeitsschritte. Die neue Combisegments-Generation von Herrenknecht Formwork ist beispielsweise mit einem bereits integrierten Dichtungssystem ausgestattet, das den Ausbau von Wasser-, Abwasser- oder Kabeltunnel in nur einem Schritt erlaubt und so Zeit und Geld spart. Die Lieferanten von Tübbing-Produktionsequipment sind fit für die Zukunft, wenn sie den Kunden projektspezifische wirtschaftliche und technisch beste Lösungen mit zuverlässig hoher Qualität bieten. Gleichzeitig kann unsere Branche ihren Beitrag dazu leisten, mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen schonend umzugehen.

regulations relating to segment and formwork tolerances exist throughout the world, the DAUB (German Tunnelling Committee) has worked out new recommendations for segment design. They also include recommendations relating to tolerances, measuring methods, measurement frequencies etc. 3D surveying, which was not regarded to be the best available technology up until a few years ago, has in the interim emerged as standard practice, however, mainly with respect to formwork surveying. This may have to do with the fact that there is still no international standard relating to the nature of the measuring method, the evaluation algorithms or the measurement frequency. Nonetheless, projects such as the Koralm Tunnel (contract section KAT2) indicate that highly precise segments and lasting accurate formwork units are actually feasible.

### In Future

Specific developments in conjunction with application have been focused on by equipment manufacturers for some time alongside technical optimizations on the production side. A particularly interesting product, in keeping with the times is the energy segment. In such a case absorber pipes are located in the segments, which extract or transfer rock or tunnel heat via the tunnel shell. During the installation of the segments they are joined to form a circuit and attached to a thermal pump. This way the geothermal energy can be used to heat the tunnel or any other external building during winter and to cool them in summer.

A major aspect in product development are segments with in-liners. They enhance the sustainability of the tunnel (mostly the concrete's corrosion resistance) while reducing the required number of working steps. The new Combisegment-Generation by Herrenknecht Formwork for example is equipped with an integrated sealing system, which allows for constructing water, sewage or cable tunnel in a single work step.

All in all, the suppliers of segment production equipment are fit for the future, if they can provide their customers with efficient and technically mature solutions, specific to the project and with a reliable high level of quality. Moreover our industry sector can contribute to treating the resources we have available in a gentle fashion.

Herzlichst/All the best  
Ihr/Yours



Stefan Medel

## Schweiz

## Gotthard-Basistunnel: Versuchsbetrieb begonnen

Der 57 km lange Gotthard-Basistunnel zwischen Erstfeld im Kanton Uri und Bodio im Kanton Tessin wird bei Inbetriebnahme der längste Eisenbahntunnel der Welt sein. Seine beiden eingleisigen Tunnelröhren sind alle 325 m durch 40 m lange Querschläge miteinander verbunden; zudem verfügt er über zwei Multifunktionsstellen in den Drittelpunkten für den Nothalt und zum Gleiswechsel. Der Tunnel ist das Herzstück einer neuen Bahnverbindung durch die Schweizer Alpen und bringt Fahrzeitverkürzungen im Personenverkehr, Effizienzsteigerung im Güterverkehr und wird zur Verlagerung des alpenquerenden Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene beitragen.

Nach dem Durchschlag Ende März 2011 in der Weströhre waren beide Tunnelröhren vollständig durchörtert und damit der Vortrieb (85 km der Tunnelröhren maschinell aufgeföhren) beendet. Derzeit findet der Ausbau des Tunnels mit der Bahntechnik statt.

In der Weströhre des Gotthard-Basistunnels zwischen dem Südportal bei Bodio und der Multifunktionsstelle Faido wurde nach vollständigem Einbau der Bahntechnikanlagen am 16. Dezember 2013 der Versuchsbetrieb im Beisein der Bundesrätin Doris Leuthard eröffnet. Zum ersten Mal fuhr ein Zug auf der rund 13 km langen Versuchsstrecke von Bodio bis Faido mit einer Geschwindigkeit von 160 km/h. Bis Juni 2014 werden an rund 100 Tagen Tests durchgeführt.

Ziel des Versuchsbetriebs ist eine Bestätigung, dass das gesamte Tunnelsystem den gestellten Anforderungen entspricht. Getestet wird das komplexe Zusammenspiel von Fahrbahn, Fahrleistung, Stromversorgung, Tunnelleittechnik und Zugsicherung sowie Sicherheit und innerbetriebliche Kommunikation. Dazu wird die Versuchsstrecke auch mit Geschwindigkeiten bis maximal 220 km/h befahren. Der Versuchsbetrieb findet unter der Leitung AlpTransit Gotthard AG statt, die dazu das erforderliche Lokpersonal und Rollenmaterial bei den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) gemietet hat. Parallel dazu wird der Einbau der Bahntechnik in den übrigen Abschnitten des Gotthard-Basistunnels weitergeführt. Die Einweihung des Gotthard-Basistunnels soll am Wochenende des 4. und 5. Juni 2016 stattfinden, die Inbetriebnahme der Strecke folgt im Dezember.

G.B.



## Switzerland

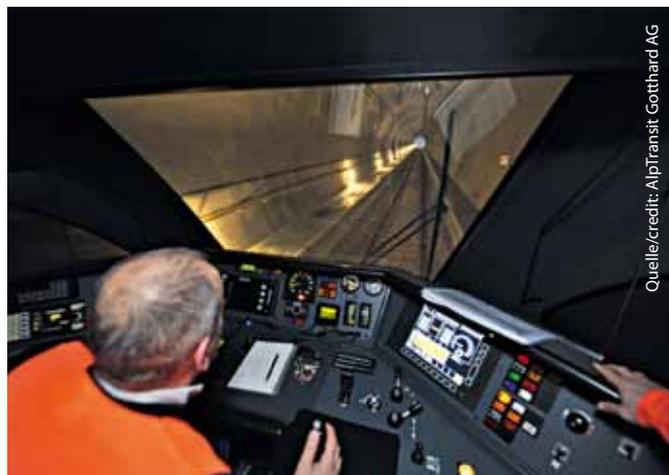
## Gotthard Base Tunnel: Start of Trial Services

When it opens the 57 km long Gotthard Base Tunnel between Erstfeld in the Canton of Uri and Bodio in Ticino will be the world's longest rail tunnel. Its two single-track tunnel bores are linked with one another at 325 m intervals by 40 m long cross-passages; in addition it possesses two Multi-Function Stations (MFS) for emergency halts and switching tracks at third points along the tunnel. The tunnel represents the core of a new rail connection through the Swiss Alps resulting in cuts in travelling time for passenger services, an increase in efficiency for goods traffic and contributing towards relocating goods transportation crossing the Alps from road to rail.

The breakthrough in the western bore at the end of March 2011 heralded in the completion of the two bores thus signalling the end to excavation work (85 km of tunnel bores driven by mechanized means). At present, the rail engineering work is being carried out.

In the Gotthard Base Tunnel's western bore between the south portal at Bodio and the Faido MFS trial services were inaugurated in the presence of federal councillor Doris Leuthard on December 16, 2013 after the complete installation of the rail technology. For the first time a train travelled along the 13 km long test section from Bodio to Faido at a speed of 160 km/h. Trials will be undertaken on some 100 days up until June 2014. The objective of these trial services is to confirm that the complete tunnel system complies with the demands that are posed. The complex interplay of track, performance, power supply, tunnel control technology and communications has to be tested. Towards this end, the trial route will be tackled at speeds of up to a maximum of 220 km/h. These trial services are being held under the auspices of the AlpTransit Gotthard AG, which has leased the required number of train drivers and rolling stock from the Swiss Federal Railways (SBB). The rail engineering work on the other sections of the Gotthard Base Tunnel will continue parallel to these trials. The opening ceremony for the Gotthard Base Tunnel will take place on the weekend of June 4 and 5, 2016. In December of 2016 the tunnel will be put into operation.

G.B.



Quelle/credits: AlpTransit Gotthard AG

Erste Versuchsfahrt im Gotthard-Basistunnel

First test run in the Gotthard Base Tunnel

## Vereinigtes Königreich

**Crossrail: Simon Wright zum neuen Projektdirektor ernannt**

Ende April gab Crossrail die Berufung von Simon Wright zum neuen Projektdirektor bekannt. Simon Wright, der zurzeit Direktor der Projektentwicklung bei Network Rail ist und davor Geschäftsführer für Infrastruktur und Versorgungseinrichtungen bei der Olympic Delivery Authority (dem Ausschuss zur Erstellung der Einrichtungen für die Londoner Olympischen Spiele 2012) war, wird die Arbeit im Sommer 2014 aufnehmen. Wright soll sicherstellen, dass der Crossrail Projektpartner und der Projektabwicklungspartner das Crossrail-Vorhaben innerhalb des abgesteckten Zeit- und Kostenrahmens an den künftigen Betreiber übergeben. Der Projektdirektor wird bei Bedarf den Vorstandsvorsitzenden vertreten und wird einer der drei Geschäftsführer des Crossrail Vorstandes sein. Simon Wright wird Nachfolger von Andrew Mitchell, der neue Aufgaben als Geschäftsführer der Abwicklungsorganisation des Thames Tideway Tunnel-Projekts übernommen hat. Andrew Wolstenholme, Geschäftsführer bei Crossrail:

„Simon Wright ist ein herausragender Kandidat, der erfolgreich Bau und Inbetriebnahme der Infrastruktur der Londoner Olympischen und Paralympischen Spiele leitete; Crossrail wird enorm von Wrights Wissen und Fachkenntnissen profitieren. Das Crossrail Projekt ist inzwischen zu mehr als der Hälfte fertiggestellt: Der Abschluss aller größeren Bauarbeiten ist bereits in Sicht, ein Team arbeitet ausschließlich an der endgültigen Ausstattung der Bahnstationen und an der Fertigstellung einer betriebsfähigen Bahnlinie. Simon wird das Abwicklungsteam in dieser wichtigen zweiten Phase leiten, während wir der Realisierung dieses für London und das Vereinigte Königreich entscheidenden Projektes immer näher kommen“. Die Eröffnung von Crossrail im Jahre 2018 wird die Kapazität des schienenbasierten ÖPNV der britischen Hauptstadt um 10 Prozent steigern. Zusätzliche 1,5 Millionen Menschen werden dann die Londoner Innenstadt binnen 45 Minuten erreichen können. 

## United Kingdom

**Simon Wright appointed as new Crossrail Programme Director**

At the end of April Crossrail announced that Simon Wright has been appointed as new Programme Director. Simon Wright, currently Project Development Director at Network Rail, and previously Director of Infrastructure and Utilities with the Olympic Delivery Authority, will take up his role this summer.

Wright will be responsible for ensuring that the Crossrail Programme Partner and Project Delivery Partner deliver the Crossrail scheme on time and on budget. The Programme Director will deputise for the Chief Executive when required and will serve as one of three Executive Directors on the Crossrail Board. Simon Wright takes the place of predecessor Andrew Mitchell who accepted a new responsibility as Chief Executive of the Thames Tideway Tunnel's delivery organization. Andrew Wolstenholme, Crossrail Chief Executive said: „Simon Wright is an outstanding candidate who successfully led the delivery and commissioning of the infrastructure for the London Olympic and Paralympic Games; Crossrail will benefit enormously



Quelle/Credit: Crossrail

**Simon Wright ist zum neuen Crossrail Projektdirektor ernannt worden**

Simon Wright has been appointed Crossrail's new Programme Director

from his knowledge and expertise. The Crossrail programme is now over halfway to completion with the end of major civils in sight and a team fully engaged on delivering stations fit-out and the transition to an operational railway. Simon will lead the delivery team during this important second half as we move closer to realising this critically important project for London and the UK.“ When Crossrail opens in 2018, it will increase London's rail-based transport network capacity by 10 per cent, bringing an extra 1.5 Million people to within 45 minutes of central London. 



Shaft installation,  
Wientalsammler,  
Austria

Rolling Stock,  
Yamanli,  
Turkey



Maschinen  
und Stahlbau



Dresden  
Branch of Herrenknecht AG

Specialist for  
tunnelling equipment  
and handling systems

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

Deutschland/Katar

## 15 Tunnelbohrmaschinen für neues Metrosystem in Doha

Der Staat Katar verfolgt eine ambitionierte Zukunftsvision, die dem Land bis zum Jahr 2030 höchste Lebensstandards verschaffen soll. Einen wichtigen Baustein dazu bildet eine moderne Verkehrsinfrastruktur: Die vom Stau geplagte Hauptstadt Doha soll ein komplett neues Metrosystem erhalten. Für den Ausbau des ersten Teilabschnitts wurde das Unternehmen Herrenknecht mit der Lieferung von 15 Erddruckschild-Tunnelbohrmaschinen beauftragt. Ende Februar nahm der Transportminister des Staates Katar, Jassim Saif Ahmed Al Sulaiti, mit seiner Delegation die erste einsatzbereite Maschine im Herrenknecht Werk in

Schwanau in Augenschein. Der Delegation gehörten Vertreter des Bauherrn Qatar Rail und des Joint Ventures QDVC / GS Engineering & Construction / Al Darwish Engineering, das mit dem Bau des Metro Abschnitts Red Line South beauftragt ist, sowie ein Vertreter der Botschaft von Katar an; zu Gast während der Visite war auch der ehemalige Bundeskanzler Gerhard Schröder. Die Erddruckschilder Lehwaila und Al Wakra mit einem Durchmesser von 7050 mm und einem Schneiradantrieb von 1280 kW wurden von dem Joint Venture in Auftrag gegeben. Die „Red Line“ wird nicht nur den Großteil des nationalen Verkehrs aufnehmen und die wichtigsten Stadien der Fußball-WM 2022 verbinden. Als zentrale Linie verbindet sie auch die Innenstadt mit dem Flughafen sowie dem Westbay Central. Bis zum Jahr 2019 sollen die 15 Tunnelbohrmaschinen für die Red Line South, die Red Line North sowie die Green Line rund 90 km Tunnel durch den Kalkstein unter Doha auffahren. Weitere Planungen sehen bis 2026 die Fertigstellung eines zweiten Abschnittes vor. Dann soll die Metro mit vier Linien und knapp 100 Stationen die Wohn- und Geschäftszentren der Hauptstadt untereinander und mit den Außenbezirken verbinden.

Während seines Besuchs unterstrich Minister Al Sulaiti die Bedeutung dieses Projektes: „Katars Hoffnungen und Ambitionen spiegeln sich in der Qatar National Vision 2030. Eines der wichtigsten Elemente, diese umzusetzen, ist die Infrastruktur unseres Landes. Daher haben wir umfangreiche Ressourcen und ein großzügiges Budget bereitgestellt, um Katars Infrastruktur zu erneuern. Dazu gehört das Metro Projekt der Qatar Rail.“



Germany/Qatar

## 15 Tunnel Boring Machines for Doha's new Metro System



Quelle/credit: Herrenknecht AG

Der ehemalige Bundeskanzler Gerhard Schröder gemeinsam mit dem Gründer und Vorstandsvorsitzenden der Herrenknecht AG, Martin Herrenknecht sowie dem katarischen Transportminister Jassim Saif Ahmed Al Sulaiti vor der TBM Lehwaila, einer von 15 Tunnelvortriebsmaschinen für die Metro Doha

The former German Chancellor Gerhard Schröder together with Herrenknecht AG founder and Chairman of the Board of Management Martin Herrenknecht and Jassim Saif Ahmed Al Sulaiti, Transport Minister of Qatar in front of the TBM Lehwaila, one of 15 TBMs for the Doha Metro

The State of Qatar is pursuing an ambitious vision destined to provide the highest standards of living to the country by the year 2030. An important component for this is a modern transport infrastructure. Consequently the capital Doha, plagued by congestion, is to receive a completely new metro system. The company Herrenknecht was charged with the delivery of 15 Earth Pressure Balance Shield tunnel boring machines for the expansion of the first section of the Doha Metro. At the end of February at the Herrenknecht plant in Schwanau the Minister of Transport of the State of Qatar, Jassim Saif Ahmed Al Sulaiti, with his delegation composed of senior representatives of the

client Qatar Rail and the joint venture QDVC / GS Engineering & Construction / Al Darwish Engineering, that is responsible for the construction of the metro section Red Line South, as well as a representative of the Embassy of Qatar, inspected the first machine completely finished and ready for use. The former German Chancellor Gerhard Schröder accompanied the delegation's visit as a guest. The Earth Pressure Balance shields Lehwaila and Al Wakra with a diameter of 7050 mm and a cutting wheel drive of 1,280 kW were ordered by the joint venture. The „Red Line“ will not only handle the bulk of the national transport and connect the most important stadiums of the football World Cup in 2022. As a central line it also connects the city center with the airport and the Westbay Central. By the year 2019 the 15 tunnel boring machines are to drive about 90 km of tunnel through the limestone below Doha for the Red Line South, the Red Line North and the Green Line. Further plans envisage the completion of a second section by the year 2026. Then the Metro with four lines and around 100 stations will connect the residential and business centers of the capital with each other and with the suburbs.

During his visit in Schwanau Qatar's Minister of Transport Al Sulaiti underscored the enormous importance of this project for his country: "Qatar holds its hopes and aspirations for the future in accordance with the Qatar National Vision 2030. One of the most important elements in fulfilling this vision is the infrastructure of the country itself. As such, we have allocated tremendous resources and a generous budget for upgrading Qatar's infrastructure, to which Qatar Rail's Doha Metro project is also included."



## Deutschland

## Schlüchterner Tunnel: Zwei Röhren für stark befahrene Bahnstrecke

Der 1914 zweigleisig in Betrieb genommene, 3576 m lange Alte Schlüchterner Tunnel auf der Fernverkehrsstrecke Frankfurt/Main-Fulda war mit täglich insgesamt 260 Personen- und Güterzügen einer der meist befahrenen Eisenbahntunnel Deutschlands. Inzwischen ist er als eingleisiger Tunnel ausgebaut und ertüchtigt worden. Zudem wurde daneben ein neuer Tunnel erbaut, der mit dem Alten Schlüchterner Tunnel alle 500 m durch Querschläge verbunden ist.

Ab 2007 wurde westlich in 50 bis 90 m Abstand zum bestehenden Tunnel mit einer TBM ein fast 4 km langer Neuer Schlüchterner Tunnel mit 9 m Innendurchmesser aufgeföhren. Beginnend mit dem 26. April 2011 wurde der Eisenbahnverkehr für etwa drei Jahre durch den Neue Schlüchterner Tunnel geführt; dafür wurde dieser vorüberge-

hend mit einem zusätzlichen Gleis versehen, um den Betrieb auf der stark belasteten Strecke zweigleisig aufrechterhalten zu können. Während dieser Zeit wurde der Alte Schlüchterner Tunnel zu einem eingleisigen Tunnel umgebaut und ertüchtigt (neue Stahlbetoninnenschale und Tunnelsohle etc.). Ende Februar 2014 folgte die Wiederinbetriebnahme des alten Tunnels.

Vom 1. März bis 9. Juni wurde der neue Tunnel zum Rückbau eines Gleises vom Netz genommen und dieser Streckenabschnitt im eingleisigen Gleiswechselbetrieb durch den erneuerten Alten Schlüchterner Tunnel betrieben. Im Endzustand wird jede Fahrtrichtung durch eine eigene Tunnelröhre geführt. Die Kosten für die gesamten Maßnahmen betragen rund 200 Millionen Euro. G.B.



## Germany

## Schlüchterner Tunnel: Two Bores for a busy Rail Route

The 3,576 m long Old Schlüchterner Tunnel on the main line between Frankfurt and Fulda was opened in 1914. With a total of 260 passenger and goods trains daily it was one of Germany's busiest rail tunnels. In the interim it has been revamped as a single-track tunnel. In addition a new tunnel has been built alongside it, which is linked with the Old Schlüchterner Tunnel by cross-passages every 500 m. As from 2007 the almost 4 km long New Schlüchterner Tunnel was built at a distance of 50 to 90 m to the west of the existing structure with an internal diameter of 9 m using a tunnel boring machine. As from April 26, 2011, rail traffic passed through the New Schlüchterner Tunnel for a period of some 3 years, making it necessary to temporarily provide it with an additional track so that traffic on the busy route could be maintained over two

tracks. During this time, the Old Schlüchterner Tunnel was converted to a single-track tunnel and upgraded (new reinforced concrete inner shell and tunnel floor etc.); after these activities were concluded the old tunnel was reopened in late February 2014.

From March 1 to June 9, the new tunnel was closed to traffic to remove one of the tracks and convert this route section for single-track reversible operations through the renovated Old Schlüchterner Tunnel. In their final state each tunnel will cater for one-way traffic. The investment costs for the total scheme will come to some 200 million Euros. G.B.

G.B.



MFK 500-T for Unimog

MFK 500-T for Axor

TWG 600-L for Actros



Innovative cleaning technology  
with washing brushes or  
high-pressure bars

TWG 600-L for Mercedes-Benz Actros

Professional tunnel washers for efficient tunnel maintenance

MULAG Fahrzeugwerk  
Heinz Wössner GmbH u. Co. KG  
Gewerbestraße 8  
77728 Oppenau / Germany

Phone +49 7804 913-0  
Fax +49 7804 913-163  
E-Mail info@mulag.de  
Web www.mulag.de

**MULAG**

## China

## 1. Erweiterung der Pekinger U-Bahn 6 eröffnet im September

Nach nur drei Monaten waren die Arbeiten einer EPB-Tunnelbohrmaschine von Robbins (Durchmesser 6,15 m) in Chinas Hauptstadt Peking abgeschlossen. Das Bauunternehmen China Railway Engineering Corporation (CREC) Bureau 5 hatte die Maschine zum Bohren eines 2,3 km langen Tunnels durch weichen Boden, Ton, Sand, Kies und stark verwitterten Felsen eingesetzt. Mit dem Durchbruch war der letzte Abschnitt der zweiten Ausbauphase von Linie 6 beendet und die ohnehin längste U-Bahnstrecke Pekings noch weiter verlängert.

Die Maschine startete in einem 20 m tiefen Schacht bei Lot 15 und fügte den vorhandenen 30 km Streckenlänge weitere 12 km hinzu. Dank dieser Erweiterung der Linie 6 nach Osten können im September 2014 sieben neue Haltestellen in Betrieb genommen werden. Eine zweite westliche Erweiterung, die für 2015 geplant ist, verlängert die Gesamtstrecke auf 54 km. Vortriebsraten von 125 m pro Woche waren dank der konstanten Bodenverhältnisse, des Vor-Ort-Services und des maßgeschneiderten Bohrmaschinenaufbaus möglich. Dazu zählte ein Speichenbohrkopf und ein Schneckenförderer sowie ein aktives Gelenk für die Realisierung von Kurven bis zu einem Radius von 1000 m. Universalbetonringe mit 1,2 m Länge wurden platziert, um das Tunnelgewölbe gegen das umgebende Gestein zu sichern. Die urbanen Bedingungen stellten große Herausforderungen an den Vortrieb: Zu den Hindernissen entlang der Tunneltrasse zählten Starkstromleitungen im Abstand von nur 1,5 m von den Bohrarbeiten, ein 30 m breiter Fluss, eine 200 m lange Maschinenfertigungshalle und diverse Versorgungsleitungen. „Der Untergrund von Peking besteht aus losem, weichem Boden mit feinem Sand. Wir haben das Drehmoment reduziert, indem wir Bentonit in den Bohrkopf injiziert haben. Außerdem konnten wir mit VFD-Elektromotoren (5 x 800 kW) und mit der Hilfe einer guten Servicemannschaft die hohe Vortriebsrate aufrechterhalten“, sagt Andrew Han, Field Service Manager von Robbins. Um den zunehmenden Verkehr in Peking zu entlasten, werden die 16 U-Bahnlinien wohl noch weiter ausgebaut werden. Das überlastete Transportsystem befördert 10 Millionen Passagiere täglich und wird laut der städtischen Verkehrskommission nach Fertigstellung der Linie 6 zusätzliche 700 000 Menschen transportieren. 



Der Speichenbohrkopf der Robbins EPB-TBM für die Metroarbeiten in Peking  
The Robbins spoke-type EPB cutterhead for the Beijing Metro works

## China

## First extension for Beijing's Metro Line 6 opens in September

After only three months of work a Robbins 6.15 m (20.2 ft) diameter EPB machine finished its excavation task in China's capital Beijing. The machine had bored through 2.3 km (1.4 mi) of soft soils, clay, sand, pebbles, and highly weathered rock for the contractor China Railway Engineering Corporation (CREC) Bureau 5. The breakthrough marks the completion of the last section of Line 6 extension Phase II, further lengthening Beijing Metro's longest subway route. The machine was launched

from a 20 m (65 ft) deep shaft at Lot 15 and added 12 km (7.5 mi) to the existing 30 km (19 mi). This eastern extension of Line 6 will allow seven new stations to open in September 2014. A second western extension, planned in 2015, will make the entire route 54 km (34 mi) in length. Advance rates of 125 m (409 ft) per week were achieved with the help of consistent ground conditions, field service support, and custom EPB design. This included a spoke-type cutterhead and shaft-type screw conveyor, as well as active articulation to negotiate curves down to a 1000 m radius. Universal concrete segment rings 1.2 m in length were placed to support the variable geology. The urban conditions made tunnelling all the more challenging: structures along the tunnel route included high voltage lines within 1.5 m of the excavation, a 30 m (98 ft) wide river, a 200 m (656 ft) long machine factory, and a variety of active utility pipes. "The ground condition in Beijing is loose, soft ground with fine sand. We reduced the torque by injecting Bentonite into the cutterhead. We were also able to maintain a good rate of advance with high-powered VFD electric motors (5 x 800 kW) and with the help of a good crew for trouble shooting," said Andrew Han, Robbins Field Service Manager. In ongoing efforts to alleviate traffic pressure, more extensions to Beijing's 16 active metro lines are expected. The overtaxed system currently carries 10 million passengers daily, and will be able to add 700 000 more upon completion of Line 6, according to the municipal transport commission. 

## Dänemark/Deutschland

## Feste Fehmarnbelt-Querung: Daten und Fakten zum Projekt

Derzeit verkehren die Fähren der Vogelfluglinie zwischen Puttgarden auf der deutschen Insel Fehmarn und Rødby auf der dänischen Insel Lolland und queren dabei den dort 19 km breiten Fehmarnbelt. Neben der Trasse der bestehenden Fährverbindung ist die Feste Fehmarnbeltquerung als Absenktunnel geplant, womit sich die Reisezeit von 45 Minuten auf 7 Minuten für die Bahnreisenden und auf 10 Minuten für die Auffahrer verringern wird. Die Bahnfahrt von Hamburg nach Kopenhagen wird statt 4,5 dann weniger als drei Stunden in Anspruch nehmen.

Der für die Querung geplante 18,1 km lange Tunnel – davon rund 17,6 km als Absenktunnel – erhält fünf Röhren mit unterschiedlichem Querschnitt, zwei für je eine eingleisige Bahnverbindung und zwei für den Straßenverkehr mit zwei Fahrspuren und einem Standstreifen je Richtung sowie eine Röhre zur Rettung zwischen den Straßenröhren. Der Absenktunnel wird aus rund 90 vorgefertigten Teilstücken mit

rund 200 m Länge, rund 32 m Breite und rund 9 m Höhe bestehen, industriell hergestellt in einem dafür besonders errichteten Werk in Rødby. Zum Ausbau gehören unter anderem Beleuchtung, Lüftung, Videoüberwachung, Entrauchung und Sprühwasserlöschanlagen, um die Sicherheit im Tunnel zu gewährleisten.

Nachdem Abschluss der Entwurfs- und Genehmigungsplanung ist der Planfeststellungsantrag im Oktober 2013 eingereicht worden. Die Stellungnahmen zur Anhörung der dänischen Öffentlichkeit sind ebenfalls eingegangen, so dass das erforderliche Baugesetz Ende 2014 dem dänischen Parlament vorgelegt werden kann. Während der Planfeststellungsphase werden die Ausschreibungsunterlagen vorbereitet; neun Bietersortien haben sich für die Vergabe der vier Teillose präqualifiziert. Der Baubeginn ist für Sommer 2015 geplant und die Fertigstellung für Ende 2021 vorgesehen.

G.B.



## Denmark/Germany

## Fehmarn Crossing – Data and Facts on the Project

At present the Vogelfluglinie ferries travel between Puttgarden on the German island of Fehmarn and Rødby on the Danish island of Lolland. In the process, they cross the 19 km wide Fehmarn Belt. Alongside the route for the ferry link the Fehmarn Belt Fixed Link is planned in the form of an immersed tunnel. This will result in the travelling time for train passengers being cut from 45 to 7 minutes and to 10 minutes for motorists. The train journey from Hamburg to Copenhagen will then take less than 3 hours rather than 4.5 hours as at present.

The 18.1 km long tunnel planned for the crossing – 17.5 km of which is in the form of an immersed tunnel – will possess five bores with various cross-sections, two for single-track rail links and two for road traffic each with 2 driving lanes and a hard shoulder per direction as well as an evacuation tunnel between the road tunnels. The immersed tunnel will consist of some 90

precast elements each 217 m long, 32 m wide and roughly 9 m in height, produced by industrial means at a specially set up plant at Rødby. In order to assure safety in the tunnel, it will be provided with lighting, ventilation, video monitoring, smoke removal and extinguishing water systems amongst other things. After concluding the design and approval planning the plan approval application was handed in in October 2013. The reactions of the Danish public to the corresponding hearing have also been received so that the necessary construction legislation can be tabled in the Danish parliament at the end of 2014. During the plan approval phase the tendering documents will be prepared. Nine joint ventures have reached the second phase for awarding the four-part-contract sections. Construction is due to start in summer 2015 and completion scheduled for the end of 2021.

G.B.



### Literatur/References

- [1] Bau eines Tunnels statt einer Brücke am Fehmarnbelt. Tunnel 2/2011, p. 3
- [2] Morgen, K.: Die feste Querung des Fehmarnbelt. Eisenbahningenieur (EI) 2/2014, pp. 39–42

Der Fehmarnbelttunnel soll fünf Röhren erhalten: zwei für je eine eingleisige Bahnverbindung, zwei für den Straßenverkehr sowie eine Röhre zur Rettung zwischen den Straßenröhren

The Fehmarnbelt tunnel will possess five bores: Two for single-track rail links, two for road traffic and one evacuation tunnel between the road tunnels



Quelle/Credit: Fehmarn A/S

## Einflüsse von Verklebungen auf die Materialförderung von Schildvortrieben

Schildvortriebe in feinkörnigem tonhaltigem Baugrund werden häufig durch Verklebungen beeinträchtigt. Eine besondere Form davon sind Verklebungsmauern, die sich mitten im Materialstrom der TBM ausbilden und eine hohe Festigkeit erreichen können. Eine besondere Erschwernis für den Vortrieb ist, dass diese Verklebungsmauern den direkten Weg des Ausbruchmaterials von der Rückseite des Schneidrades zur nachfolgenden Fördereinrichtung erschweren oder sogar unterbrechen (Abb. 1).

## Influence of Clogging on the Muck Transport in Shield Machines

Shield drives in fine-grained clayey soil are frequently affected by clogging. Walls of clogged material represent a special form of this particular obstacle. Such walls can attain a high degree of strength and develop directly in the TBM's material flow. The fact that these walls of clogged material exacerbate or even interrupt the direct path of the excavated material from the rear side of the cutting wheel to the follow-up conveying system makes driving especially difficult (Fig. 1).

---

**Dipl.-Geol. Fritz Hollmann, Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes**, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Bochum, Deutschland  
**Dr. Dipl.-Geol. Markus Weh**, Marti Tunnelbau AG, Moosseedorf, Schweiz

---

Die Materialförderung des Aushubs vom Schneidrad nach hinten muss dann über einem Umweg erfolgen, bei dem das Material erst vom Schneidrad aufgenommen und nach oben gefördert wird. Es muss durch die Abbaukammer über die Verklebungsmauer zur Ansaugöffnung bewegt werden, oder beim EPB-Schild im offenen Modus, zur Schnecke hinunter. Solche Phänomene wurden sowohl bei ungestützten EPB-Vortrieben als auch bei flüssigkeitsgestützten Vortrieben beobachtet, bei denen das Ausbruchmaterial am Fuß der Abbaukammer zur nachfolgenden Fördereinrichtung, dem Schneckenförderer oder dem Ansaugstutzen, übergeben werden muss. Wie ist es möglich, dass widerstandsfähige Verklebungsmauern innerhalb einer Bentonitsuspension beim Abbau von breiig bis steifen bindigen Böden entstehen können? Wie ist es des Weiteren möglich, dass sich solche Verklebungsmauern beim Abbau von halbfestem bis festem, also potentiell nicht verklebungsanfälligem Ausbruchmaterial, vor einer Schnecke ausbilden können? Besonders folgenreich wird dieser Prozess, wenn es sich beim Ausbruchmaterial nicht nur um verklebungsanfalliges sondern auch um abrasives Material handelt. In solchen Fällen können bewegte Schneidradteile, wie zum Beispiel Mischarme, die an der Rückseite des Schneidrades vor allem im Sohlbereich für Materialbewegung sorgen sollen und deren Umlaufbahn im Bereich der Verklebungsmauer liegt, innerhalb kurzer Zeit ‚weggeschliffen‘ werden. Diese Mischarme werden bei Hydroschilden auch als Rückräumer bezeichnet, da sie dort keine Misch- sondern eine Räum- und Reinigungsfunktion haben.

Conveyance of the excavated material from the cutting wheel towards the rear must therefore be carried out by a circuitous route with the material first being lifted by the cutting wheel and then transferred upwards. From there it moves backwards in the excavation chamber over the top of the walls of clogged material towards the suction inlet or in the case of the open mode EPB shield, towards the screw opening.

Such phenomena have been observed both in the case of unsupported open-mode EPB drives as well as in fluid-supported slurry shields, where the excavated material has to be transferred at the foot of the excavation chamber to the follow-up conveying system. How is it possible that robust and stable walls of clogged material develop within a slurry suspension during the excavation of soils with medium to stiff consistency? Furthermore, how is it possible that such walls of clogged material can form in front of a screw conveyor when excavating very stiff to hard soil, in other words, excavated material potentially not prone to clogging? This process has particularly far-reaching consequences if the excavated material in question is both prone to clogging as well as abrasive. In such cases, moving cutting wheel parts such as mixing arms, which are designed to agitate material in the invert section of the shield, and which reach into the area of clogged material, may be worn away within a short time. These mixing arms in the case of slurry shields are also called cleaning arms, because there they do not have a mixing function, like in EPB shields, but rather a cleaning function.

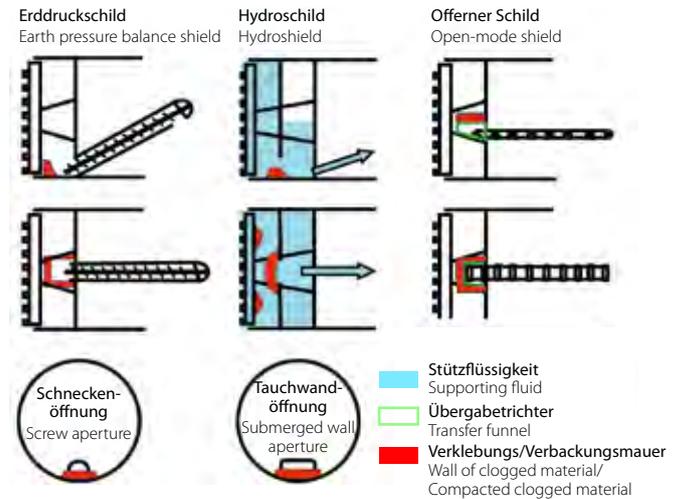
Weil die erwähnten Verklebungsmauern meist im Sohlbereich der Abbaukammer auftreten, werden sie aufgrund der schlechten Einsehbarkeit dieses Bereichs spät erkannt – häufig erst dann, wenn zum Beispiel Mischarme durch den Verschleiß schon stark angegriffen sind. Die beschriebenen Verklebungsmauern haben sich als dauerhaft und widerstandsfähig erwiesen und können einen Vortrieb noch länger beeinflussen, selbst wenn der zu Verklebungen neigende Baugrund längst verlassen wurde. Im vorliegenden Beitrag werden Ausbildungen und Auswirkungen an Praxisbeispielen erläutert. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Verklebungsmauern, die bei einem Hydroschildprojekt lange unentdeckt blieben, und die beim Vortrieb zunächst nicht erklärbare Verschleißerscheinungen hervorriefen.

### Entstehung von Verklebungen und Verbackungen

Werden bei Schildvortrieben feinkörnige tonhaltige Fest- oder Lockergesteine angetroffen, kommt es häufig zu Verklebungen. Bei entsprechenden Baugrundverhältnissen kann es, in Abhängigkeit der baubetrieblichen und/oder hydrogeologischen Randbedingungen, bei allen Schild- und Tunnelbohrmaschinenvortrieben zu Verklebungen oder Verbackungen kommen.

Die Konsistenz des eigentlichen Verklebungsmaterials liegt dabei im breiig bis steifen Konsistenzbereich [1]. Praxiserfahrungen von Weh et al. [3] [4] mit offen gefahrenen EPB-Maschinen mit Schneckenförderung zeigen, dass sich insbesondere die weiche bis steife Konsistenz als kritisch erwiesen hat. Der abgebaute Boden kann somit kritische Verklebungseigenschaften annehmen, sofern er entweder bereits im natürlichen Zustand eine breiig bis steife Konsistenz hat oder durch Wasseraufnahme von Berg- oder Prozesswasser in den plastisch-verformbaren Bereich verschoben und dadurch klebrig wird. Auch feinkörnige Festgesteine können, eine entsprechende Zerfallsneigung vorausgesetzt, unter Einwirkung der Abbauwerkzeuge zu bindigen Böden zerfallen und dabei eine vergleichbar kritische Konsistenz erlangen. Wenn es im Rahmen eines Vortriebs zu häufigen Konsistenzwechseln kommt (z.B. aufgrund wechselnder Verfügbarkeit von freiem Wasser), können relativ feste Strukturen entstehen, die von Weh et al. [5] als Verbackungen beschrieben wurden. Die innerhalb eines Vortriebszyklus mögliche Konsistenzänderung des Ausbruchsmaterials und die damit verbundene unterschiedliche Verklebungsneigung kann an Bandproben eines offen gefahrenen Schildvortriebs im Verklebungsdiagramm nach Hollmann und Thewes [1] aufgezeigt werden (Abb. 2).

Das im natürlichen Zustand für Verklebungen unkritische Gestein (Probe 1) ist zum Zeitpunkt des Vortriebsbeginns aufgrund des während des Stillstands zugelaufenen Bergwassers zunächst in stark klebendes Material mit weicher bis steifer Konsistenz (Probe 2 bis 4) umgewandelt worden. Im weiteren Vortriebsverlauf wird nach dem Aufbrauchen des angesammelten Wassers durch den weiteren Abbau von trockenem verklebungs-unkritischem Boden wieder Ausbruchsmaterial mit einer nicht klebrigen Konsistenz (Probe 5 bis 6) gefördert. Obwohl die Förderung dann unkritisch ist, kann das An- und Einpressen von trockenem Ausbruchsmaterial



1 Schematische Darstellung der Verklebungs- beziehungsweise Verbackungsmauern bei unterschiedlichen Schildvortriebsverfahren (obere Reihe: Profilschnitt auf Tunnelachse, mittlere Reihe: Aufsicht, untere Reihe: Querschnitt etwa 0,5 m vor Druck- beziehungsweise Tauchwand)

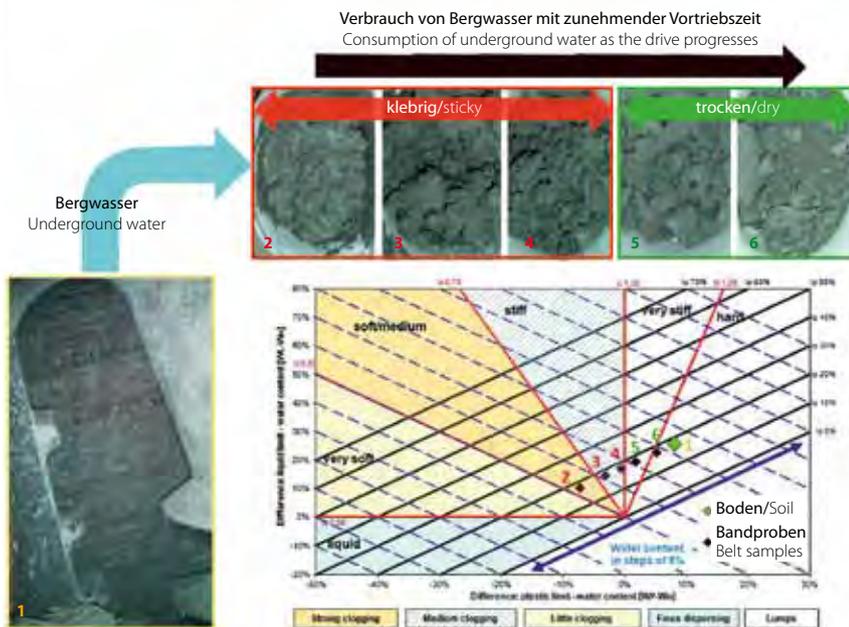
Schematic presentation of walls of clogged material or compacted clogged material given varying shield driving methods (upper row: profile section at tunnel axis, centre row: overview, lower row: cross-section roughly 0.5 m in front of the pressure wall resp. submerged wall)

As such walls of clogged material mostly occur in the invert area of the excavation chamber, they are usually identified too late owing to restricted visibility – often only after the mixing arms have already been greatly affected by wear. As the walls of clogged material have proven to be robust and stable, they can continue to influence a drive for a long time even after the ground layer that is prone to clogging is no longer present at the tunnel face. In this report material buildups and their effects are explained based on practical examples. For this purpose, the emphasis is placed on walls of clogged material that, in the case of a hydroschild project, remained undiscovered for a lengthy period of time and caused wear phenomena which initially could not be explained.

### Formation of clogged Material and compacted clogged Material

If fine-grained clayey rock or soils are encountered during shield drives, clogging frequently occurs. Given corresponding ground conditions, cloggings or compacted clogged materials can develop depending on the operational and/or hydrogeological conditions in the case of all shield and TBM drives.

In such cases, the consistency of the actual clogging material is located in the soft to stiff consistency range [1]. Practical findings from Weh et al. [3] [4] with EPB machines operating in open mode with screw conveyor indicate that the soft to stiff consistency turned out to be particularly critical. As a result, the excavated soil can take on critical characteristics for stickiness and clogging providing it already possesses a soft to stiff consistency in its natural state or it is changed to a plastic deformable state by absorbing water (ground or industrial water) thus becoming sticky. Providing there is a certain tendency towards disaggregation, even fine-grained solid rocks under the influence of excavation tools can disaggregate into



2 Verklebungsdiagramm nach Hollmann & Thewes (2013) mit Konsistenzänderungen des Ausbruchsmaterials infolge Bergwassers bei einem offen gefahrenen Schildvortrieb

Clogging diagram according to Hollmann & Thewes (2013) with changes in consistency of the excavated material owing to underground water in the case of an open-mode shield drive

terial zu einem Anwachsen und zu einem Versteifen einer bereits entstandenen Verklebung führen. Außerdem kann klebriges Material, das bereits von trockenem Ausbruchsmaterial eingehüllt ist, durch Scherbewegungen an Engpässen wieder kritische Eigenschaften zeigen. Verbackungen sind also nur möglich, wenn nach Ausbildung der eigentlichen ursprünglichen Verklebungen im weiteren Vortriebsverlauf kein oder nur wenig freies Wasser verfügbar ist. Die Entstehung von Verbackungen ist damit auf offen gefahrene Schildvortriebe beschränkt.

Eine vergleichbare Verfestigung kann jedoch auch dann entstehen, wenn grobkörnige Komponenten (Kies und Steine) oder Bruchstücke von Festgestein in bestehende Verklebungen eingepresst werden. In diesem Fall erhöht sich die Festigkeit der Verklebung durch den zunehmenden Anteil an Gesteinskomponenten innerhalb einer klebrigen Matrix, ohne dass deren Konsistenz verändert wird. Diese verfestigten Verklebungen können dementsprechend auch bei hoher Verfügbarkeit von Wasser, wie sie bei Hydroschildvortrieben aufgrund der Stützflüssigkeit gegeben ist, entstehen.

Beide Mechanismen führen zu einer Verfestigung des ursprünglich breiig bis steifen Verklebungsmaterials (Abb. 3). Angemerkt sei hier, dass sich dieser Beitrag ausschließlich mit dem Phänomen der Verklebungsmauern befasst und nicht näher auf die sonstigen Behinderungen der betreffenden Vortriebe infolge von Verklebungen eingeht. Diese werden für flüssigkeitsgestützte Vortriebe unter anderem von Thewes & Burger [2] sowie von Weh et al. [3] [4] [5] im Hinblick auf EPB-Vortriebe beschrieben

cohesive soils and attain a comparable critical consistency in the process. When frequent changes in consistency ensue during a drive (e.g. due to changing availability of free water), relatively solid structures can be created which have been described as compacted clogged material by Weh et al. [5]. The possible change in consistency of the excavated material within a driving cycle and the related different propensity for clogging can be displayed with belt samples from a shield driven in open mode in the clogging diagram according to Hollmann and Thewes [1] (Fig. 2).

The rock (sample 1), which is not prone to clogging in its natural state was initially transformed into extremely sticky material with soft to stiff consistency (samples 2 to 4) on account of the ingressing underground water during standstill at the point when the drive begins. During the course of the drive, excavated dry material with a non-sticky consistency (samples 5 and 6) is again conveyed once the accumulated water has been used up through the removal of non-critical soil. Although conveyance is non-critical, pressing on dry excavated material can lead to further accumulation and

to compacting of the clogged material. Furthermore, sticky material that is already enclosed by dry excavated material can again become critical as a result of shearing occurring at bottlenecks in the path of transport. In other words, compacted clogged material can only occur should no or only a little free water be available during the course of the drive after initial clogging has actually taken place. Thus compacted clogged material is confined to open mode shield drives.

However, comparable compacting can also then occur if coarse-grained components (gravel and stones) or fragments of solid rock are pressed into the clogged materials. In this case, the strength of the clogged material is augmented by the increasing proportion of rock components within a sticky matrix without their consistency being altered. These compacted clogged materials can also occur accordingly given greater availability of water, as prevails in the case of hydroschild drives on account of the supporting fluid. Both mechanisms lead to a consolidation of the originally soft to stiff clogged material (Fig. 3). It should be noted at this point that this report solely deals with the phenomenon of walls of clogged material without examining the other hindrances to the affected drives posed by clogging. These have been described among others by Thewes & Burger [2] in conjunction with fluid-supported drives and by Weh et al. [3] [4] [5] with respect to EPB drives.

### Compacted clogged Material given open-mode Shield Drives

Given an earth pressure balance shield drive in open mode, up to 1 m high, wall-like clogged material was encountered between the screw conveyor and the cutting wheel (Fig. 4). Clogged material



3 Links: Verklebungsmaterial mit plastischer Konsistenz. Mitte: Probe einer festen Verbackung aus einem offen gefahrenen Schildvortrieb. Rechts: Steife Verklebungsmatrix mit eingepressten Kieskomponenten aus einem Hydroschildvortrieb

Left: Clogged material with plastic consistency. Centre: sample of solid compacted clogged material from an open-mode shield drive. Right: stiff clogged matrix with pressed gravel components from a hydroschild drive

### Verbackungsmauern bei offen gefahrenen Schildvortrieben

Bei einem Erdruckschildvortrieb wurden im offenen Modus bis zu 1 m hohe mauerartige Verbackungen zwischen Förderschnecke und Schneidrad angetroffen (Abb. 4). Verklebungen und Verbackungen zwischen Schneidrad und Druckwand werden im Normalfall durch die rückseitig am Schneidrad angebrachten Mischarme abgeschält. Dabei gibt es beim Erddruckschild systembedingt einen nicht von Mischarmen bestrichenen Raum, nämlich jenen vor und neben der Förderschnecke. In diesem Bereich konnten sich im vorliegenden Fall bei Bergwasserzutritten Verklebungen bilden, die schließlich unter trockenen Bedingungen zu einer Verbackungsmauer anwuchsen.

Die Verbackungsmauer behinderte die Materialförderung so sehr (Abb. 5), dass im offenen Modus ein direktes Zurückschieben des Ausbruchsmaterials aus dem Schneidradbereich in Richtung der Schneckenöffnung eingeschränkt oder nicht mehr möglich war. Das Ausbruchsmaterial ließ sich nur noch zur Schnecke transportieren indem es vom Schneidrad angehoben und so nach hinten über die Verklebungsmauer zur Öffnung über der Schnecke transportiert wurde. In bestimmten Vortriebsbereichen wurden auch abrasive Sandsteinbruchstücke in die Verbackungsmauer eingepresst, was zu einem zusätzlichen Verschleiß im äußeren Bereich der Schneidradrückseite beziehungsweise der Grillbars führte. Aufgrund des erschwerten Zugangs zum Sohlbereich der Abbaukammer waren händische Reinigungsarbeiten zur Reduzierung der Verbackungsmauern lediglich bei längeren Stillständen möglich. Aus diesem Grund wurde ein ausklappbarer Rückräumer in der Randzone des Schneidrads montiert (Abb.5), der bei zurückgezogener Förderschnecke den Raum in der Abbaukammer seitlich und vor der Schnecke ausräumen kann. Allerdings geht bei anhaltenden klebrigen Verhältnissen für das Aus- und Wiedereinfahren des Rückräumers viel Zeit verloren.

and compacted clogged material between the cutting wheel and the bulkhead are normally sheared off by the mixing arms that are attached at the rear of the cutting wheel. In the case of the EPB shield an area exists that is not covered by the mixing arms as a result of the system, namely in front of and next to the screw conveyor. In this particular case clogging could occur in this area due to ingressing underground water, which ultimately grow to form walls of compacted clogged material under dry conditions. The wall of compacted clogged material hampered the conveying of material to such an extent (Fig. 5) that in open mode it was only possible to transfer the excavated material from the cutting wheel area towards the screw conveyor to a limited extent or even not at all. The excavated material could only be transported to the screw



4 Mauerartige Verbackung zwischen vollständig ausgefahrner Förderschnecke und Schneidrad

Wall-like compacted clogged material between completely extended screw conveyor and cutting wheel



5 Links: Blick von der Ortsbrust durch die Schneidradöffnung auf eine Verbackungsmauer als „Hindernis“ vor der Förderschneckenöffnung. Mitte: Vergleichsfoto vor Vortriebsbeginn mit Blick durch die Schneidradöffnung in Richtung Förderschnecke. Rechts: Nachträglich installierter Rückräumer

Left: View from the face through the cutting wheel aperture of the wall of compacted clogged material as an “obstacle” in front of the screw conveyor aperture. Centre: comparative photo prior to the start of the drive showing a view through the cutting wheel aperture towards the screw conveyor. Right: subsequently installed cleaning arm

Vergleichbare Verbackungsmauern wurden auch bei einem offenen Schildvortrieb mit Bandförderung vorgefunden. Sie hatten sich bei diesem Vortriebsverfahren innerhalb des Muckrings auf den Rändern des Übergabetrichters zum Förderband gebildet (Abb. 6). Hierdurch wurde die Übergabe von Ausbruchsmaterial aus dem Muckring auf das Förderband eingeschränkt und der gesamte Förderprozess behindert. Trotz eingeschränkter Zugänglichkeit des Muckrings musste der Übergabetrichter in den betreffenden Vortriebsstrecken regelmäßig händisch von Verbackungsmauern befreit werden (Abb. 6).

### Verklebungsmauern bei Hydroschildvortrieben

Im Folgenden wird auf Verklebungsmauern bei einem Hydroschildvortrieb eingegangen. Der Vortrieb erfolgte zunächst in

conveyor by being lifted up by the cutting wheel and thus being moved over the wall of clogged material to the aperture above the screw conveyor. Abrasive fragments of sandstone were also pressed into the wall of compacted clogged material, which led to additional wear in the outermost sector of the cutting wheel rear side or rather the grill bar. Owing to the restricted accessibility to the excavation chamber floor area, manual cleaning operations designed to reduce the walls of compacted clogged material were only possible during lengthy breaks. As a result, an extendable cleaning arm was attached in the cutting wheel’s peripheral zone (Fig. 5), which is capable of clearing the area in the excavation chamber at the side and in front of the screw conveyor when it is retracted. However, a great deal of time is lost for extending and retracting the cleaning arm given sustained sticky conditions. Comparable walls of compacted



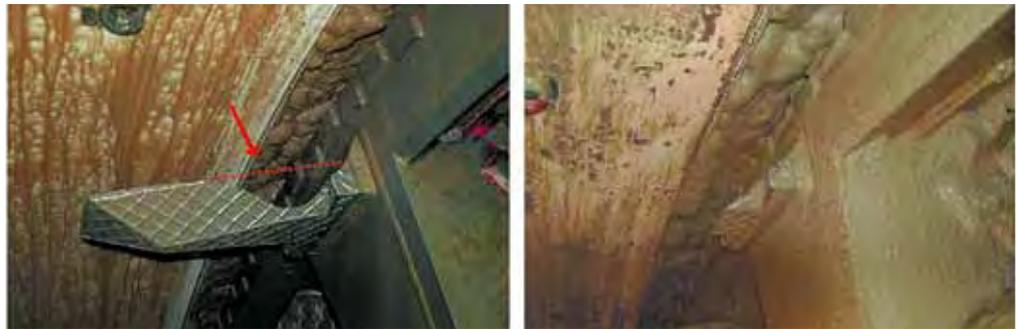
6 Links: Übergabetrichter innerhalb des Muckrings mit Verbackungsmauern auf dem Rand. Mitte: Vergleichsfoto mit Blick in den gereinigten Übergabetrichter. Rechts: Reinigung des Übergabetrichters im Inneren des Muckrings

Left: Transfer funnel within the muck ring with walls of compacted clogged material at the edge. Centre: comparative photo with view of the cleaned transfer funnel. Right: cleaning the transfer funnel at the interior of the muck ring

Sanden, Schluffen und Tonen und war dort durch Verklebungen behindert. Im Gegensatz zum den Mischarmen beim Erddruckschild können die Rückräumer beim Hydroshieldvortrieb aufgrund der fehlenden Kollisionsgefahr mit einer Förderschnecke auch am äußeren Rand des Schneidrads angebracht sein, um eine Räumfunktion in der Sohle zu erfüllen und um Verklebungen im Bereich der Schildschneide abzuscheren. Dort schält der Rückräumer eine Verklebung

zwar in geringem Abstand zur Schildschneide ab, presst das Verklebungsmaterial außerhalb seines Wirkungskreises allerdings an den Schild. Es konnte beobachtet werden, dass das Verklebungsmaterial auch an den vertikalen oder überhängenden Bereichen des Schildes umso stärker anhaftet, je weiter außen ein Rückräumer am Schneidrad angebracht ist. Bei EPB-Schneidrädern mit weiter innen angebrachten Mischarmen sind Verklebungen am Schild dagegen nur im den Sohlbereichen zu beobachten. Zusätzlich zur Schälwirkung der Rückräumer waren im unteren Segment der Tauchwand in den Sohlbereich ausgerichtete Spüldüsen angebracht, um Materialansammlungen zu verhindern. Innerhalb der durch Verklebungen beeinflussten Vortriebsstrecke von etwa 1000 m wurden zudem regelmäßig Reinigungsarbeiten am Schneidrad durchgeführt. Nachdem im weiteren Vortriebsverlauf keine bindigen Böden mehr innerhalb des Querschnitts lagen, traten auch keine Verklebungserscheinungen am Schneidrad mehr auf. Statt der bindigen Böden wurden im Anschluss neben den Sanden auch vermehrt Kiessande und weitgestufte Kiese angetroffen, so dass der Vortrieb nun im klassischen Einsatzbereich eines Hydroshields verlief.

Nach einer relativ kurzen Vortriebsstrecke von 270 m wurde bei einem Drucklufteinstieg eine starke Einkerbung an den beiden äußeren Rückräumern festgestellt (Abb. 7, links). Dabei waren jeweils bis zu 18 cm Stahl weggeschliffen worden, und die verbliebene Materialstärke von minimal 3 cm war so gering, dass man von einem Abreißen der Rückräumer im weiteren Vortriebsverlauf ausgehen musste. Um ein Verkeilen oder eine Beschädigung von Brecher und Schneidrad durch abgerissene Teile zu verhindern, wurden die äußeren Rückräumer entfernt (Abb. 7, rechts), zumal eine Vollabsenkung der Stützflüssigkeit im betreffenden Vortriebsbereich im Hinblick auf die Standsicherheit der Ortsbrust nicht möglich war. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass laut geotechnischer Prognose für den restlichen Vortrieb keine nennenswerten Anteile bindiger Böden mit Verklebungsneigung erwartet wurden und dementsprechend das Abschälen möglicher Verklebungen hinter dem Schneidrad nicht mehr notwendig erschien.



7 Abbaukammer bei Drucklufteinstieg mit Halbabsenkung der Suspension: Links: Rückräumer mit tiefer Einkerbung. Rechts: Entfernung der äußeren Rückräumer

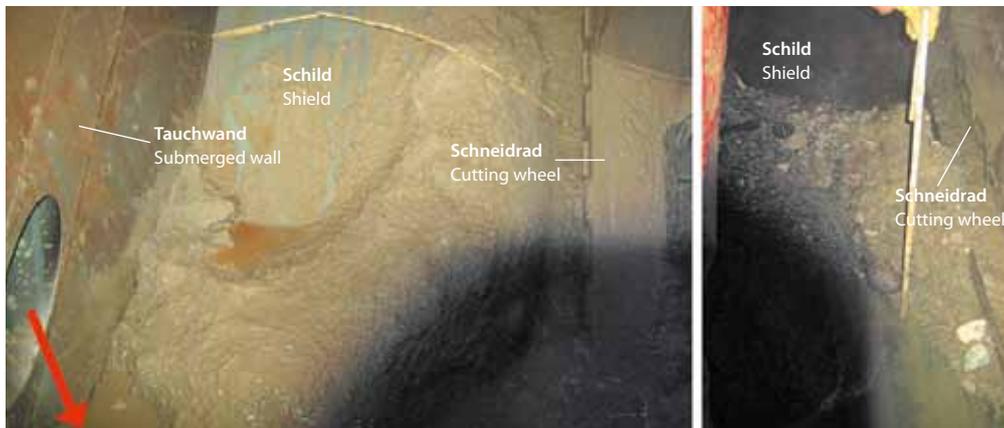
Excavation chamber with compressed air access with the slurry half-lowered: left: cleaning arm with deep indentation. Right: removal of the outer cleaning arms

clogged material were also encountered in conjunction with an open-mode shield with conveyor belt. In the case of this driving method they formed within the muck ring on the edges of the transfer funnel to the conveyor belt (Fig. 6). In this way, the transfer of excavated material from the muck ring to the conveyor belt was restricted and the overall conveying process hampered. In spite of restricted accessibility of the muck ring the transfer funnel in the affected driving sections had to be regularly cleared of compacted clogged material walls by hand (Fig. 6).

### Walls of clogged Material given Hydroshield Drives

In the following, walls of clogged material in conjunction with a hydro shield drive will be dealt with. The drive initially took place in sands, silts and clays and was hampered there by clogging. In contrast to the mixing arms of an EPB shield, the cleaning arms of the hydroshield drive can also be attached to the outermost edge of the cutting wheel as there is no danger of colliding with a screw conveyor so they are in a position to clean the invert and to shear off clogged material at the rim of the shield. Although the mixing arm shears off clogged material, the material outside its field of action is pressed against the shield. It could also be observed that the clogged material sticks all the more strongly to the vertical or overhanging areas of the shield, the more a mixing arm is attached externally to the cutting wheel. In the case of EPB cutting wheels with mixing arms attached more towards the interior, clogged materials are on the other hand only discernible in the floor areas.

In addition to the shearing effect of the mixing arms, aligned flushing nozzles were fixed in the lower segment of the submerged wall in the floor area in order to prevent material collecting there. Within the driving sections of roughly 1000 m affected by clogged materials regular cleaning operations were furthermore undertaken on the cutting wheel. Once no more cohesive soils were present within the cross-section during the further course of the drive, no further clogging phenomena occurred on the cutting wheel. Instead of the cohesive soils, gravel sands and well-graded gravels were subsequently encountered so that the drive progressed in the classical field of application for hydroshields.



8 Abbaukammer bei Drucklufteinstieg mit Vollabsenkung der Suspension: Links: Mit Suspensionsresten bedeckte Verklebungsmauer entlang der Schildschneide oberhalb der Spüldüsen (Spülrichtung in Sohlbereich: roter Pfeil). Rechts: Reste der Verklebungsmauer während Reinigungsarbeiten mit innerem Aufbau aus Kies- und Steinkomponenten in steifer Verklebungsmatrix

Excavation chamber with compressed air access with the slurry completely lowered: left: wall of clogged material covered with slurry residues along the shield cutting edge above the flushing nozzles (direction of flushing in the floor area: red arrow). Right: residues of the wall of clogged material with an internal set-up of gravel and stone components in a stiff clogged matrix during cleaning operations

Nach weiteren 1000 m konnte erstmals in einem als Wartungsbahnhof angelegten Dichtblock eine Vollabsenkung durchgeführt und der Sohlbereich der Abbaukammer unter Druckluft inspiziert werden. Dabei wurden wandartige Strukturen aus einer bindigen Matrix mit eingebetteten Kies- und Steinkomponenten dokumentiert (Abb. 8). Zwei dieser Verklebungsmauern befanden sich oberhalb der Richtung Sohle ausgerichteten Spüldüsen an einer bereits relativ steilen Stelle des Schildmantels (etwa 16 h und 20 h) direkt an der Schildschneide (Abb. 8).

Erst mit der Vollabsenkung ließ sich der Verschleiß der äußeren Rückräumer erklären: Die beiden Verklebungsmauern direkt hinter dem Schneidrad bildeten genau das Negativabbild zum

It must be taken into account in this connection that according to the geotechnical prognosis for the remaining drive no appreciable proportions of cohesive soil with clogging potential were anticipated and thus the shearing off of possible clogged materials behind the cutting wheel no longer appeared to be necessary.

After a further 1000 m the supporting fluid was lowered completely for the first time in an impermeable block in a maintenance station and the floor area of the excavation chamber was inspected under compressed air. In the process, wall-like structures consisting of a cohesive matrix with embedded gravel and stone components were documented (Fig. 8). Two of these walls of clogged materials were located above the flushing nozzles oriented in the direction of the floor at a relatively steep point of the shield jacket (roughly at 16 and 20 hours) directly at the rim of the shield (Fig. 8).

It was only possible to explain the wear on the outer cleaning arms once the supporting fluid had been lowered completely: the two walls of clogged material directly behind the cutting wheel formed the exact negative moulding to the wear pattern of the two outer cleaning arms. A third wall of clogged material ran at a height of up to 60 cm directly in front of the submerged wall opening (Fig. 9). A mixture of soil, mud and residual slurry was present between the wall of clogged material and the cutting wheel resp. the face (Fig. 9).



9 Abbaukammer bei Drucklufteinstieg mit Vollabsenkung der Suspension: Verklebungsmauer vor Tauchwandöffnung (Mauerkrone zwischen roten Linien) und dahinter angestautes Ausbruchsmaterial mit Restsuspension. Im Hintergrund ist undeutlich eine der beiden Verklebungsmauern an der Schildschneide erkennbar (Mauerkrone zwischen blauen Linien). Die Wirkrichtung einer Spüldüse ist als grüner Pfeil markiert

Excavation chamber with compressed air access with the slurry completely lowered: wall of clogged material in front of submerged wall aperture (crest of wall between the red lines) and accumulated excavated material behind with residual slurry. One of the walls of clogged material can be seen indistinctly at the shield's cutting edge in the background (crest of wall between blue lines). A green arrow indicates the operating direction of a flushing nozzle

erwähnten Verschleißbild der beiden äußeren Rückräumer. Eine dritte Verklebungsmauer verlief mit einer Höhe von bis zu 60 cm direkt vor der Tauchwandöffnung (Abb.9). Zwischen Verklebungsmauer und Schneidrad bzw. der Ortsbrust wurde ein Gemisch aus Boden, Schlamm und Restsuspension vorgefunden (Abb. 9).

### Entstehung von Verklebungsmauern

Anhand der bei der Vollabsenkung gewonnenen Erkenntnisse kann die Entstehung der Verklebungsmauern wie folgt hergeleitet werden (Abb. 10): Im Vortriebsabschnitt mit bindigen Böden und fehlendem Grobkorn bildeten sich im Schildbereich der Abbaukammer unterhalb der Rückräumer-Schälspur zunächst noch unkritische Verklebungspasten (Abb. 10, 1a und 1b). Nachdem der Vortrieb statt bindiger Böden grobkörnige Lockergesteine anschnitt, wurden Kies- und Steinkomponenten in die Verklebungen gepresst. Dabei kam es auf beiden Seiten oberhalb der Spüldüsen an der Schildschneide zum Anwachsen der jetzt auch abrasiven Verklebungsmauer (dort Materialstau innerhalb der Verklebungsmauer) und demzufolge zur Einkerbung der Rückräumer (Abb. 10, 2a und 2b). Nachdem die äußeren Rückräumer entfernt werden mussten, wuchsen die Verklebungsmauern weiter an, wobei die höchste Ausbildung im Sohlbereich des Schildes, also direkt vor der Tauchwandöffnung (Abb. 10, 3b) beobachtet

### How Walls of clogged Material build up

Just how walls of clogged material build up (Fig. 10) can be explained as follows based on the findings derived when the supporting fluid was completely lowered: in the tunnel section with cohesive soils and a lack of coarse grains initially non-critical cloggy pastes (Fig. 10, 1a and 1b) are formed in the shield area of the excavation chamber. Once the drive encountered coarse-grained soft grounds instead of cohesive soils, gravel and stone components were pressed into the clogged materials. This resulted in the creation of the now abrasive wall of clogged material (with material blockage caused by the wall of clogged material) and consequently the wear indentations affecting the cleaning arms (Fig. 10, 2a and 2b). Once the outer cleaning arms had to be removed, the walls of clogged material continued to grow with the highest point being observed in the shield's floor area, in other words, directly in front of the submerged wall (Fig. 10, 3b). The higher the wall of clogged material was located, the thinner was its form and it was not present at all in the vertical to overhanging shield area. When the cleaning arms were still in place, clogged materials formed outside their field of action, in that case also in the vertical to overhanging shield area.

The walls of clogged material at the rim of the shield also caused wear phenomena on the cutting wheel rear side in the outermost area and on the grill bar apart from the indentations on the cleaning

**Bochumer Eisenhütte  
Heintzmann**



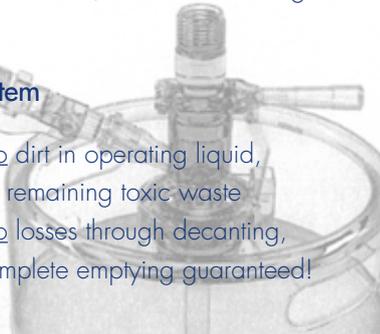
## Systemlieferant für Berg- und Tunnelbau – System Supplier for Mining and Tunnelling

### BK-one® Das geschlossene MEHRWEG-BEFÜLLUNGSSYSTEM für Betriebsflüssigkeiten

- » Einfaches, Leckölfreies Befüllen
- » Umweltverträglicher Umgang mit Flüssigkeiten
- » Ausschluss von Fehlbetankungen durch spezielle BK-one® Codierung
- » Vermeidung von Schmutzeinträgen, Sonderabfällen oder Entsorgung von Resflüssigkeiten
- » Garantierte, restlose Entleerung!

### The BK-one® closed reusable filling system

- » Easy and leak-free filling
- » Eco-friendly handling of operating liquids
- » Special BK-one® coding avoids all kinds of wrong filling
- » No dirt in operating liquid, no remaining toxic waste
- » No losses through decanting, complete emptying guaranteed!



### Sonderkonstruktionen für Großräume

- Special Construction for big excavation areas

### Wärmebehandlung von Stab- und Profilstahl

- Heat Treatment of steel bars and profile bars



Klosterstraße 46 . 44787 Bochum, GERMANY  
Tel.: + 49 (0) 234 - 9118 - 0 . Fax: + 49 (0) 234 - 9118 - 228  
www.heintzmann.eu . email: info@be-heico.de



**HEINTZMANN** | Group

werden konnte. Je höher die Verklebungsmauer lag, umso geringmächtiger war sie ausgebildet und im vertikal bis überhängendem Schildbereich fehlte sie ganz. Als die Rückräumer noch vorhanden waren, bildeten sich Verklebungen außerhalb ihres Wirkungsbereichs aus, allerdings dort auch im vertikalen bis überhängenden Schildbereich.

Die Verklebungsmauern an der Schildschneide führten neben den Einkerbungen der Rückräumer auch zu Verschleißerscheinungen an der Schneidrückseite im äußeren Bereich sowie der Grillbars. Die Verklebungsmauer vor der Tauchwandöffnung behinderte zudem die Materialförderung. Da das Ausbruchsmaterial nicht mehr auf direktem Weg zum Ansaugstutzen gelangte, sondern vom Schneidrad angehoben werden musste kam es zu einer reduzierten und schwallartige Förderung mit zeitweiser Überlastung der Grobsiebe. Diese Probleme traten nicht mehr auf, nachdem die Verklebungsmauern während der Vollabsenkung im Wartungsbahnhof händisch entfernt worden waren.

## Fazit

Ein Schildvortrieb kann stark behindert werden, wenn sich unter bestimmten Randbedingungen Verklebungsmauern bilden. Trotz des großen Einflusses auf den Vortrieb können Verklebungsmauern oft nicht zeitnah erkannt werden. Dabei spielt einerseits die Komplexität hinsichtlich Entstehung und Auswirkung aber auch die schlechte Zugänglichkeit zum Sohlbereich der Abbaukammer eine Rolle. Bleiben Verklebungsmauern unerkannt, können sie einen Vortrieb auch dann noch nachteilig beeinflussen, wenn der Verklebungsanfällige Baugrund längst verlassen wurde. Neben der fast immer behinderten Materialförderung können sie in Verbindung mit abrasivem Baugrund schnell zu starkem Verschleiß führen. Entstehungsorte sind vornehmlich all jene Stellen mit geringen Fließgeschwindigkeiten des Förderstroms sowie Abschnitte, an denen es im Förderstrom des Ausbruchsmaterials zu Zwängungen kommt. Hierbei ist der Sohlbereich der Abbaukammer unmittelbar hinter dem Schneidrad besonders betroffen. Da vor allem weit außen liegende Mischarme bzw. Rückräumer Verklebungsmaterial abscheren, sind sie im abrasiven Baugrund besonders stark einem Verschleiß ausgesetzt. Verklebungsmauern treten bei unterschiedlichen Schildvortrieben an jeweils typischen Stellen auf.

Neben den eigentlichen Mauerstrukturen weisen folgende Besonderheiten beim Vortrieb auf Verklebungsmauern hin:

- Ungewöhnliche Erschwernis bei der Materialförderung  
(→ schwallartige Förderung auf der Separation)
- Verschleiß in Form von Einkerbungen an den Mischarmen bzw. Rückräumern
- Ungewöhnlicher Verschleiß an der Schneidrückseite bzw. den Grillbars
- Förderung von bindigen Agglomeraten, wenn keine feinkörnigen Gesteine mehr im Profil sind  
(→ gelöste Reste der Verklebungsmauern)

Wenn sich beim Vortrieb Verklebungsmauern bilden, helfen meist nur noch händische Reinigungsarbeiten und regelmäßige Kontrollen. Dabei erfordert die hohe Festigkeit der Verklebungsmauern

arms. The wall of clogged material in front of the submerged wall aperture furthermore obstructed the conveyance of material. As the excavated material no longer reached the suction inlets by the direct path but had to be hoisted by the cutting wheel, the conveying rate was reduced and erratic with the coarse sieves being overloaded at times. These problems ceased once the walls of clogged material were removed by hand when the supporting fluid was completely lowered in the maintenance station.

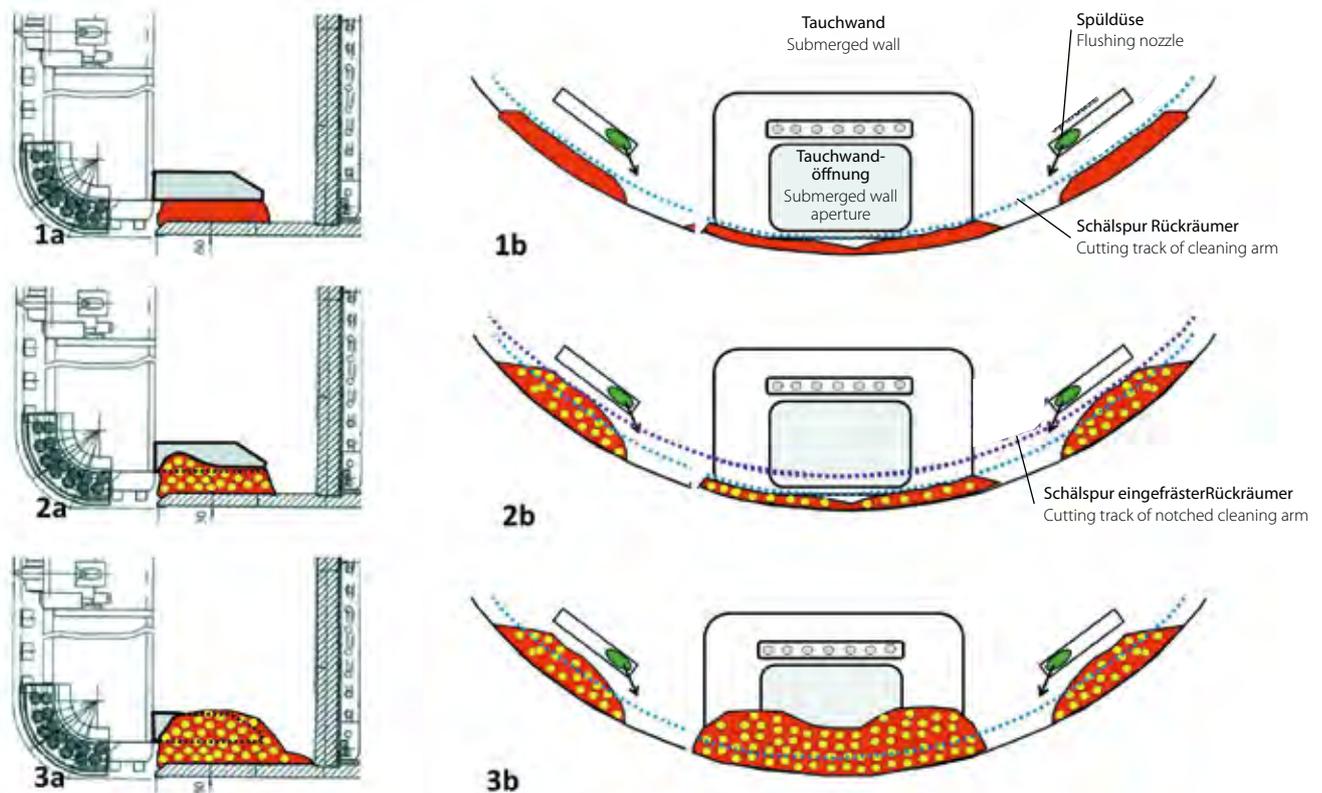
## Summary

A shield drive may be hampered to a great extent should walls of clogged material form under certain conditions. In spite of the massive influence on the drive, walls of clogged material often cannot be identified in time. On the one hand this is owing to the complexity regarding their formation and effect, on the other hand the poor accessibility to the lower areas of the excavation chamber also plays a role. If walls of clogged material are not identified, they can still negatively influence a drive even long after the soil that was prone to clogging has been excavated. Apart from almost inevitably hampering the flow of material, they can rapidly lead to pronounced wear in conjunction with abrasive soil.

All those points where the flow rates of the conveyed material are low are mainly affected as well as sections, where constraints are imposed on the excavated material. In such cases, the floor area of the excavation chamber immediately behind the cutting wheel is especially affected. As mixing/cleaning arms located on the periphery are mainly responsible for shearing off clogged material, they are highly susceptible to wear in abrasive soil. Walls of clogged material occur during various shield drives in each case at typical points. The following distinctive features indicate walls of clogged material during drives in addition to the wall structures themselves:

- Excessive difficulty when conveying material  
(→ erratic conveyance towards separation)
  - Wear in the form of indentations on the mixing/cleaning arms
  - Unusual wear on the cutting wheel rear side resp. the grillbars
  - Conveyance of cohesive agglomerates even when no fine-grained rocks remain in the cross-section  
(→ loosened residues from the walls of clogged material)
- Should walls of clogged material form during the excavation manual cleaning operations and regular inspections are usually the only available solutions. In this respect, the high strength of the walls of clogged material call for pickers and high-pressure cleaning units involving a significant amount of time. If the engineering geological prognosis anticipates the presence of walls of clogged material, the following structural measures appear advisable:
- Extendable cleaning arms for EPB shields (see Fig. 5, right)
  - Fitting the outermost mixing/cleaning arms with replaceable wear plates at the outer edge  
(→ preventing structural indentations due to wear)

It makes little sense to relocate the flushing nozzles towards the outside to prevent possible walls of clogged material at the rim of the shield (also see Fig. 7, left or 9, right) as this would then exert a slighter effect in the floor area.



10 Schematische Darstellung zur Entstehung der Verklebungsmauern (rot: Verklebungsmaterial, gelb: Kies- und Steinkomponenten): 1a bis 3a: Schnitt auf Höhe der Spüldüse durch die seitlichen Verklebungsmauern an der Schilde Schneide. 1b bis 3b: Blick gegen Vortriebsrichtung auf Tauchwand mit Verklebungsmauer vor der Tauchwandöffnung und den seitlichen Ausbildungen an der Schilde Schneide

Schematic presentation for the formation of walls of clogged material /red: clogged material, yellow: gravel and stone components): 1a to 3a: section at the height of the flushing nozzle through the side walls of clogged material at the shield's cutting edge. 1b to 3b: view against the direction of driving of the submerged wall with wall of clogged material in front of the baffle aperture and the formations at the side at the shield's cutting edge

den Einsatz von Bergeisen und Hochdruckreinigern bei entsprechendem Zeitaufwand. Lässt bereits die ingenieurgeologische Prognose des Baugrunds die Entstehung von Verklebungsmauern erwarten, so erscheinen folgende bauliche Maßnahmen sinnvoll:

- Ausklappbare Rückräumer bei Erddruckschilden (vgl. Abb. 5, rechts).
- Bestückung der äußeren Mischarme bzw. Rückräumer mit auswechselbaren Verschleißplatten an der Außenkante (→ strukturelle Einkerbung durch Verschleiß verhindern)

Eine mögliche Versetzung der Spüldüsen nach außen, um mögliche Verklebungsmauern an der Schilde Schneide zu verhindern (vgl. dazu Abb. 7, links oder 9, rechts), erscheint wenig sinnvoll, da diese dann eine entsprechend geringere Wirkung im Sohlbereich hätten.

Das Beispiel der Verklebungsmauern zeigt eindrucksvoll, dass Verklebungen und Verschleiß bei Schildvortrieben oftmals in einer besonders ungünstigen Kombination auftreten können. Das gilt vor allem bei großen Schilddurchmessern mit oft sehr unterschiedlichen Boden- und Gesteinsarten im Bereich des Querschnitts. 

The example of walls of clogged material impressively shows that clogging and wear during shield drives can frequently occur in an especially unfavourable combination. This first and foremost applies to major shield diameters with frequently extremely varied types of soil and rock affecting the cross-section. 

#### Literatur/References

- [1] Hollmann, F.; Thewes, M. (2013): Assessment method for clay clogging and disintegration of fines in mechanized tunneling. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 37, pp.96-106.
- [2] Thewes, M.; Burger, W. (2004): Clogging risks for TBM drives in clay. *Tunnels & Tunnelling International*, pp. 28-31.
- [3] Weh, M.; Zwick, O.; Ziegler, M. (2009a): Maschinenvortrieb in verklebungsfähigem Baugrund, Teil 1. *Tunnel 1/2009*, S. 25-36.
- [4] Weh, M.; Zwick, O.; Ziegler, M. (2009b): Maschinenvortrieb in verklebungsfähigem Baugrund, Teil 2. *Tunnel 2/2009*, S. 18-28.
- [5] Weh, M.; Ziegler, M.; Zwick, O (2009c): Verklebungen bei EPB-Vortrieben in wechselndem Baugrund: Eintrittsbedingungen und Gegenmaßnahmen. *Forschung und Praxis* 43, S. 185-189.

## Baralt Tunnel: Absicherung gegen tektonische Aktivität

Der enorme Bevölkerungszuwachs in der Stadt Caracas innerhalb der letzten Jahre und der schlechte Zustand der einzigen Fernstraße, die Caracas mit dem Seehafen La Guaira verbindet, waren die Hauptgründe für die Ausbaugenehmigung der Boyaca Allee (auch bekannt als „Cota Mil“), die den Bewohnern im Nordosten von Caracas und den Einwohnern der beiden östlich der Metropole gelegenen Städte Guarenas und Guatire den direkten Zugang zur Küstenstraße ermöglicht. Ein wesentlicher Teil dieses Ausbaus wird der neue Baralt-Tunnel mit einer Länge von 2,8 km sein.

## Baralt Tunnel: Protection against tectonic Activity

The rapid demographic growth of the city of Caracas in recent years and the deterioration of the only highway connecting Venezuela's capital Caracas and La Guaira seaport were the main factors for the approval of the extension of Boyaca Avenue (a.k.a. the "Cota Mil"). This extension will give residents in the northeastern section of Caracas as well as residents from Guarenas and Guatire, both cities east of the capital's metropolitan region, direct access to the Coastal highway. An important part of this extension will be the new Baralt tunnel with a length of 2.8 km.

Mauro Nogain, Journalist, Bolivien

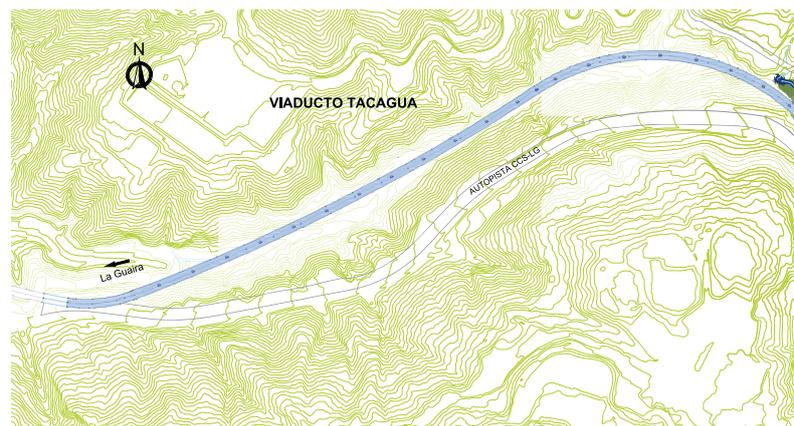
Das portugiesische Bauunternehmen Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A. und die venezolanische Firma Precomprimido C.A haben ihre Stärken und ihre Erfahrung gebündelt und das multinationale Boyaca-La Guaira Consortium gegründet. Ihr Angebot für Planung, Beschaffung und Realisierung des neuen Straßenbauprojekts, das vom Verkehrsministerium ausgeschrieben worden war, erhielt den Zuschlag.

Das Bauvorhaben hat eine Gesamtlänge von 10,3 km und soll den Verkehrsfluss in Caracas entlasten, insbesondere auf der Francisco Fajardo Schnellstraße, der Francisco de Miranda Allee, der Sucre Allee sowie im Norden und Süden von Sucre. Es soll zudem die Fahrzeit in den Bundesstaat Vargas verkürzen und die Verkehrslage auf der Boyaca Allee deutlich verbessern.

### Über fünf Jahre Bauzeit für die Verkehrsentlastung im Ballungsraum

Das Projekt ist in drei Abschnitte unterteilt: die Tacagua-Brücke, den Macayapa-Zubringer und den Baralt-Tunnel. Die Bauzeit soll insgesamt 63 Monate betragen, und die Gesamtkosten werden mit 793,5 Millionen US-Dollar beziffert. Im Stadtteil Sucre werden geschätzte 400 000 Menschen direkt von diesem Erweiterungsprojekt profitieren, doch auch den 800 000 Einwohnern von Nord-Caracas und den 210 000 Menschen in Guarenas-Guatire kommt der Streckenausbau zugute.

The Portuguese construction company Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A. and the Venezuelan Precomprimido C.A pulled together their strengths to form the multinational Boyaca-La Guaira Consortium. Together they placed the winning bid for engineering, procurement and construction of the new highway project, as outlined by the Ministry of Popular Power for Terrestrial Transportation. The project will have a total length of 10.3 km and will alleviate traffic in Caracas, especially on the Francisco Fajardo Highway, Francisco de Miranda Avenue, Sucre Avenue, and north and south of Sucre, reducing the time required to travel toward Vargas State and considerably improving traffic conditions on the Boyaca Avenue.





Quelle/credit: Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A.

Mechanischer Ausbruch am Südportal  
 Mechanical drilling at the south portal

### Komplexe Bodenverhältnisse

Die Planung des Baralt-Tunnels begann bereits 2012. Er führt durch das Küstengebirge im Norden von Venezuela, das durch das Aufeinandertreffen der karibischen und der südamerikanischen tektonischen Platten entstanden ist. Die tektonischen Kräfte der Platten haben ein komplexes System aus Verwerfungen gebildet, wobei auch eine gewisse seismische Aktivität zu verzeichnen ist. Der Baralt-Tunnel wird durch eine dieser Verwerfungen, die Tacagua-El-Avila-Verwerfung, führen. Geologisch ist diese Gegend, in der die tektonischen Platten aufeinanderstoßen in drei Bereiche unterteilt, die zu unterschiedlichen Zeiten entstanden

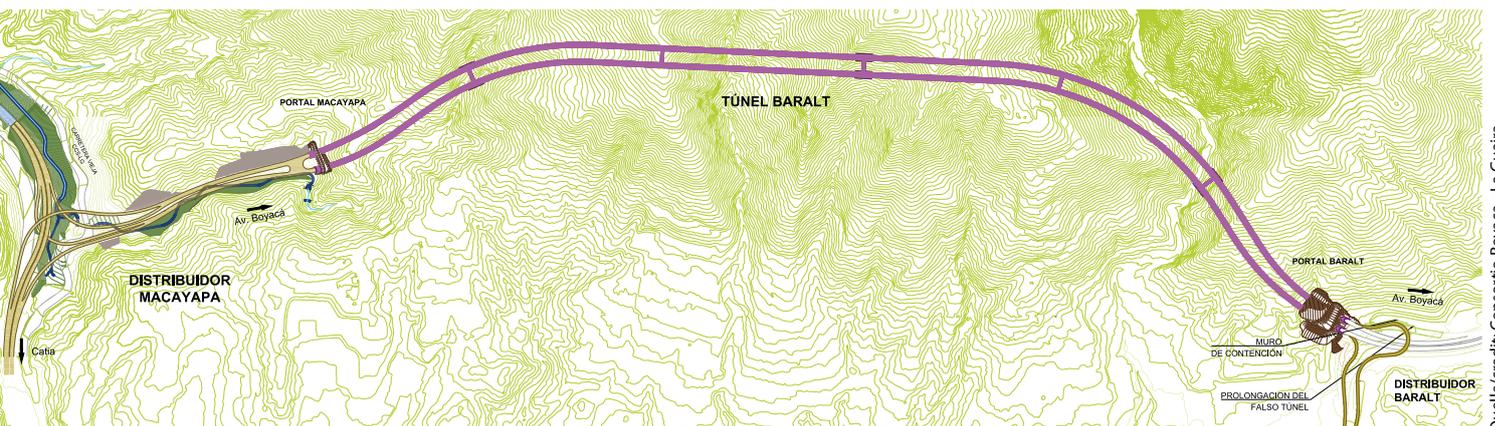
### More than five years of construction to alleviate metropolitan traffic

The project is divided into three main components: the Tacagua Viaduct, the Macayapa Distributor and the Baralt Tunnel. Construction will take place over 63 months and the total value of the contract is 793,5 millions US-Dollar. In the parish of Sucre an estimated number 400 000 people will directly benefit from the extension project, as well as the populations of North Caracas with 800 000 inhabitants and the merging cities of Guarenas-Guatire with 210 000 people.

### Complex ground conditions

Planning the Baralt tunnel started in 2012. It will go through the Northern Coastal Range of Venezuela, which was formed by the

Unten: Geländekarte des Boyaca-Allee-Bauprojekts in Caracas mit dem 2,8 km langen Baralt Tunnel  
 Below: Map of the Boyaca Avenue infrastructure project including the Baralt tunnel with a length of 2.8 km



Quelle/credit: Consorcio Boyaca - La Guaira



Quelle/Credit: Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A.

meeting of tectonic plates of the Caribbean and the South American continent. The tectonic forces of the plates have produced a complex system of faults with a certain level of seismic activity. The Baralt tunnel will go through one of these faults, the Tacagua-El Avila fault. Geologically the area where the tectonic plates meet is subdivided into three different sections which were formed at different times. The Baralt tunnel will cross through

3D-Grafik des neuen Tunnels  
3D graphic visualization of the new tunnel

sind. Der Baralt-Tunnel wird zwei dieser Gebirgszüge, nämlich Caracas und El Avila, durchkreuzen.

Dabei ist das Avila-Massiv für den Vortrieb des Baralt-Tunnels von größerer Bedeutung. Diese geologische Formation setzt sich aus Plagioklas-Gneis mit mehreren eingeschlossenen Tonschieferlagen zusammen. Die Tacagua-El-Avila-Verwerfung besteht aus Gneis- und Schieferschichten in einer schluffigen Tonmatrix. Der andere geologische Komplex, der den Tunnelverlauf kreuzt, gehört zum Caracas-Gebirgszug und wird durch „Las-Mercedes-

two of these geological areas, those known as Caracas and El Avila. The Avila mass has major relevance for the excavation of the Baralt tunnel. This geological band is made up of alternating gneiss plagioclase schist with shale layers in between. The Tacagua-El Avila fault alignment has layers of gneiss and shale in a silty clay matrix. The other complex intercepted by the route of the tunnel belongs to the sequence of Caracas and is designated by „Las Mercedes Shale“. It consists of a monotonous sequence of graphitic schists and phyllites essentially, sometimes with small limestone fillers, usually largely decomposed and altered.

The principal condition affecting the construction of the Baralt tunnel is the strong tectonization of the mountain where the Taca-



Schiefer“ gekennzeichnet. Er besteht im Wesentlichen aus einer gleichförmigen Folge von Graphitschiefer und Phylliten mit gelegentlichen kleinen, meist stark zersetzten und metamorphen Kalksteineinlagerungen.

Am stärksten wird der Bau des Baralt-Tunnels von der enormen tektonischen Beanspruchung des Gebirges im Bereich der aktiven Tacagua-El-Avila-Verwerfung beeinflusst. Am östlichen Tunneleingang (Baralt) war deshalb auch vorübergehend ein in Spritzbeton verankertes Gitter erforderlich. Außerdem wurde eine abgetreppte Böschung angelegt, die sich in das Landschaftsbild einfügt. Am Westeingang (Macayapa) ist dagegen der Einbau eines dauerhaft in Beton verankerten Gitters geplant.

### Sicherungssysteme für unterschiedliche geotektonische Bereiche

Der Baralt-Tunnel wird fast vollständig im unterirdischen Vortrieb erbaut und besteht aus zwei Zwillingsröhren im Abstand von 30 m. In jeder Röhre werden drei Fahrspuren pro Richtung angelegt. Beide Röhren werden gleichzeitig von beiden Seiten gebohrt. Die Gesamtlänge des Baralt-Tunnels beträgt rund 2,8 km mit einem Querschnitt von je 12,43 m und einer lichten Höhe in der Mitte von 7,68 m. Beim Tunnelbau kommt größtenteils die Spritzbetonbauweise zum Einsatz. Dafür werden vom Bauunternehmen entsprechend groß dimensionierte Bagger, Tieflöffel und Muldenkipper zum Abtransport des Gesteins eingesetzt. Aufgrund der geologischen und geotektonischen Besonderheiten des Gebirges entlang des Tun-

gua- El Avila fault is active. At the eastern tunnel-entrance (Baralt) the implementation of an interim screen anchored in shotcrete was necessary. Subsequently the construction of a zoned embankment was established, perfectly integrated into the landscape of the area. At the western entrance (Macayapa) a screen permanently anchored in concrete is planned.

### Support systems for different geo-tectonic areas

The Baralt tunnel, is almost completely built underground, it will be made of two twin tubes which will be separated by 30 m. Each tube will have three lanes of traffic in one direction. Both tubes will be built simultaneously by excavating from both entrances. The total length of the Baralt tunnel will be approximately 2.8 km, with 12.43 m wide transversal sections and a clearance height of 7.68 m in the center. The tunnel will mainly be excavated by using the Sequential Excavation Method. The equipment utilized by the construction company in this tunnel project will be Jumbo excavators, loader shovels and dump trucks for taking away the rubble.

Taking into account the geological and geo-tectonic characteristics of the mountain along the route of the tunnel, the engineers opted for realizing a large part of the excavation on site with explosives, using the Sequential Excavation Method, except in areas near the two entrances where mechanical excavation methods will be utilized. The remaining areas, where the roof of the tunnel occurred in parts of the mountain with weak resistance characteristics (geo-tectonic areas ZG1 and ZG2) or areas where faults exist, also require mechanical excavation.





Quelle/credit: Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A.

Spritzbetonauftrag  
Shotcrete application

Im Verlauf des Tunnelbaus entschieden sich die Ingenieure dafür, im Rahmen der Spritzbetonbauweise überwiegend Sprengstoff für den Ausbruch einzusetzen, außer an den Eingängen, wo man den maschinellen Aushub vorzieht. In den restlichen Bereichen, wo die Tunneldecke durch Gesteinsschichten mit geringer Festigkeit (geotektonische Zonen ZG1 und ZG2) oder durch Zonen mit Verwerfungen verläuft, ist ebenfalls maschineller Aushub erforderlich.

Je nach den vorherrschenden geologischen und geotektonischen Eigenschaften des Tunnelabschnitts und der technischen Erfahrung des verantwortlichen Bauunternehmens wurden fünf Arten

Depending on the preliminary geological and geo-tectonic characteristics of the tunnel route and the technical experience of the construction company undertaking the project, five types of primary supports were established for the excavation of the tunnel, each with its respective construction method.

In the sections where the rock had strong resistance and deformation characteristics, and no significant water filtration was anticipated (geo-tectonic area ZG1), the supports were the lightest and were type RP1A or RP1B built out of projected concrete and anchored with screws.

In the areas where the tunnel intercepted intermediate type rock (area ZG2) without significant filtration of water, the supports were re-enforced by increasing the thickness of the concrete and making the anchors and screws stronger as well, using type RP2 anchors. In the areas where the rock has unfavourable characteristics, with some water filtration (geo-tectonic areas ZG3 and ZG3a), it is projected that the supports will be built to a greater thickness utilizing shotcrete and metal trusses instead of anchor pins type RP3A and RP3B.

The final lining of the Baralt tunnel will be done in three different types, which have direct correlation with the primary supports utilized in each tunnel section. Similarly, just as the geological conditions determined the type of supports utilized, in the sections where the rock has stronger resistance characteristics the final lining will be made of a

### Zahlen und Daten des Baralt Tunnels/ Baralt tunnel: facts and figures

Planungs- und Bauphase Construction period	2012 - Ende 2016 2012 - end of 2016
Länge des Tunnels (beide Röhren zusammen) Tunnel length (both tubes combined)	5600 m
Aushubmenge Volume of excavation	670 500 m <sup>3</sup>
Menge des Faserspritzbetons Volume of projected concrete with fibers	32 000 m <sup>3</sup>
Anzahl der Gitterrahmen Number of latticed frames	3200
Menge des Schüttrbetons Volume of poured concrete	87 700 m <sup>3</sup>
Bewehrungsstahl Reinforced steel	11 561 700 kg

der Primärsicherung mit ihrer zugehörigen Konstruktionsweise entwickelt.

In Abschnitten, in denen der Fels eine hohe Festigkeit und Verformungsbeständigkeit aufweist und kein Eindringen von Wasser zu erwarten ist (geotektonische Zone ZG1), sind die Sicherungselemente am schwächsten. Sie gehören zum Typ RP1A oder RP1B und werden mit Spritzbeton und Schrauben hergestellt.

In Bereichen, wo der Tunnel durch Felszwischenlagen führt (Zone ZG2), ohne dass starke Wasserinfiltration zu erwarten ist, werden die Stützelemente durch eine dickere Betonschicht und festere Anker und Schrauben (RP2-Anker) verstärkt. Dort, wo der Fels ungünstige Eigenschaften aufweist und gelegentlich auch Wasser infiltriert (geotektonische Zonen ZG3 und ZG3a), ist geplant, die Stützelemente dicker auszubilden, wobei Spritzbeton und Metallträger anstelle von Ankerbolzen der Typen RP3A und RP3B zum Einsatz kommen.

Die Auskleidung des Baralt-Tunnels erfolgt in drei verschiedenen Ausprägungen, die alle eine direkte Verbindung zu den Primärstützvorrichtungen des jeweiligen Tunnelabschnitts besitzen. Ebenso wie die Art der Stützelemente von den geologischen Gegebenheiten bestimmt wird, wird auch die Tunnelauskleidung in Bereichen mit höherer Gesteinsfestigkeit aus leichterem Beton (RS1) bestehen und mit abnehmender Festigkeit in ihrer Dicke zunehmen.

### Elektromechanische Einbauten

Die elektromechanischen Einbauten des Baralt-Tunnels wurden unter Beachtung der höchsten Sicherheitsstandards, die alle nationalen und internationalen Normen erfüllen, geplant und haben zum Ziel, die passiven und aktiven Sicherheitsfunktionen des Tunnels zu maximieren und zu optimieren.

Zu den Hauptsystemen und -einbauten des Baralt-Tunnels zählen:

- Betriebsgebäude (2);
- Beleuchtungssystem;
- Belüftungssystem;
- Umweltkontrollsystem;
- Notrufstationen;
- Videoüberwachungssysteme (CCTV);
- Feuermelde- und -löschsystem;
- Ampelsystem und Straßenschilder;
- Verkehrsmanagementsystem;
- Funkkommunikationssystem;
- Lautsprechersystem;
- Überwachungs- und Steuerungssystem für technische Prozesse (SCADA)



lighter concrete (RS1), which will increase in thickness as the resistance characteristics of the rock decrease.

### Electro-mechanical Installations

The electro-mechanical installations of the Baralt tunnel were conceived and designed with the highest security standards in mind that fully comply with national and international standards, with the goal of increasing and optimizing the passive and active safety conditions of the tunnel.

The main systems and installations of the Baralt tunnel will be:

- Operational Buildings (2);
- Lighting system;
- Ventilation system;
- Environmental Control system;
- Emergency stations;
- Closed Circuit Television systems for monitoring (CCTV);
- Fire detection and extinguishing system;
- Traffic light system and Road signs;
- Traffic management system;
- Radio communication system;
- Loud speaker system;
- Technical management and control system (SCADA)



## MAXIMISING BELT CONVEYOR PRODUCTIVITY

**Increase Uptime**  
**Flexco® Rivet Hinged Belt Fastening System**  
For the most demanding material handling applications.

**Increase Uptime**  
**Flexco® Bolt Solid Plate Fastening System**  
Strong, silt-free splices with superior holding ability.

**Reduce Belt Slip**  
**Flex-Lag® Ceramic Lagging**  
Prevents belt slip and extends the belt and pulley life.

**Reduce Carryback**  
**Mineline® MMP Medium-Duty Precleaner**  
Optimal belt cleaning without an aggressive, heavy-duty belt cleaner.






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

## Einsatzvorbereitung für den Tunnelbrand

Die International Fire Academy in der Schweiz bildet mittlerweile im fünften Jahr Feuerwehren aus ganz Europa in der Tunnelbrandbekämpfung aus. Mehr als 8000 Einsatzkräfte haben bisher in den eigens für diese Zwecke entwickelten Tunnel-Übungsanlagen in Balsthal und Lungern trainiert. Neben einer tunnelspezifischen Taktik und der praktischen Ausbildung ist die sehr genaue Kenntnis der jeweiligen Tunnelanlage ein zentraler Faktor für den Einsatzerfolg. Darüber hinaus – so die Erfahrung der Feuerweherschule – kann die Einsatzsituation durch Kooperation mit Ingenieuren, Tunnelbauern und -betreibern zusätzlich verbessert werden.

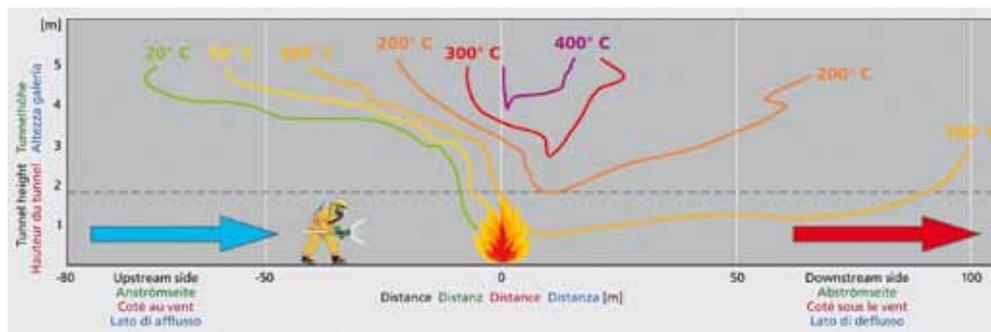
## Specific Tactics for Combating Tunnel Fires

The International Fire Academy in Switzerland is engaged in training fire services from all over Europe in combating tunnel fires – now in its fifth year. More than 8000 fire-fighters have so far been trained at the specially devised tunnel facilities at Balsthal and Lungern. Apart from tunnel-specific tactics and practical instruction, extremely precise knowledge of the ins-and-outs of each tunnel system represents a central factor for the success of an assignment. According to the Fire Academy the deployment situation can furthermore be enhanced through collaboration with engineers, tunnellers and operators.

Urs Kummer, MSc, Geschäftsführer, International Fire Academy, Balsthal/CH ([www.ifa-swiss.ch](http://www.ifa-swiss.ch))

Feuerwehren begegnen oft noch der Ansicht, dass sie bei einem Tunnelbrand nichts ausrichten könnten. Bei dieser Einschätzung liegt der Fokus auf extremen Großbränden, bei denen die Brandbekämpfer tatsächlich an ihre Grenzen kommen können. Gleichwohl sind Einsatzkräfte selbst bei den großen Bränden im Gotthard-Straßentunnel und im Mont Blanc-Tunnel bis zu einer Entfernung von weniger als 20 m zum Brand vorgedrungen. Möglich ist dies an der Anströmseite, also mit dem Wind, da dort deutlich geringere Temperaturen herrschen. Unter anderem aus diesem Grund empfiehlt die Tunnel-Einsatzlehre der International Fire Academy, bei einem Brand im Tunnel stets beide Portale anzufahren und zu prüfen, von welcher Seite aus unter den

Fire services often have to counter the view that they are incapable of doing anything at all when confronted with a tunnel fire. This expectation relates to extreme major fires, in the case of which fire-fighters find themselves stretched to the limits. At the same time, emergency services managed to close in on the major fires in the Gotthard Road Tunnel and the Mont Blanc Tunnel to within 20 m of the conflagration. This is possible from the upstream side, as substantially lower temperatures prevail there. For this reason amongst others the philosophy for combating tunnel fires at the International Fire Academy is always to access both portals in order to find out from which side the fire can be tackled most quickly under concrete conditions. In this way, de-



Von der Anströmseite her bieten sich den Einsatzkräften in der Regel akzeptable Bedingungen für die Brandbekämpfung in Tunneln

Generally the emergency services are afforded acceptable conditions for combating tunnel fires from the upstream side

Quelle/credit: STUVA

both portals in order to find out from which side the fire can be tackled most quickly under concrete conditions. In this way, depending on the traffic situation for example, access to the blaze is only possible rapidly enough from one side.

The most important principle contained in the Swiss tunnel fire-fighting code is that the blaze should be tackled as speedily as possible so that self-evacuation is supported by suppressing the smoke development and augmented by third-party rescue as well as to avoid major damage. Many reports from the scene indicate that this

konkreten Bedingungen die Brandbekämpfung am schnellsten erfolgen kann. So kann beispielsweise je nach Verkehrssituation die hinreichend schnelle Zufahrt nur von einer Seite möglich sein. Wichtigster Grundsatz der schweizerischen Tunnel-Einsatzlehre ist eine möglichst frühzeitige Brandbekämpfung, um durch das Unterbinden der Rauchentwicklung die Selbstrettung zu unterstützen und durch Fremddrettung zu ergänzen sowie größere Schäden zu verhindern. Zahlreiche Einsatzberichte belegen, dass dies auch regelmäßig gelingt. Die weitaus meisten Fahrzeugbrände in Tunneln werden von Feuerwehren gelöscht, bevor größerer Schaden entsteht. So kam es im Gotthard-Straßentunnel seit der Eröffnung 1980 zu mehr als 200 Fahrzeugbränden, von denen „nur“ einer zu einem folgenschweren Großbrand eskalierte (2001). Dessen Szenario wird heute in der Tunnel-Übungsanlage der International Fire Academy in Lungern nachgestellt und im Training bearbeitet. Die Bedeutung des Themas wächst: Immer mehr Tunnel werden im nahen Ausrückbereich der Feuerwehren errichtet (z. B. Stadttunnel) und sind innerhalb weniger Minuten erreichbar. Auch wenn diese Tunnel oft nicht sehr lang sind, können von einem Brand viele Menschen betroffen sein. Die kurzen Anfahrtszeiten erhöhen jedoch die Chancen auf eine erfolgreiche Brandbekämpfung.

succeeds on a regular basis. By far the bulk of vehicle fires in tunnels are extinguished prior to major damage resulting. Thus for instance, there have been more than 200 vehicle fires in the Gotthard Road Tunnel since it was opened in 1980, of which "only" one resulted in a serious major conflagration (2001). Nowadays, this particular scenario is simulated in the International Fire Academy's tunnel training facility at Lungern and incorporated in training. Furthermore an increasing number of tunnels – as urban tunnels for example – are located in the catchment areas of fire services so they can be reached within a matter of minutes. Although these tunnels are not very long, many people can be affected by a fire in them. But the short journeys increase the chances of being able to combat the fire successfully.

### Self-Evacuation and Third-Party Rescue

The current safety guidelines for road tunnels insist on high standards, which support self-evacuation of tunnel users in many ways. Seen from the perspective of fire services, however, self-evacuation as such is no special element of tunnel safety but rather a fire protection standard for all buildings. At the same time, the emergency services must always assume that not everyone is able to appraise dangers in a proper manner, cope with them effectively and reach



**fermacell**<sup>®</sup>  
AESTUVER

**fermacell** AESTUVER

Tailor-made solutions specifically for underground and overground transport systems.

- Reliable protection for concrete against effects of fire loads of up to 1350 °C
- Frost and water resistant
- Painting and coating options for customized finishes



Download our  
PDF brochure.



Training eines Löschangriffs: Brandbekämpfung und Kühlen der Tunnelstruktur werden kombiniert

Training an extinguishing measure: fire-fighting and cooling the tunnel structure are combined

## Selbst- und Fremdrettung

Die heutigen Sicherheitsrichtlinien für Straßentunnel geben hohe Standards vor, die eine Selbstrettung der Tunnelnutzer vielfältig unterstützen. Aus der Perspektive von Feuerwehren ist die Selbstrettung jedoch kein spezielles Element der Tunnel-sicherheit, sondern Brandschutzstandard bei allen Gebäuden. Gleichwohl müssen die Einsatzkräfte immer davon ausgehen, dass nicht alle Menschen in der Lage sind, Gefahren richtig einzuschätzen, bestmöglich zu handeln und sich selbst in Sicherheit zu bringen. Zudem können bei einem Ereignis stets Personen betroffen sein, die entweder aufgrund eingeschränkter Mobilität oder als Folge eines Unfalls nicht in der Lage sind, sich zu retten. Aus diesem Grund muss die Fremdrettung zusätzlich zu allen bauwerksseitigen technischen Schutzvorkehrungen grundsätzlich als fester Bestandteil bei der Bekämpfung eines Tunnelbrandes mit einbezogen werden. Das Absuchen insbesondere der (verrauchten) Fluchtwege zählt zu den wichtigsten Einsatzgrundsätzen der Feuerwehren. Blickt man vergleichend auf die Situation in anderen Sonderbauten, wie Kliniken, Theatern oder Industrieanlagen, so ist dort die Kooperation zwischen Betreibern und Feuerwehren ein wichtiges Element sowohl in der Einsatzvorbereitung als auch im Einsatz selbst. Dies ist aus Sicht der International Fire Academy in der Tunnelbrandbekämpfung ein vielfach noch anstehender nächster Schritt. Voraussetzung hierfür ist ein gegenseitiges Verständnis der unterschiedlichen Denkweisen, Handlungsmöglichkeiten und Anforderungen von Betreibern und Feuerwehren.

safety of their own accord. Furthermore, should an incident occur, this can affect people with restricted mobility or who are unable as the result of an accident to rescue themselves. Consequently, third-party rescue must always round off technical provisions undertaken to protect the structure. Searching (smoke-filled) escapeways in particular, thus belongs to the most important assignments of fire services.

If one draws a comparison with other special structures such as clinics, theatres or industrial premises, cooperation between the operators and fire services represents an important element both in preparing for assignments and during the assignment itself. Seen from the International Fire Academy's viewpoint this still represents a further step in the preparation of tunnel fire-fighting. The prerequisite for this is mutual understanding of the different ways of thinking, options for action and requirements of operators and fire services.

## Cooperation during Tunnel Operation

The escapeway situation, fire alarm and fire-fighting facilities in tunnels, information systems for tunnel users and the tunnel ventilation represent important prerequisites for successful self-evacuation. Further conditions have to be fulfilled so that fire services can support and augment them as well as possible by means of third-party rescue and fire-fighting measures.

## Preparing for operation

Fire services must know "their" tunnels very well. Towards this end regular inspections and drills must be undertaken. In addition lead-



In den Übungsanlagen der International Fire Academy trainieren Einsatzkräfte realitätsnah Tunnelbrandszenarien  
Fire-fighters can practice tunnel fire scenarios close to reality in the International Fire Academy's training facilities

### Kooperation bei Tunnelbetrieb

Insbesondere die Fluchtsituation, Brandmelde- und Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln, Informationssysteme für Tunnelnutzer und die Tunnellüftung sind wesentliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Selbstrettung. Damit die Feuerwehren diese Selbstrettung unterstützen und durch Fremdrettung sowie Brandbekämpfung bestmöglich ergänzen können, müssen weitere Bedingungen erfüllt sein.

### Einsatzvorbereitung

Feuerwehren müssen „ihren“ Tunnel sehr gut kennen. Dazu sind regelmäßige Begehungen und Übungen nötig. Die Feuerwehrführungskräfte benötigen verlässliche, ungeschminkte Aussagen über die zu erwartenden Bedingungen in einem Ereignisfall. Zu klären sind auch die Aufstellflächen für die Feuerwehrfahrzeuge und die Möglichkeit, Materialdepots einzurichten. Eine Abstimmung über das Vorgehen im Brandfall und die Interaktion im Einsatz sollten unbedingt vor einem Ereignis erfolgen. Daher empfiehlt die International Fire Academy die gemeinsame Planung des Einsatzablaufs der Feuerwehren mit dem Betreiberpersonal.

### Einsatz

Zu den ersten Maßnahmen gehören die unverzügliche Alarmerung der zuständigen Feuerwehren sowie die Sperrung der Gegenfahrbahn bzw. der nicht betroffenen Tunnelröhre. Die Feuerwehren sollten sofort Überwachungskameras nutzen und idealerweise auch auf Videoaufnahmen ab der letzten Minuten

ing fire service officers require reliable and unadulterated statements relating to the conditions to be expected in the event of an incident. The assembly space for the fire service vehicles and the possibility to establish depots for material must also be clarified. Agreement on the procedure in the event of fire and interaction during an assignment must also be arrived at prior to an incident. As a consequence, the International Fire Academy recommends joint planning of the course of the assignment between the fire services and the operating personnel.

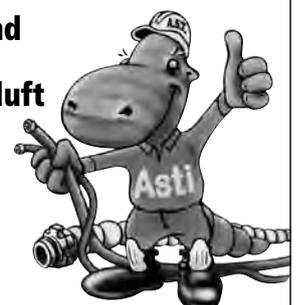
## A.S.T. Bochum

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



vor dem Ereignis zurückgreifen können, um entscheidende Fragen klären zu können:

- Was brennt wo genau?
- Ist ggf. Gefahrgut betroffen?
- Stehen Fahrzeuge im verrauchten Bereich?
- Wie haben sich Betroffene bis zum Eintreffen der Feuerwehr verhalten?

Wichtig ist zudem für die Sicherheit der Einsatzkräfte, dass während des Einsatzes keine Veränderungen an der Tunnellüftung ohne vorherige Rücksprache mit den Einsatzleitern vorgenommen werden.



Einsatzplanung im Taktikzentrum in Balsthal

Operations planning In the tactical centre in Balsthal

### Kooperation in der Bauphase

„Tunnel in der Bauphase“ bildeten das Thema des zweiten Kommandanten-Forums der International Fire Academy im Herbst 2013 in Balsthal, Kanton Solothurn. Rund 50 Vertreter von Feuerweherschulen und Aufsichtsbehörden sowie Kreisbrandmeister und Angehörige von Tunnelfeuerwehren diskutierten anhand von Beispielen aus der Praxis die Situation im Abwehrenden Brandschutz in der Bau- oder Sanierungsphase eines Tunnels. Wesentliche Erkenntnis war dabei, dass Bau- und Sanierungsphasen außergewöhnliche Herausforderungen darstellen, die nicht durch den Regelbetrieb einer kommunalen Feuerwehr abgedeckt werden können. Die Rettung von Bauarbeitern sollte daher grundsätzlich durch die Bildung einer Rettungswehr der jeweiligen Bauunternehmen sichergestellt werden. Sofern eine kommunale Feuerwehr diese Aufgabe übernehmen soll, bedarf es in der Regel einer speziellen Ausstattung und Ausbildung sowie in jedem Fall einer intensiven Zusammenarbeit zwischen der kommunalen Feuerwehr, den zuständigen Behörden und den Bauunternehmen. Alternativ können Angehörige der Bauunternehmen zu einer Rettungswehr ausgebildet werden; auch dafür muss ein entsprechender Vorlauf eingeplant werden.

Äußerst problematisch bewerteten die Tagungsteilnehmer, dass kommunale Feuerwehren häufig erst kurz vor Baubeginn in die Planung und Vorbereitung einbezogen werden. Einstimmig wurde eine Vorlaufzeit von mindestens einem Jahr als unerlässlich angesehen, um eine für alle Beteiligten gute Lösung erarbeiten zu können. Neben den Vereinbarungen über den Brandschutz in der Bau- oder Sanierungsphase geht es darum, wie die von der Norm nicht geregelten Gestaltungsmöglichkeiten im Tunnelbau optimal auch im Hinblick auf einen Brandeinsatz genutzt werden können.

### Interdisziplinäre Kommunikation

Letztlich liegen die Chancen und Risiken in der Kommunikation und einer vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen Tunnelingenieuren, Tunnelbauern und -betreibern sowie den Feuer-

### Operation

Among the first measures is immediately alarming the responsible fire services as well as closing the carriageway in the other direction or the unaffected tunnel bore. The fire services should make immediate use of monitoring cameras and ideally be able to resort to video recordings taken as from the final minutes before to clarify crucial facts of the case:

- What is burning and where exactly?
  - Are hazardous goods possibly affected?
  - Are vehicles located in the smoke-afflicted zone?
  - How did those affected behave until the fire service arrived?
- Furthermore it is essential for the safety of the emergency services that no alterations to the tunnel ventilation are undertaken during the incident without prior consultation with the officers in charge.

### Cooperation during Construction Phases

“Tunnels during the Construction Phase” was the topic of the 2<sup>nd</sup> Commander Forum held by the International Fire Academy in autumn 2013 in Balsthal in the canton of Solothurn. Around 50 representatives of fire academies and responsible authorities as well as local fire chiefs and members of tunnel fire brigades discussed the situation for preventive fire protection during the construction or redevelopment phase of a tunnel taking examples from practice. Invaluable recognitions that were obtained concluded that the construction and redevelopment phases represent an out-of-the-ordinary challenge, which cannot be covered by a communal fire brigade operating at a normal level. As a result, essentially a special fire service to evacuate construction workers should be established for the construction companies involved. If a communal fire service takes over this task, generally it requires special equipment and training as well as undoubtedly intensive collaboration between the communal fire service, the responsible authorities and the construction companies. Alternatively, staff of the construction companies can be trained as a fire brigade. A corresponding procedure must be planned in this connection.

The conference participants evaluated the fact that communal fire services are very frequently only included in planning and preparation shortly before the start of construction. It was unanimously agreed that a period of at least a year is regarded as essential to enable all those involved to come up with a suitable solution. In addition to the agreements relating to fire protection during the construction or redevelopment phase, it is also vital just how design concepts in tunnelling not covered by the norm are exploited optimally with regard to an event of fire.

wehren. Alle Gruppen bringen ihre spezifischen Kenntnisse und ihren individuellen Blick auf das Thema mit. Dabei können bei entsprechend offenem Austausch alle Seiten voneinander profitieren. Ziel der International Fire Academy ist es, über die jeweils kommunale Situation hinaus den Austausch auf unterschiedlichen Ebenen zu initiieren und zu unterstützen und ein Forum für die Diskussion der sich immer wieder neu ergebenden Fachfragen zur Tunnelbrandbekämpfung zu bieten.

### Fazit

Immer mehr Feuerwehren bereiten sich gezielt auf die Bekämpfung von Tunnelbränden vor. Durch die zusätzliche Ausbildung entwickeln diese Feuerwehren eine hohe Kompetenz dafür, welche Bedingungen sie für einen erfolgreichen Einsatz im Brandfall benötigen. Für eine gute Einsatzvorbereitung sind sie insbesondere auf die Zusammenarbeit mit den Tunnelbetreibern angewiesen.

Ihr Wissen und ihre Erfahrungen sollten Feuerwehren bereits in der Planungsphase für den Bau oder die Sanierung eines Tunnels einbringen können. Dies ist einerseits Voraussetzung dafür, dass die Rettungswehr rechtzeitig konzipiert und aufgestellt werden kann; andererseits wird es so möglich, die technische bauwerksseitig angelegte Vorsorge zur Selbstrettung von Tunnelnutzern durch Konzepte zur Fremdrettung und Schadensreduzierung im Brandfall zu ergänzen. Dies gilt auch für die langfristigen Folgen: Es wird immer deutlicher, dass lange Ausfallzeiten von Tunnelanlagen zu großräumigen Verkehrsstörungen und damit auch zu hohen volkswirtschaftlichen Schäden führen.

Wenn die Zusammenarbeit mit Ingenieuren, Behörden und Tunnelbauern mindestens ein oder besser zwei Jahre vor dem Start der Bau- oder Sanierungsmaßnahme beginnt, bietet sich außerdem die Chance, die Kosten für Sicherheitsmaßnahmen insgesamt zu senken, und insbesondere kann vermieden werden, dass Baumaßnahmen wegen eines unzureichenden Abwehrenden Brandschutzes unterbrochen werden müssen. 

### Interdisciplinary Communication

Basically chances and risks are embedded in communication and trustful cooperation between tunnel engineers, tunnellers and tunnel operators as well as the fire services. All groups provide their specific knowledge and individual viewpoint of the topic. This means that all sides can basically profit from each other during an open exchange of views. The aim of the International Fire Academy is to initiate and support exchange at different levels over and beyond the given communal situation and create a forum for discussing ever new issues cropping up in conjunction with combating tunnel fires.

### Conclusion

An increasing number of fire services are purposefully gearing themselves towards tackling tunnel fires. Thanks to additional training these fire services become highly competent in assessing which conditions are required to combat fire successfully. They depend particularly on collaborating with the tunnel operators to prepare for their assignment.

Fire services should be able to incorporate their knowledge as well as their acquired expert experience during the planning phase for the construction or redevelopment of a tunnel. This on the one hand, represents a prior condition for ensuring that the fire service can be developed and set up in time; on the other it ensures that concepts for third-party evacuation and reducing tunnel damage can be augmented in the event of fire by prevention for self-evacuation geared to tunnel structures. This also applies to the long-term consequences: it has become increasingly evident that lengthy closure periods of tunnel facilities lead to large-scale traffic hold-ups and in turn to high economic damage.

Providing that cooperation with engineers, authorities and tunnelers commences at least one or even better two years prior to the starting of the construction or redevelopment measure, there is the chance of reducing the costs for safety measures. In addition, it can also be avoided that construction measures have to be interrupted on account of inadequate preventive fire protection. 

### Die Tunnel-Einsatzlehre der International Fire Academy

Auslöser für die Gründung der International Fire Academy waren die Tunnelbrände im Mont-Blanc-Tunnel und im Tauerntunnel im Jahr 1999. Seit dem Jahr 2009 sind die beiden für die Ausbildung von Feuerwehren entwickelten Tunnel-Übungsanlagen in Balsthal und Lungern in Betrieb. Die Anlagen entsprechen 1:1 dem Profil von Autobahntunneln mit allen für die Feuerwehren relevanten verkehrs- und sicherheitstechnischen Merkmalen. Hier können praktisch alle nur denkbaren Ereignisszenarien in Tunneln simuliert und einsatznah trainiert werden. Außerdem bieten die Übungsanlagen Trainingsmöglichkeiten für Ereignisse in unterirdischen Bahnanlagen.

Das Didaktik- und Entwicklungsteam der International Fire Academy entwickelte seit 2001 eine tunnelspezifische Einsatzlehre, die den Feuerwehren eine klare Orientierung für ihre auf den jeweiligen Tunnel angepasste Einsatztaktik gibt und sie bei deren Entwicklung unterstützt. Voraussetzung für das erforderliche maßgeschneiderte Konzept ist die genaue Kenntnis der Tunnelanlage. Begehungen und Übungen vor Ort sind daher für die Feuerwehren unerlässlich.

### The International Fire Academy's Pre-Deployment Training

The tunnel fires in the Mont Blanc Tunnel and in the Tauern Tunnel in 1999 brought about the creation of the International Fire Academy. The 2 tunnel training facilities at Balsthal and Lungern have been open for the training of fire services since 2009. The facilities correspond to the profile of motorway tunnels on a 1:1 scale with all traffic and safety technical features of relevance for fire-fighters. Practically all conceivable incident scenarios in tunnels can be simulated here and relevant training carried out. Furthermore the facilities provide training opportunities for incidents occurring in underground railway systems.

The International Fire Academy's team responsible for didactics and development has drawn up a tunnel-specific pre-deployment training programme since 2001, that provides fire services with a clear orientation for their operational tactics adapted to the tunnel in hand and supports them in their development. The prior condition for the tailor-made concept is exact knowledge of the tunnel system. Inspections and drills on the spot are thus essential for fire-fighters.

## Jubiläum

## STUVA-Ehrenmitglied Prof. Adolf Müller-Hellmann 70 Jahre

Albert Einstein hat einmal gesagt, eine wirklich gute Idee erkennt man daran, dass ihre Verwirklichung von vornherein ausgeschlossen erscheint. Dieses Zitat kennzeichnet oftmals das Wirken von Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann, Geschäftsführer des VDV Industrieforums e. V. (vormals VDV-Förderkreis e. V.) und Vorstandsvorsitzender des Forums für Verkehr und Logistik der DEVK Versicherungen und des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). Mit Feuer und Leidenschaft schafft er es immer wieder, Mitstreiter für eine Sache zu gewinnen, zu begeistern und auf seinem Weg mitzunehmen. Die STUVA hatte in den zurückliegenden Jahren bei einer Reihe von Projekten die Freude, in ihm einen Förderer für Themen des ÖPNV am Puls der jeweiligen Zeit gefunden zu haben. So entstanden

beispielsweise einige Bücher in der blauen Reihe des VDV/VDV Industrieforums, deren Auflagen oftmals schnell vergriffen waren. Prof. Müller-Hellmann war von 1998 bis 2008 Hauptgeschäftsführer des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). Er ist seit 2003 Ehrenmitglied der STUVA. Die STUVA gratuliert ihm zu seinem Ehrentag ganz herzlich. Wir freuen uns auf weitere erfolgreiche Zeiten der Zusammenarbeit und wünschen Prof. Müller-Hellmann für die kommenden Jahre viel Gesundheit und weiterhin einen hohen Wirkungsgrad. 



Die STUVA gratuliert Prof. Adolf Müller-Hellmann zum 70. Geburtstag

The STUVA expresses its congratulations on Prof. Adolf Müller-Hellmann's 70<sup>th</sup> birthday

## Anniversary

## STUVA Honorary Member Prof. Adolf Müller-Hellmann turned 70

Albert Einstein once asserted that you recognize a really good idea by the fact that it seems to be impossible to be realized from the very outset. This quote often characterizes the activities of Prof. Adolf Müller-Hellmann, the managing-director of the VDV (Association of German Transportation Companies) Industrieforum e. V. (formerly the VDV-Förderkreis e. V.) and board chairman of the Forum for Transport and Logistics of the DEVK Insurances and the Association of German Transportation Companies (VDV). Time and time again he is able to inspire people to take on a cause and

follow him on his chosen path. The STUVA was able to obtain his active support for a number of projects in recent years to further public commuter transportation topics commensurate with the times we live in. For example this led to a number of books in the VDV/VDV Industrieforum blue series being published, which were soon out-of-print. Prof. Müller-Hellmann was the CEO of the VDV from 1998 to 2008. He has been an honorary member of the STUVA since 2003. The STUVA would like to express its hearty congratulations to mark this special day. We look forward to many more successful years of cooperation and wish Prof. Müller-Hellmann health and happiness coupled with flourishing endeavours. 

## Forschungsbericht

## „Sichere Knotenpunkte für schwächere Verkehrsteilnehmer“

Schwächere Verkehrsteilnehmer benötigen einen besonderen Schutz im Straßenverkehr. Allerdings bedarf es keiner grundlegend neuen alters- oder gruppenspezifischen Entwurfsregelwerke. Das hat eine Studie im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV) ergeben, in der insbesondere das Unfallgeschehen an innerörtlichen Kreuzungen

und Einmündungen sowie die Zusammenhänge mit der jeweiligen Infrastruktur untersucht wurden.

### STUVA-Analyse mit neuen Erkenntnissen

Die Untersuchung für die UDV wurde unter Leitung der Bergischen Universität Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und

## Research Report

## “Safer Junctions for more vulnerable Road Users”

More vulnerable road users require special protection on road traffic. However, no new basic set of draft regulations relating to age or particular groups is needed. This was revealed by a study undertaken on behalf of the German Insurers Accident Research (UDV), which concentrated especially on accidents occurring at urban junctions and intersections as well as in-

terconnections with the relevant infrastructure.

### STUVA Analysis provides new Findings

The survey carried out for the UDV was undertaken under the direction of the University of Wuppertal (BUW), Faculty of Road Traffic Planning and Road Traffic Technology together with the STUVA and the Leibnitz Insti-

Straßenverkehrstechnik mit der STUVA und dem Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der Technischen Universität Dortmund durchgeführt. Die STUVA hatte im Rahmen der Studie den Auftrag, speziell die Unfallrisiken von Menschen mit Behinderung sowie die Wechselwirkungen zwischen barrierefreier Gestaltung und Gefährdungspotenzial für alle Verkehrsteilnehmer zu analysieren.

Einige bereits bekannte Einflussfaktoren, die zu einer Gefährdung auch von schwächeren Verkehrsteilnehmern führen, konnten auf Basis umfangreicher Unfallanalysen und Verkehrsbeobachtungen sicher verifiziert werden. Zudem ließen sich neue Erkenntnisse, insbesondere zum Verhalten älterer Pkw-Fahrer, gewinnen. Generell lässt sich aus der umfassenden Studie ableiten, dass die Gestaltung der in der Untersuchung identifizierten und analysierten unfallbelasteten Knotenpunkte häufig nicht den Planungsempfehlungen aktueller Regelwerke entsprach und somit nicht dem Stand der Technik und der Verkehrssicherheit. Viele der festgestellten Defizite, die zum Teil auch im direkten Bezug zum Unfallgeschehen standen, wären bei gemäß den aktuellen Regelwerken gestalteten Knotenpunkten nicht aufgetreten. Empfehlungen zur Gestaltung von Knotenpunkten müssen daher im Wesentlichen auf die Ausführungen aktueller Entwurfsregelwerke innerstädtischer Straßen und Knotenpunkte sowie von Fuß-, Rad- und barrierefreien Verkehrsanlagen verweisen. Dabei ist immer die Gesamtanlage unter Berücksichtigung der Belange aller Verkehrsteilnehmer zu betrachten.

### Mehr Schutz für schwächere Verkehrsteilnehmer

Die bestehenden aktuellen Regelwerke sind bei konsequenter Anwendung dazu geeignet, schwächeren Verkehrsteilnehmern einen hohen Schutz zu gewährleisten. Eine Verschärfung in Hinblick auf die Regelungen zum signaltechnisch geführten Linksabbieger würde allerdings besonders älteren Kraftfahrern helfen und auch zur Erhöhung der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten im Allgemeinen beitragen. Analog gilt dies für die Gewährleistung ausreichender Sichtbeziehungen, was einen Sicherheitsgewinn für alle Verkehrsteilnehmer bedeutet, insbesondere aber Kindern hilft. Aus Sicht der barrierefreien Gestaltung sind speziell die Gestaltung von Überquerungsstellen (Bordsteinkanten, Bodenindikatoren) sowie die Verwendung visueller Kontraste wichtig. Eine barrierefreie Gestaltung sollte zudem die Belange der unterschiedlichen Nutzergruppen möglichst ausgewogen berücksichtigen. Mit diesem Ansatz des Designs für Alle wird der Straßenraum für möglichst viele Menschen selbstständig nutzbar. Dies ist auch erforderlich, um mit Blick auf die demografische Entwicklung eine zukunftsfähige Straßenraumgestaltung zu erreichen.

Der Schlussbericht zum Forschungsvorhaben sowie Kurzfassungen können auf den Internetseiten der UDV kostenlos heruntergeladen werden: <http://udv.de/de/strasse/planung-und-betrieb/stadtstraesen/wege-fuer-fussgaenger/sichere-kreuzungen-fuer-kinder-und-aeltere> 

tute for Occupational Research at the Technical University of Dortmund. Within the scope of the study the STUVA was responsible for analyzing in particular accident risks for disabled people as well as the interactions between barrier-free design and potential dangers affecting all road users. It was possible to safely verify a number of already known factors of influence, which also endanger more vulnerable road users, on the basis of extensive accident analyses and traffic observations. In addition, new findings especially relating to the behaviour of older car drivers were obtained. It can generally be maintained from the extensive study that the design of the identified and analyzed accident-prone junctions frequently failed to comply with the planning recommendations contained in current codes of standards and in turn the state of the art and traffic safety. Many of the determined deficits, which in some cases were also directly related to the occurrence of accidents, would not have taken place at junctions designed in accordance with the latest codes of standards.

Recommendations for designing junctions must therefore by and large be geared to rulings contained in valid design codes of practice for urban roads and intersections as well as for traffic systems devised for pedestrians, cyclists and the handicapped. In this connection, the complete system must be considered taking the requirements of all road users into account.

### More Protection for more vulnerable Road Users

The existing valid codes of standards are also suitable for ensuring that more vulnerable road

users are accorded with a high degree of protection providing they are properly applied. However stricter rules with regard to motorists turning to the left at traffic lights would help older motorists in particular quite apart from enhancing traffic safety at junctions in general. Similarly this applies to catering for adequate visibility, which represents a plus for the safety of all road users and children in particular. The design of crossing points (curb edges, ground indicators) as well as the application of visual contrasts play important roles as far as barrier-free design is concerned. Barrier-free design should as far as possible take the needs of different user groups into consideration in a balanced manner. Through this approach to design for satisfying everyone road areas should become suitable for as many people as possible without needing assistance. This is basically essential if a future-oriented road set-up is to be achieved in view of demographic developments.

The final report as well as summaries can be downloaded free-of-charge from the Internet pages of the German Insurers Accident Research:

<http://udv.de/de/strasse/planung-und-betrieb/stadtstraesen/wege-fuer-fussgaenger/sichere-kreuzungen-fuer-kinder-und-aeltere> 

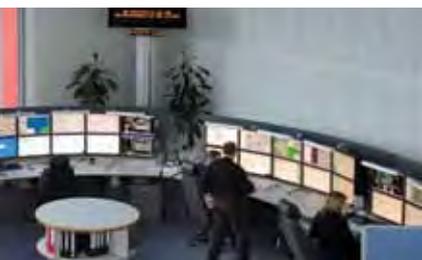
### Automatische Notfallerkennung

## Die STUVA koordiniert neues Forschungsprojekt „InREAKT“ zur Erhöhung der Sicherheit im ÖPNV

Der öffentliche Personennahverkehr ist zentraler Bestandteil der städtischen Infrastruktur. Vorfälle von Gewalt, Sachbeschädigungen und Vandalismus in Bussen und Bahnen sowie an Haltestellen können dazu führen, dass sich Fahrgäste – insbesondere nachts und in Zeiten geringer Frequentierung – unwohl fühlen oder öffentliche Verkehrsmittel sogar ganz meiden. Aber auch Fahrer, Fahrscheinkontrollure oder Sicherheitskräfte von Verkehrsunternehmen können in kritische Situationen involviert sein.

### Automatische Notfallerkennung erhöht Reaktionsgeschwindigkeit

Zur Erhöhung der Sicherheit des ÖPNV wird in InREAKT ein innovatives selbstlernendes und selbstoptimierendes technisches System aufgebaut, das sicherheitskritische Situationen und Notfälle im ÖPNV vollständig automatisiert erkennt sowie entsprechende Maßnahmen initiiert, um in Notfällen



Das Erkennen eines Notfalls wird an ein Ereignis-Managementsystem in der Leitstelle des Verkehrsunternehmens übertragen

An emergency is first identified and then transferred to an incident management system in the transportation company control centre



Zur Erhöhung der Sicherheit des ÖPNV wird in InREAKT ein selbstlernendes technisches System aufgebaut, das sicherheitskritische Situationen automatisiert erkennt

InREAKT involves the setting up of a self-learning technical system designed to increase LPT security, which identifies critical situations by completely automatic means

eine raschere Reaktion zu ermöglichen. Eine solche Hilfe-Reaktionskette besteht aus:

- Erkennen eines hilfebedürftigen Menschen
- Meldung einer detektierten Situation
- Verständigung von Reaktionskräften
- Intervention am Ereignisort

Das System soll ohne Speicherung von Daten oder Personenerkennung auskommen. Durch diese datenschutzrechtlich unbedenkliche Arbeitsweise besteht die Perspektive für eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung. Zudem werden alle technischen Arbeiten durch umfassende psychologische Begleitforschungen ergänzt. Für den Fahrgast und für Mitarbeiter von Verkehrsunternehmen soll durch InREAKT sowohl die objektive Sicherheit erhöht als auch ein verstärktes Sicherheitsempfinden erreicht werden.

### Automatic Detection of Emergencies

## The STUVA coordinates Research Project “inREAKT” for enhancing Security in Local Public Transport

ates corresponding measures thus facilitating rapid response to emergencies. A response chain of reaction in such cases consists of:

- Identifying a person requiring assistance
- Reporting a detected situation
- Informing the response services
- Intervention at the point of occurrence

The system is devised to function without storing data or identifying persons. Thanks to this method of working, which is clearly unproblematic in terms of data protection, there is a good chance that it will be readily accepted by the general public. In addition, all technical activities are augmented by accompanying comprehensive psychological research. InREAKT is intended to enhance the objective safety of the passenger and the transport company employees as well as reaching out for increased susceptibility for security.

### How it works

The inREAKT project pursues the aim of automatically identifying critical situations and emergencies affecting security in LPT based on combined video and sound detection. Additional data sources such as dynamic passenger information and vehicle telematics are taken into consideration to avoid false alarms.

The identification of a critical situation or an emergency is transferred to an incident management system in the transport company control centre, which

Public commuter transportation represents the central element of the urban infrastructure. Incidents involving violence, damage to property and vandalism in buses and trains as well as at stops can lead to a situation where passengers feel uncomfortable or even avoid public transportation entirely – especially at night or when services are infrequent. However, drivers, ticket inspectors or even security staff employed by public transport companies can also become involved in critical situations.

### Automatic Detection of Emergencies increases Speed of Reaction

InREAKT involves the establishment of an innovative self-learning and self-optimizing technical system for increasing security in local public transport (LPT), which automatically identifies critical situations and emergencies in LPT and initi-

## Funktionsweise

Das Projekt InREAKT verfolgt das Ziel, mit einer kombinierten Video- und Geräuschdetektion sicherheitskritische Situationen und Notfälle im ÖPNV automatisiert zu erkennen. Zur Vermeidung von Fehlalarmen werden zusätzliche Datenquellen wie aus der Dynamischen Fahrgastinformation und der Fahrzeugtelematik berücksichtigt.

Das Erkennen einer sicherheitskritischen Situation oder eines Notfalls wird an ein Ereignis-Managementsystem in der Leitstelle des Verkehrsunternehmens übertragen, das Handlungsempfehlungen für das Personal enthält. Diese Wissensdatenbank baut auf selbstlernenden Strukturen auf, so dass die dort zur Verfügung stehenden Entscheidungshilfen kontinuierlich verbessert werden.

Für ein rascheres Intervenieren von Hilfskräften (Polizei, Rettungsdienst, privater Sicherheitsdienst) werden umfangreiche Überlegungen hinsichtlich der Verbesserung von Kommunikationswegen angestellt. Dazu wird unter anderem eine Mitarbeiter-App in das Ereignis-Managementsystem integriert, mit der relevante Informationen effektiv ausgetauscht werden können.

Durch technische Systeme wie Lautsprecheranlagen und Lichtsteuerung ergibt sich die Möglichkeit, sicherheitskritische Situationen ferngesteuert zu beeinflussen. Daher werden entsprechende Deeskalations- und Beschwichtigungsstrategien konzipiert und Auswahloptionen für verschiedene Mitarbeiterkreise der Verkehrsunternehmen (Fahr- und Fahrscheinkontrollpersonal, Leitstellenpersonal) unterbreitet.

## Projekt-Workshops

Zum gegenwärtigen Bearbeitungsstand von InREAKT liegt der Fokus darauf, insbesondere die Anforderungen und Anregungen der Verkehrsunternehmen zu berücksichtigen. So führte die STUVA mit Unterstützung der VDV-Akademie vom Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. Ende Januar einen Workshop durch, um die Verkehrsunternehmen gleich zu Projektbeginn über die Ziele und Inhalte detailliert zu informieren und in die weiteren Entwicklungsschritte einzubeziehen. Ein Ziel ist es hierbei, in weiten Teilen auf den bisherigen Sicherheitskonzepten sowie den Fahrzeug- und Leitstellenkomponenten der Unternehmen aufzubauen, um die Anschaffungskosten zu verringern. Neben den technischen Aspekten wurden auch die Themen Datenschutz und subjektives Sicherheitsempfinden von Fahrgästen im ÖPNV intensiv diskutiert.

Ein weiterer Workshop mit den Schwerpunkten Videodetektion und Datenschutz findet im Herbst 2014 in Düsseldorf statt. Die Teilnehmerzahl ist auf 30 Personen begrenzt, eine unverbindliche Vormerkung ist bereits jetzt über [info@inreakt.de](mailto:info@inreakt.de) möglich.

„InREAKT“ – Integrierte Hilfe-Reaktionsketten zur Erhöhung der Sicherheit des ÖPNV“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Programms „Forschung für zivile Sicherheit“ als Teil der Hightech-Strategie der Bundesregierung über eine Laufzeit von drei Jahren (Oktober 2013 bis September 2016) mit 2,75 Millionen Euro gefördert. Nähere Informationen finden Sie auf [www.inreakt.de](http://www.inreakt.de). 

contains recommendations for how the staff should react. This knowledge data bank is based on self-learning structures so that the aids for making decisions to be found there are constantly improved. Far-reaching considerations are undertaken regarding how to improve means of communication for speedier intervention on the part of the emergency services (police, EMS and private security firms). Towards this end, among other things an app for staff members is integrated in the incident management system by means of which the relevant data can be exchanged effectively.

Thanks to technical systems such as loudspeaker systems and light control there is the possibility of influencing critical situations affecting security by remote-controlled means. As a consequence, corresponding de-escalation and appeasement strategies are being devised and selective options for various groups of staff of public transportation companies distributed (drivers and ticket inspectors, control centre personnel).

## Project Workshops

At the current stage reached by InREAKT the focus is centered on taking the requirements and proposals put forward by transportation companies into consideration. For example at the end of January the STUVA staged a workshop with the support of the VDV-Akademie of the German Association of Transport Companies so that these companies were informed about the contents and objectives in detail and included in the further development stages right at the start of the project. One objective in this connection is



**Projekt-Workshop: Neben den technischen Aspekten wurden auch die Themen Datenschutz und subjektives Sicherheitsempfinden von Fahrgästen im ÖPNV diskutiert**

Project workshop: in addition to technical aspects the topics of data protection and the subjective security susceptibility of passengers in LPT were also discussed

to exploit the existing safety concepts as well as the vehicle and control centre components of the companies that already exist as far as possible in order to cut down on procurement costs. Alongside technical aspects the topics of data protection and the subjective security susceptibility of passengers in LPT were discussed at length.

A further workshop concentrating on video detection and data protection will take place in Düsseldorf in autumn 2014. The number of participants will be limited to 30 and it is possible to register without obligation now by accessing [info@inreakt.de](mailto:info@inreakt.de).

“InREAKT – Integrated Response Reaction Chains to enhance Security in Local Public Transport” is being sponsored to the tune of 2.75 million Euro by the Federal Ministry for Education and Research within the framework of the “Research for civil Security” project as part of the federal government’s high-tech strategy over a three-year period (October 2013 to September 2016). More details available from [www.inreakt.de](http://www.inreakt.de). 

## Formwork Days 2014

## Präzisionsprodukt Tübbing: Experten erörtern neue Trends



Quelle/credit: Marvin Klostermeier

Expertenrunde: Rund 180 Teilnehmer aus 13 Ländern waren zu Gast bei den Formwork Days 2014

Round of experts: some 180 participants from 13 countries attended the 2014 Formwork Days

Zum dritten Mal nach 2009 und 2011 stand das Präzisionsprodukt Tübbing im Mittelpunkt der mittlerweile in Fachkreisen etablierten Konferenz Formwork Days, zu der sich Vertreter der Bauindustrie, von Planungs- und Beratungsbüros, Maschinen- und Equipmentherstellern sowie der Fachpresse Ende März 2014 auf Einladung des Veranstalters Herrenknecht Formwork im Europapark Rust einfanden. Rund 180 Teilnehmer aus 13 Ländern waren zu Gast bei einer Veranstaltung, deren Zielsetzung es ist, alle Aspekte der Tübbingproduktion qualifiziert zu beleuchten und so ihren Teil zur kontinuierlichen Optimierung des Produkts beizutragen. Desweiteren sollen die Kontakte, die sich während der Formwork Days knüpfen lassen, als solide Basis für zukünftige Geschäftsbeziehungen und Kooperationen genutzt werden können.

Bei den Vorträgen standen aktuelle Neuentwicklungen im Vordergrund, ergänzend dazu wurden auch entsprechende Praxisberichte und Ausblicke in Richtung der Trends für die Zukunft in das Programm aufgenommen. Stefan Medel, Geschäftsführer der Herrenknecht Formwork Technology GmbH steckte mit seinen einleitenden Worten zur Marktentwicklung und den abschließenden Ausblicken auf aktuelle und zukünftige Trends den Rahmen der Formwork Days 2014 (siehe dazu auch den Artikel ab Seite 2 in dieser tunnel-Ausgabe).

Neben den abwechslungsreichen Vorträgen nahmen die Referenten, Aussteller und Gäste wieder die Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch, zur Kontaktaufnahme und zum lockeren Gespräch in angenehmer Atmosphäre wahr.

Neue Exponate im Ausstellungsbereich brachten die Teilnehmer ins Fachsimpeln, und das sehenswerte Abendprogramm „Teatro Colosseo“ bot mit artistischen Showeinlagen spannende Unterhaltung.

Die mittlerweile dritte Auflage der Formwork Days fand Ende März im Europapark in Rust statt

The Formwork Days – now the third to be held – took place at the end of March in Rust

## Formwork Days 2014

## The Segment as Precision Product: Experts discuss new Trends

For the third time after 2009 and 2011 the segment as a precision product took centre stage at the by now well established Formwork Days Conference, which took place at the end of March 2014 in the Europapark Rust. It was attended by representatives of the construction industry, planning and consulting offices, engineering and equipment manufacturers as well as trade media, at the invitation of the organizer Herrenknecht Formwork. Some 180 participants from 13 countries attended an event, whose aim is to shed fresh light on all aspects of segment production thus contributing to the continuous optimization of the product. In addition, the contacts that can be established during the Formwork Days may be used as a solid basis for future business relations and cooperation.

Topical new developments were featured in the programme papers, backed up by corresponding reports from practice and predictions for future trends. Stefan Medel, the CEO of the Herrenknecht Formwork Technology GmbH with his introductory words on market developments and a look ahead to current and future trends set the scene for the 2014 Formwork Days (please also see the report on p. 2 in this issue of tunnel).





Führte durch das Programm: Stefan Medel, Geschäftsführer von Herrenknecht Formwork

Stefan Medel, CEO of Herrenknecht Formwork presented the programme

### Stahlfasern und „transparente“ Tübbinge

Dr. Benno Ring von Maidl Tunnelconsultants eröffnete den ersten Veranstaltungstag mit seinem Vortrag „Stahlfaserbeton oder konventionelle Bewehrung für Tübbings – ein Vergleich der Anwendung“. Dabei beleuchtete er die Vorteile der Stahlfaserbewehrung, die grundsätzlich die Verbesserung des Abplatzver-



Gute Unterhaltung: Das sehenswerte Abendprogramm des „Teatro Colosseo“ rundete den ersten Konferenztag ab

Great entertainment: the „Teatro Colosseo’s“ well worth seeing evening programme rounded off day 1 at the conference

Alongside the varied sets of papers, the speakers, exhibitors and guests again took advantage of the opportunity for an exchange of views, establishing contacts and informal talks in a pleasant ambience. New exhibits on display spurred on the participants to talk shop and the worthwhile „Teatro Colosseo“ programme in the evening provided exciting entertainment with artistic contributions.

### Steel Fibres and “transparent” Segments

Dr. Benno Ring from Maidl Tunnel Consultants opened the first day of the event with his paper “Steel Fibres or conventional Reinforcement for segmental Lining – a Comparison of Application”. Here, he described the advantages of steel fibre reinforcement, which essentially entails improving spalling behaviour, a reduction in crack widths and obviating the need for conventional reinforcement. At the same time, he examined the disadvantages, which can culminate in a restricted reinforcement effect and a pronounced spread of the tensile strength values. In summing up it was thus concluded that steel fibre concrete is increasingly becoming more important for segments but at present is only advisable in conjunction with low bending and tensile stresses.

Benoit de Rivaz from the Bekaert Company also tackled the topic of steel fibre concrete for segments. In this connection, the possibility of applying fibre reinforced concrete without traditional steel reinforcement for precast tunnel segments was examined, taking material tests and findings from international projects into consideration.

Andreas Lange, project manager for segments of the Koralm Tunnel KAT2, reported on his extensive experience with EDP-supported segment management in contract section 2 of the Austrian tunnel project from production to installation. A lengthy report on this will appear in issue 4/2014 of tunnel. Alexander Seilert from the German VMT GmbH augmented this with his paper “Transparent Segment – Life Cycle Monitoring of Segments” dealing with the quality and logistics management applied in the Koralm Tunnel.





Rege Diskussion: das Fachpublikum beteiligte sich mit detaillierten Nachfragen am Konferenzprogramm

Lively discussion: the expert public involved itself in the conference programme by asking detailed questions

haltens, eine Verringerung der Rissweiten und den Wegfall der Notwendigkeit einer konventionellen Bewehrung beinhalten. Ebenso untersuchte er aber auch die Nachteile, die sich in einer begrenzten Bewehrungswirkung und einer starken Streuung der Zugfestigkeitswerte ausdrücken können. Das Fazit beinhaltete daher auch die Erkenntnis, dass Stahlfaserbeton für Tübbinge zwar zunehmend an Bedeutung gewinne, aber derzeit nur bei geringen Biege- und Zugbeanspruchungen sinnvoll sei.

Benoit de Rivaz von der Firma Bekaert widmete sich ebenfalls dem Thema Stahlfaserbeton für Tübbinge. Untersucht wurde dabei die Möglichkeit des Einsatzes von faserverstärktem Beton ohne traditionelle Stahlbewehrung für vorgefertigte Tunnelsegmente unter Bezugnahme auf Materialprüfungen und die Erfahrungen bei weltweit durchgeführten Projekten.

Andreas Lange, Projektleiter Tübbing in der ARGE Koralmtunnel KAT2, berichtete über seine aufschlussreichen Erfahrungen des EDV-gestützten Tübbing-Managements im Baulos 2 des österreichischen Tunnelprojekts von der Produktion bis zum Einbau. Ein ausführlicher Bericht hierüber wird im tunnel 4/2014 erscheinen. Vertiefend ging Alexander Seilert von der deutschen VMT GmbH auf das im Koralmtunnel angewandte Qualitäts- und Logistikmanagement unter den Titel „Transparenter Tübbing – Life Cycle Monitoring von Tübbingen“ ein.

### DAUB-Empfehlungen, Turm-Segmente und Befestigungslösungen

Die neuen DAUB-Empfehlungen zum Tübbingdesign aus dem Jahr 2013 machte Prof. Fritz Grübl (PSP Consulting Engineers) zum Ausgangspunkt



Im Publikum: Vertreter der Bauindustrie, von Planungs- und Beratungsbüros, Maschinen- und Equipmentherstellern

Among the audience: representatives of the construction industry, planning and consulting offices, engineering and equipment manufacturers

### DAUB Recommendations, Tower Segments and Attachment Solutions

Prof. Fritz Grübl (PSP Consulting Engineers) made use of the new DAUB (German Tunnelling Committee) recommendations on segmental design as the starting point for his paper on structural principles and essential calculations and proofs for dimensioning a segmental ring. Among other things he explained the most important sections of these recommendations with particular attention being paid to the new tolerance parameters for reinforced concrete segments. Furthermore, Grübl discussed possible solutions for application if limits are slightly exceeded. Alessandro Polla (Euroform) for his part, directed the focus upwards rather than downwards in his lecture. He presented the functioning principle of an oneup formwork system for wind power technology by means of which towers can be erected using in situ concrete or precast concrete parts with the aid of self-climbing scaffolding.

Christoph Delus on behalf of the Anixter Company presented the latest developments in the field of segment attachments. Delus described the development of segment attachments from straight-

forward gasket compression to additional application as adjusting elements for example or as force distributors in the case of cross-passages. A concept for more rapid attachment was also presented by means of which on the one hand, productivity is speeded up for installing segments and which also prevents water and dust from penetrating during storage.

### Protecting Concrete and Generating Energy

Jörg Riechers representing the host company delivered a paper



Brachte dem Publikum anschaulich das Thema Toleranzen näher: Prof. Dipl.-Ing. Fritz Grübl von PSP Consulting Engineers

Provided the audience with explicit details on the topic of tolerances: Prof. Fritz Grübl from PSP Consulting Engineers

seines Vortrags über Konstruktionsgrundlagen und erforderliche Berechnungen und Nachweise bei der Bemessung eines Tübbingrings. Er erläuterte unter anderem die wichtigsten Abschnitte der Empfehlungen, mit besonderem Augenmerk auf die neuen Toleranzvorgaben für Stahlbetontübbinge. Zudem sprach Grübl über Lösungsmöglichkeiten zur Verwendung trotz geringer Toleranzüberschreitungen.

Alessandro Polla (Euroform) richtete in seinem Vortrag zur Abwechslung den Fokus nicht unter die Erde sondern in den Himmel. Er stellte das Funktionsprinzip eines Schalungssystems für Windkrafttechnologie vor, mit dem Türme in Ortbeton oder anhand von vorgefertigten Betonteilen mit Hilfe eines zentralen, selbstkletternen Rüstturms errichtet werden können.

Neueste Entwicklungen im Bereich der Tübbingverbindungs-mittel stellte Christophe Delus im Namen des Unternehmens Anixter vor. Delus beschrieb die Entwicklung der Tübbingverbindungen von der reinen Dichtungskompression zur zusätzlichen Verwendung beispielsweise als Justierelemente oder als Kraftverteiler bei Querschlägen. Vorgestellt wurde auch ein neues Konzept zur schnelleren Befestigung, mit dem sich einerseits die Produktivität beim Segmenteinbau beschleunigt und das zusätzlich das Eindringen von Wasser und Staub während des Einlagerns verhindert.

## Betonschutz und Energiegewinnung

Als Vertreter der Gastgeber referierte Jörg Riechers über korrosionsbeständige Tübbinge, die durch eine zusätzlichen Produktionsschritt fest mit einem schützenden Inliner verbunden werden. Dadurch lässt sich ein Tunnelausbau inklusive innerer Schutzschicht in nur einem Arbeitsschritt umsetzen. Für konventionelle Systeme müssten im Vergleich dazu im Anschluss an den Tunnelvortrieb grundsätzlich alle Radial- und Längsfugen aufwändig verschweißt und auf Dichtheit überprüft werden, was laut Riechers einen deutlich höheren Zeit- und Kostenaufwand bedeute.

Albert Lueghamer von der Agru Kunststofftechnik nahm sich des Themas Betonschutz mit Kunststoff-Auskleidungssystemen an, das insbesondere in Abwassertunnels von Bedeutung ist. Auch bei dem von ihm vorgestellten System wird die thermoplastische Schutzlage während der Tübbingformung mechanisch mit dem Beton verankert.

Im letzten Vortrag gab Ralf Winterling von der Rehau AG Einblick in die Möglichkeit, Tunnelbauwerke als Energiequelle zu nutzen. Die geothermische Nutzung der Betonflächen geschieht über sogenannte Energietübbinge die über eingebettete Absorberrohre verfügen. Mit einem in diesen Rohren zirkulierenden Wärmeübertragungsmedium (Wasser oder Wasser-Glykol-Gemisch) kann die Temperatur der Betonkonstruktion erhöht beziehungsweise reduziert werden. So kann Wärme aus dem anstehende Erdreich oder der Tunnelluft gewonnen werden. Im Falle der Aufheizung kann über die thermische Aktivierung auch eine Kühlung des Tunnels erfolgen. Mit nur minimalen Mehrkosten könne mit diesem System je nach Bodenbedingungen und Lufttemperatur im Tunnel mit einer Energieausbeute von 20 bis 40 W/m<sup>2</sup> gerechnet werden. 



Im Ausstellungsbereich der Veranstaltung wurden neue Produkte und ihre Anwendungsmöglichkeiten präsentiert

New products and their range of application were presented in the exhibition sector at the event

on corrosion-resistant segments, which are connected with a protective inliner thanks to an additional production stage. As a result, a tunnel can be lined including the inner protective layer in only a single working step. Compared with this, for conventional systems essentially all radial and longitudinal joints have to be subjected to complicated welding and tested for tightness, following the tunnel drive – which Riechers maintains involves a considerably higher amount of time and money.

Albert Lueghamer from the Agru Kunststofftechnik tackled the topic of protecting concrete with plastic lining systems, something which is of particular importance for sewers. In the case of the system he presented, the thermoplastic protective layer is anchored mechanically with the concrete while the segment is being formed.

In the final paper, Ralf Winterling of the Rehau AG provided an insight into how tunnels can be used as a source of energy. Geothermal exploitation of the concrete surfaces is effected via so-called energy segments, which possess embedded absorber pipes. The concrete structure's temperature can be increased or reduced thanks to a heat transference medium circulating in these pipes (water or a water-glycol mixture). In this way, heat from the surrounding earth or the tunnel air can be exploited. Cooling of the tunnel can also be achieved via thermal activation during the heating up phase. An energy yield of 20 to 40 W/m<sup>2</sup> can be reckoned with thanks to this system, involving only minimal extra costs depending on the ground conditions and the air temperature in the tunnel. 

BrennerCongress 2014

## Internationales Infrastruktursymposium

Die Universität Innsbruck und die Ingenieurkammer Bozen veranstalteten Ende Februar 2014 gemeinsam mit der Brenner Basistunnel-Gesellschaft (BBT SE) und der Viatec (Internationale Fachmesse für alpine Verkehrsinfrastruktur) den 7. BrennerCongress. Der Kongress stand unter der gemeinsamen Leitung von Prof. Dr. Konrad Bergmeister von der BBT SE sowie der Universität Wien und Prof. Dr. Walter Purrer von der Universität Innsbruck.

Rund 300 Teilnehmer aus verschiedenen Ländern – Ingenieure, Wissenschaftler, Auftraggeber und Unternehmer – besuchten die Tagung, auf der internationale Fachleute über eine Reihe von Themen rund um den Bau, den Betrieb und die Instandhaltung von Infrastrukturprojekten berichteten. Im Mittelpunkt des Kongresses in den neuen Räumen der Messe Innsbruck stand der Brenner Basistunnel (BBT) mit seinen Zulaufstrecken in Österreich, Italien und Deutschland. Behandelt wurden Themen im Zusammenhang mit dem Wunsch nach Effektivität und Effizienz in der Bauwirtschaft und der Kooperation auf verschiedenen Ebenen (auf Landes-, regionaler, organisatorischer und fachlicher Ebene und zwischen Bauherren, Unternehmen und Ingenieurbüros). Ebenfalls im Fokus stand die Projektentwicklung im Infrastrukturbau mit einem Schwerpunkt auf dem Thema des tragfähigen Konsenses zwischen allen Projektbeteiligten, den Nutzern und von Bau und Betrieb direkt Betroffenen.

### Aktueller Stand des Brenner Basistunnels

Der BBT ist in Österreich und Italien sowohl umwelt- als auch bautechnisch genehmigt, und für den österreichischen Teil ist die eisenbahntechnische Genehmigung erteilt. Er ist eine neue

BrennerCongress 2014

## International Infrastructure Symposium

The 7<sup>th</sup> BrennerCongress held in late February 2014 was organised by the University of Innsbruck and the Bolzano Chamber of Engineers, in cooperation with the Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel (BBT SE) company and Viatec (International Trade Fair for Transport Infrastructure in Alpine Regions). The Congress was jointly chaired by Prof. Dr. Konrad Bergmeister, of BBT SE and the University of Vienna, and Prof. Dr. Walter Purrer, of the University of Innsbruck.

Some three hundred participants – engineers, scientists, engineering clients and contractors – from a range of countries visited the event to hear international specialists reporting on a series of topics on numerous facets of the construction, operation and maintenance of infrastructural projects. The focus of the Congress, meeting in new facilities at the Congress Messe Innsbruck fair and exhibition centre, was on the Brenner Base Tunnel (BBT) and its approach routes in Austria, Italy and Germany. Subjects associated with the desire for both effectiveness and efficiency in the construction industry, and with co-operation at a range of levels (e.g. national, regional, organisational and technical level, and between project clients, contractors and engineering consultancies) were examined. Another central element was project development in infrastructural construction, with an emphasis on the subject of viable consensus between all project participants, the users and those directly affected by construction and operation.

### The current status of the Brenner Base Tunnel

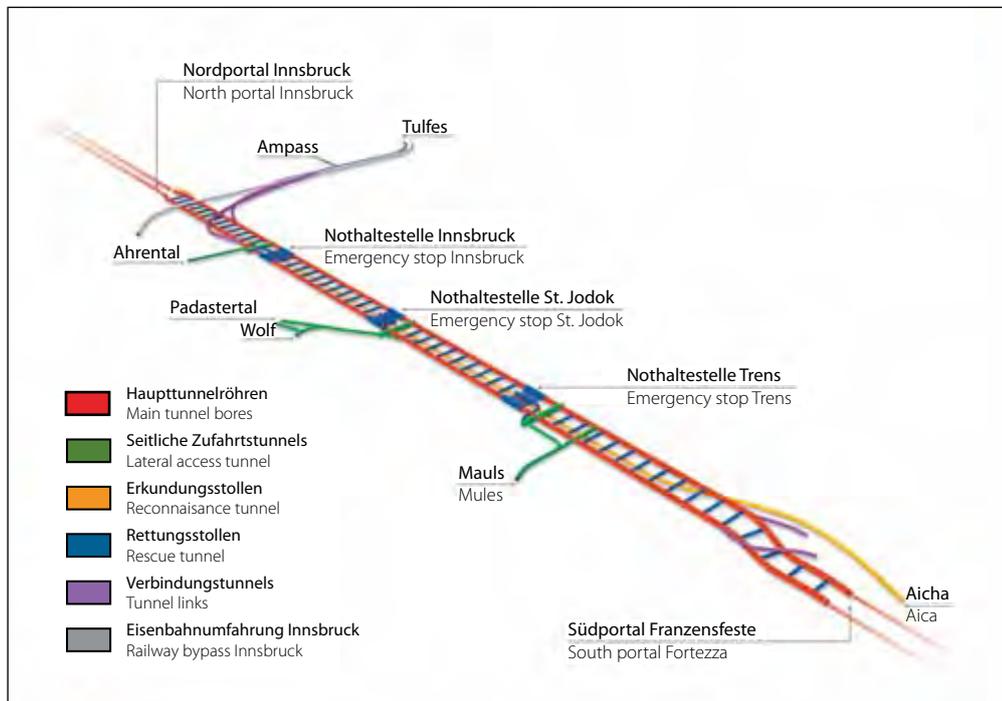
The BBT has received both environmental and building-law approval in Austria and Italy, and rail-technology approval has been granted for the Austrian section. It will be a new underground rail-tunnel link extending from Tulfes, to the east of Innsbruck, to Franzensfeste, in Italy. This border-spanning project has, since

21 December 2013, officially been an element in the 'Scan-Med' Scandinavia-to-Mediterranean North-to-South corridor (EU Directive No. 1315/2013). Passage of the tunnel under Innsbruck will create the longest underground rail section, with a total length of 64 km and a longitudinal gradient varying between 5.0 and 6.7 ‰. An exploratory tunnel (to be used later as a drainage culvert) will first be driven centrally 11 m below the two single-track tunnel bores; in simplified terms, four main geological structures dominate, from North to South: Innsbruck quartz phyllite, Bündnerschist, gneiss and granite.



Der BrennerCongress 2014 fand in den neuen Räumen der Messe Innsbruck statt

The BrennerCongress 2014 was held in the new facilities at the Congress Messe Innsbruck fair and exhibition centre



Schematische Darstellung des Brenner Basistunnels

Schematic representation of the Brenner Base Tunnel

unterirdische Tunnelverbindung für die Eisenbahn von Tulfes östlich von Innsbruck bis Franzensfeste in Italien. Dieses grenzüberschreitende Projekt ist seit dem 21. Dezember 2013 Teil des Nord-Süd-Korridors ‚Scan-Med‘ Skandinavien-Mittelmeer (EU-Verordnung Nr. 1315/2013). Mit der Unterfahrung von Innsbruck entsteht damit die längste unterirdische Eisenbahnstrecke mit etwa 64 km Gesamtlänge und einer Längsneigung zwischen 5,0 und 6,7 ‰. Zunächst wird mittig, 11 m unterhalb der beiden eingleisigen Tunnelröhren ein Erkundungsstollen (später Entwässerungsstollen) vorgetrieben; vereinfacht herrschen von Nord nach Süd vier wesentliche Gesteinsstrukturen: Innsbrucker Quarzphyllit, Bündler Schiefer, Gneis und Granit.

## Bauausführung

Eingegangen wurde auf das Bauprogramm 2013, wie Ausschreibung der Baulose Unterfahrung des Eisacks, Brenner-Mauls, Pfons-Brenner, Ahrental, Siltschlucht, des Bahnhofs Innsbruck und des Bahnhofs Franzensfeste, und den Stand der Bauarbeiten in den bereits vergebenen Baulosen, wie Aicha-Mauls (10,5 km), Erkundungsstollen Innsbruck-Ahrental (29 km) mit verschiedenen Vortriebsarten und Tulfes-Pfons mit Rettungsstollen Tulfes parallel zur bestehenden Umfahrung Innsbruck, den Verbindungsstollen und dem Erkundungsstollen von Ahrental bis Pfons.

Inzwischen wurden die Erkundungsstollenabschnitte Innsbruck Ahrental und Aicha-Mauls aufgeföhren. Derzeit wird der Erkundungsstollen auf der italienischen Projektseite durch die Periadriatische Naht vorgetrieben. Alle Zugangstunnel sind entweder bereits erstellt (Ampass, Ahrenstal, Mauls) oder befinden sich im Bau (Wolf).

## Construction

The construction programme for 2013, such as invitations to tender (ITTs) for the lots passage under the Eisack, Brenner-Mauls, Pfons-Brenner, Ahrental valley, the Siltschlucht chasm, Innsbruck station and Franzensfeste station, and the status of work on the lots already awarded, such as Aicha-Mauls (10.5 km), the Innsbruck-to-Ahrental exploratory tunnel (29 km, using a range of different tunnelling methods), and Tulfes-Pfons, including the Tulfes rescue tunnel, paralleling the existing Innsbruck avoiding line, the connecting tunnel and the exploratory tunnel from Ahrental to Pfons, were discussed. Driving of the sections of exploratory tunnels between Innsbruck Ahrental and Aicha-Mauls has now started. The exploratory

tunnel at the Italian end of the project is currently being headed through the Periadriatic Lineament. All access tunnels have either been completed (Ampass, Ahrental and Mauls) or are under construction (Wolf).

## Re-use of excavated material

Advances have been achieved in the re-use of the excavated material, such as that from the Bündner schist, a micaceous schist with a predominantly calcite content; point-load tests on 32/64 mm particle fractions were performed to permit estimation of compressive strength; this proved to be some 70 N/mm<sup>2</sup> perpendicular to the foliation.

Reports on the construction work for the BBT performed in the Italian sector then followed, and included knowledge gained concerning the geology and geo-technology during driving of the exploratory tunnel. Completion of all construction and fitting-out work for the BBT by 2025 is targeted; trial operation is then to commence in September 2025, and routine operation in December 2026.

## Project development, cost/risk management

The planning phase for obtainment of the necessary approvals for the BBT was completed over the past few years. Optimisation of project development in terms of project implementation was explained, citing the example of the Lower Inn Valley route for the northern rail approach to the tunnel. The existing ÖBB (Austrian Federal Railways) route was to be avoided as far as possible, and the A12 autobahn subjected to as little disruption as possible, by means of 42 km of underground and tunnel routings, with a total investment volume of 2.3 billion Euros. Drafting of the project planning



Quelle/credit: BBT SE

Martin Knights referierte über die britische ECI-Methode der frühzeitigen Einbindung der Bauunternehmer in die Projektplanung

Martin Knights talked about the Early Contractor's Involvement method (ECI) in the UK

### Wiederverwendung des Ausbruchs

Fortschritte konnten bei der Wiederverwendung des Ausbruchmaterials erzielt werden, wie zum Beispiel beim Tunnelausbruch des Bündener Schiefers, einem Glimmerschiefer mit überwiegendem Calcit-Anteil; zur Abschätzung der Druckfestigkeit wurden Punktlastversuche an Korngruppen 32/64 mm durchgeführt, wobei die senkrecht zur Schieferung erzielte Druckfestigkeit bei 70 N/mm<sup>2</sup> liegt.

Danach folgten Berichte über durchgeführte bauliche Maßnahmen für den BBT im italienischen Abschnitt mit Erkenntnissen über Geologie und Geotechnik beim Vortrieb des Erkundungstunnels. Ziel ist es, alle Bau- und Einbauarbeiten für den BBT bis 2025 durchzuführen, den Probetrieb Ende September 2025 zu starten und im Dezember 2026 den Regelbetrieb aufzunehmen.

### Projektentwicklung, Kosten- und Risikomanagement

Für den BBT wurde die Planungsphase zum Einreichen der notwendigen Genehmigungen in den letzten Jahren fertiggestellt. Die Optimierung der Projektentwicklung wurde im Hinblick auf den Projektbau am Beispiel der Unterinntaltrasse für die nördliche Zulaufstrecke zum BBT erläutert. Bei 42 km Unterflur- beziehungsweise Tunneltrasse mit 2,3 Milliarden Euro Gesamtinvestitionsvolumen sollte die bestehende ÖBB-Trasse möglichst gemieden und die Autobahn A12 nur wenig beeinträchtigt werden. Näher eingegangen wurde auf das Erstellen der Einrichtplanung (unter anderem zur Umweltverträglichkeitsprüfung) und die Schwierigkeit, alle neuen Anlagenteile nach dem Stand der Technik unter Beachtung der einschlägigen gültigen Normen und Richtlinien zu erstellen und ausschließlich unter Verwendung nachweislich geprüfter Bau- und Werkstoffe.

Ein durchgehendes Kosten- und Risikomanagement bei derartigen Großprojekten im Infrastrukturbereich ist keine einfache Aufgabe. Nach den Ausführungen ist dabei die Kostenstruktur (Basiskosten und Risiken über die Projektlaufzeit), die Wahl des Verfahrens zur Kostenermittlung, das Kostencontrolling, die Risikoanalyse und schließlich die rückblickende Projektanalyse (Analyse der Nachtragsursachen usw.) zu beachten.



Quelle/credit: BBT SE

Prof. Dr.-Ing Holger Wallbaum stellte das Infrastrukturprojekt für die Europastraße E 39 an der Westküste Norwegens vor

Prof. Dr.-Ing Holger Wallbaum presented the Norwegian infrastructure project "E39 – A coastal highway in Norway"

(including the Environmental Impact Assessment) and the difficulties of producing all new system components in accordance with the state-of-the-art, with adherence to the applicable codes and standards, and using only verifiably inspected building and other materials, were discussed in greater detail.

All-inclusive cost and risk management is no easy task in such large-scale infrastructural projects. The speakers noted that cost structure (basic costs and risks across project period), selection of the costing method, Cost Controlling, risk analysis and, finally, retrospective project analysis (analysis of causes of supplementary work, etc.) must all be taken into account.

### International examples

The Congress also examined international examples to illustrate project development in infrastructural engineering: these came from Germany (the new Wendlingen-Ulm line, featuring 31 km of rail tunnel and the tunnels of the major Stuttgart-Ulm project), Switzerland (commissioning of the NEAT project's rail base tunnel: 2007 Lötschberg Base Tunnel), Austria (development of ASFINAG's



Quelle/credit: BBT SE

Der Kongress stand unter der gemeinsamen Leitung von Prof. Dr. Walter Purrer (links) und Prof. Dr. Konrad Bergmeister

The congress was jointly chaired by Prof. Dr. Walter Purrer (left) and Prof. Dr. Konrad Bergmeister

## Internationale Beispiele

Der Kongress behandelte auch die Projektentwicklung im Infrastrukturbau mit internationalen Beispielen: aus Deutschland (Neubaustrecke Wendlingen-Ulm mit 31 km Eisenbahntunnel und Tunnel des Großprojektes Stuttgart-Ulm), der Schweiz (Inbetriebnahme eines Eisenbahn-Basistunnels des NEAT-Projekts: 2007 Lötschberg-Basistunnel), Österreich (Entwicklung des A+S Netzes der ASFINAG und Projekt Hauptbahnhof Wien) und auch Norwegen. Prof. Dr.-Ing Holger Wallbaum stellte die gemeinsam mit Dr. Mohammed Hoseini und Prof. Dr. Rolf André Bohne erarbeiteten Erkenntnisse zu einem der größten geplanten Infrastrukturprojekte weltweit vor: Die über 1100 km an der Atlantikküste Westnorwegens verlaufende Europastraße E 39 soll die Fjorde mit Brücken und Tunnels über- und unterqueren, den Verkehr langfristig vom Fährtransport unabhängig machen und so die Reisezeit von bisher 21-22 Stunden auf 12-13 Stunden reduzieren. Die Betrachtungen beschränken sich dabei nicht nur auf die ingenieurtechnischen Herausforderungen sondern beinhalten auch die gesellschaftlichen Veränderungen der betroffenen Region, die Möglichkeiten, Brückenbauwerke für die Gewinnung erneuerbarer Energien nutzbar zu machen und Ansätze zu Finanzierungs- und Ausführungsstrategien eines derart komplexen Infrastrukturprojektes.

autobahn und high-speed road network, and the Vienna Main Station project), and also from Norway. Prof. Dr.-Ing. Holger Wallbaum focussed on the knowledge gained, jointly with Dr. Mohammed Hoseini and Prof. Dr. Rolf André Bohne, on one of the world's largest planned infrastructural projects: European Highway E 39, extending for more than 1100 km along the Atlantic coast of western Norway, is to cross the intervening fjords on bridges or in tunnels, make traffic permanently independent of ferry operations, and thus cut travelling times from their previous 21-22 hours to 12-13 hours. Observations here were not restricted only to the engineering challenges, but instead also extended to the social implications for the regions affected, the potentials for using bridge structures for the recovery of renewable energy, and to concepts for financing and implementation strategies for such a complex infrastructural project.

The series of papers presented at the Congress also included discussion of a new model for project development: the interactive Project Logbook for visualisation and handling of complex questions and procedures in project management; the method takes effects-orientated account not only of the aim of achieving a positive approval verdict, but also operation at rational cost, and possible problems.



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

## Gemeinsam stärker im Tunnelbau

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

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



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

 **TechnoBochum**

# DEVO-Tech

// Apparatebau // Vakuumtechnik /// Tunnelbau //// Fertigungstechnik



## Einfach schwerste Teile bewegen

Überall wo platzsparend und sicher mit schwersten Bauteilen gearbeitet werden muss, ist DEVO-Tech zu Hause. Wir entwickeln Spezialanlagen nach Mass, zum Beispiel für den Tunnelbau.

**DEVO-Tech AG**  
Hauptstrasse 39    Tel. +41 61 935 97 97    info@devo-tech.ch  
CH-4417 Ziefen    Fax +41 61 935 97 99    www.devo-tech.ch

Desweiteren im Vortragsprogramm des Kongresses enthalten war die Vorstellung eines neuen Modells für die Projektentwicklung: das interaktive Projektlogbuch zur Veranschaulichung und Gestaltung komplexer Fragestellung und Abläufe im Projektmanagement; damit wird nicht nur das Ziel positiven Bescheids, sondern bereits der kostengünstige Betrieb und mögliche Störfall auswirkungsorientiert berücksichtigt.

Abschließend wurde über technische Entwicklungen im Infrastrukturbau berichtet, so über Erfahrungen beim Vortrieb von Tunnelbohrmaschinen (TBM),

die vor allem unter Bezug auf Sicherheit und Zeit verlässliche Durchführungen von Ungerundbaumaßnahmen ermöglichen und wo heute mit dem Hartgestein-Vorauserkundungssystem (ISIS) mit hoher Erkundungsreichweite sich Erkundungsbohrungen vermeiden lassen, die Stillstandszeiten und hohe Kosten verursachen.

Neben numerischen Modellierungen für Projektoptimierung im Tunnelblau (Wasserströmungen, Abdichtungen, Brandeinwirkungen usw.) und Feste Fahrbahn in Tunneln für Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsstrecken wurde über die Anwendung von stark verdünnter Salzsäure zur lokalen Bewältigung von Versinterungen in Bergwasserdrainagen berichtet.

## Exkursionen

Zum Abschluss des Kongresses bestand die Möglichkeit zur Teilnahme an drei verschiedenen Exkursionen. Neben den Besuchen der Wasserkraftwerksprojekte Stanzertal (Vortriebsarbeiten) und



Baulos Wolf 2  
Wolf 2 construction site area

Quelle/credit: BBT SE

Technical developments in infrastructural engineering were reported in conclusion, including experience in tunnel-heading using tunnel-boring machines (TBMs), which permit the sure completion of underground engineering projects, particularly in terms of safety and time, and where exploratory borings, which cause downtimes and high costs, can be eliminated using the hard-rock predictive exploration (integrated seismic imaging) system with a high exploration range. Reports were received on numerical modelling methods for optimisation of tunnel-construction projects (water flows, seals, effects of fire, etc.), on non ballasted track in tunnels for high-traffic and high-speed routes, and also on the use of greatly diluted hydrochloric acid for local elimination of scaling in underground-water drainage systems.

## Excursions

The Congress concluded with opportunities for participation in three different excursions. The options included visits to the Stanzertal (tunnelling operations ongoing) and Kauner (fitting-out) hydro-power projects, and a tour to view the ongoing construction work on the Wolf BBT access tunnel. After its completion, scheduled for October 2017, the Wolf Tunnel itself will, at four kilometres, be the longest of the total of four side access facilities, and will ascend some 400 m in this distance.

Construction work on the Wolf access tunnel started in November 2013. Here, between 8 and 10 m of tunnel are being excavated each day, using up to six blasting operations, supported by shotcrete application. The total tunnel structures associated with the Wolf Tunnel will have an overall length of 6.8 km; according to the contract, the construction costs will amount in total to some 104 million Euros. The access tunnels are being used for site traffic and for outward haulage of the excavated material during the construction phase for the main bores. The components of the tunnel-boring machines are also brought into the tunnel workings via these routes, and are then assembled in specially excavated assembly caverns. The Wolf



Quelle/credit: Klostermeier

Exkursion zum Wolf Zufahrtstunnel  
Excursion to the Wolf access tunnel



Quelle/credit: Heidelberg Cement

Bei der Wiederverwendung des Ausbruchmaterials konnten Fortschritte erzielt werden  
Advances have been achieved in the re-use of the excavated material

Kauner (Ausbau) stand auch ein Besichtigung der Bauarbeiten am BBT-Zufahrtstunnel Wolf auf dem Plan. Der eigentliche Tunnel Wolf wird nach der geplanten Fertigstellung im Oktober 2017 mit vier Kilometer der längste der insgesamt vier seitlichen Zugangsmöglichkeiten und überwindet auf dieser Strecke einen Höhenunterschied von rund 400 m.

Die Bauarbeiten für den Zufahrtstunnel Wolf wurden im November 2013 aufgenommen. In Spritzbetonbauweise werden dort täglich zwischen acht und 10 m Strecke mit bis zu sechs Sprengungen ausgebrochen und gesichert. Die Gesamtlänge aller Tunnelbauwerke im Zusammenhang mit dem Tunnel Wolf wird 6,8 km betragen, die Baukosten sollen sich laut Vertrag auf zusammengenommen 104 Millionen Euro belaufen. Während der Bauphase der Haupttunnel werden die Zufahrtstunnel für den Baustellenverkehr sowie für den Abtransport des Ausbruchmaterials benutzt. Außerdem werden auf diesem Wege auch die Bestandteile der Tunnelbohrmaschinen in das Berginnere transportiert und dort in eigens ausgebrochenen Montagekavernen zusammengebaut. Da der Zufahrtstunnel Wolf direkt ins Zentrum der geplanten Haupttunnelstrecke führt, kommt ihm während der Hauptbauphase besondere Bedeutung zu, da von dort aus die beiden Haupttunnelröhren in Richtung Brenner und in Richtung Innsbruck vorangetrieben werden.

Die erfolgreiche Verbindung von Congress und Messe wird im kommenden Jahr fortgesetzt; der BrennerCongress 2015 wird zeitgleich mit der 11. Viatic vom 19. bis 20 Februar 2015, diesmal in Bozen stattfinden. Weitere Einzelheiten zur diesjährigen Veranstaltung enthält der Tagungsband mit den 24 Vorträgen, erhältlich beim Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin. 

access tunnel leads directly to the centre point of the planned main tunnel line, and special importance therefore attaches to it during the main construction phase, since the two main tunnel bores are to be driven from this point toward Brenner and Innsbruck.

The successful congress/trade fair combination is to continue next year: the BrennerCongress 2015 will be held in parallel to the 11<sup>th</sup> Viatic, this time in Bolzano, from 19 to 20 February 2015. The congress proceedings contain more details of this year's event, complete with the twenty-four papers. It can be obtained from Wilhelm Ernst & Sohn firm of publishers, Berlin. 

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]**

## Oberflächenschutz

## Graffiti-Entfernung mit geringerem Reinigungsaufwand

Graffitikünstler hinterlassen ihre vermeintlichen Kunstwerke gerne überall auf großen Flächen, Gebäudefassaden, Brücken, Unterführungen und auch an Verkehrstunneln. Die Schmierereien sind ärgerlich für die Eigentümer und Kommunen, da Entfernung und Vorbeugung meist mit erheblichem Aufwand und enormen Kosten verbunden sind.

Der Stuttgarter Bauchemie-Hersteller Sika Deutschland GmbH hat ein Anti-Graffiti-Schutzsystem entwickelt, das den Reinigungsaufwand reduziert und exponierte Flächen vor Graffiti und vor schädigenden Umwelteinflüssen schützt. Der transparente Schutzfilm Sikagard-180 TAGS basiert auf Mikrowachs und kann auf beschichtete und unbeschichtete, wenig saugende Beton- und Mörtelflächen appliziert werden, ohne sie zu schädigen. Farblich gestaltete Flächen werden dabei in ihrer Erscheinung nicht beeinträchtigt, da das Material in halbmatter, transparenter Optik auf trocknet und so später einen Schutzfilm zwischen Bauteiloberfläche und Graffiti bildet.

### Reinigung mit heißem Wasser

Ist eine Oberfläche mit diesem lösemittelfreien, einkomponentigen Film beschichtet, ist für die Graffiti-Entfernung lediglich ein Heißwasser-HD-Reiniger erforderlich: Das über 90 °C heiße Wasser wärmt die Oberfläche an, das Graffiti kann mit dem anschließenden HD-Strahl mit etwa 90 bar einfach abgeschält werden. Im Anschluss muss mit der wasserdampfdurchlässigen Opferschicht Sikagard-180 TAGS wieder nachgeschützt werden, da sie beim Abschälen gemeinsam mit dem Graffiti entfernt wird. Der temporäre Graffitischutz ist UV-stabil, erhöht den Frost- und Tausalz widerstand und ist gebrauchsfertig anwendbar. Das System wird bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Verzeichnis der geprüften temporären Anti-Graffiti-Systeme geführt. 

## Surface Protection

## Removing Graffiti with minimal Cleaning Effort

Graffiti artists love to leave their supposed works of art all over the place on large areas, the fronts of buildings, bridges, underpasses as well as transport tunnels. Their graffiti are annoying for owners and municipalities as their removal and prevention is normally associated with considerable effort and enormous costs.

The Stuttgart construction chemical manufacturer Sika Deutschland has devised an anti-graffiti protection system, which reduces the need for cleaning and protects exposed areas from graffiti and harmful environmental influences. The transparent protective coating Sikagard-180 TAGS is based on micro-wax and can be applied on coated and uncoated, practically non-absorbent concrete and mortar surfaces, without causing them damage. Coloured surfaces remain unaffected as far as their optical appearance is concerned, as the material dries to present a semi-matt, transparent look thus subsequently providing a protective film between the structural surface and the graffiti.

### Cleaning with hot Water

Once a surface has been coated with this solvent-free, mono-component film, a hot water high-pressure cleaner is all that is required for removing the graffiti. The in excess of 90 °C hot water heats up the surface so that the graffiti can then be simply removed by the subsequent high-pressure jet of around 90 bar. Then the Sikagard-180 TAGS sacrificial layer, which is impervious to water, must be reapplied to provide subsequent protection as it is initially removed together with the graffiti. The temporary graffiti protective film is UV-stable, enhances the frost and thawing salt resistance and is supplied ready-for-use. The system is listed among the tested temporary anti-graffiti systems by the German Federal Highway Research Institute (BASt). 

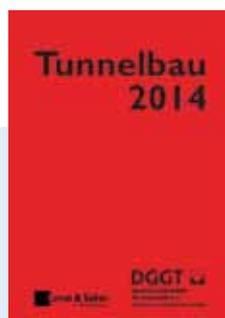
[www.sika.de](http://www.sika.de)

 **PROFIL**  
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG  
**fachbuchtip**

Profil –  
Buchhandlung im Bauverlag

Bauverlag BV GmbH  
Avenwedder Str. 55  
33311 Gütersloh  
Tel: +49 (0) 5241/80-88 957  
Fax: +49 (0) 5241/80-60 16

profil@bauverlag.de  
www.profil-buchhandlung.de



### Taschenbuch für den Tunnelbau 2014

Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.  
Gebunden, 422 S., 187 SW-Abb., 9 Tab., 14,8 cm, 345 g  
2013 Ernst & Sohn  
ISBN 978-3-433-03055-4  
EUR 39,90

- Seit fast vier Jahrzehnten als Kompendium des Tunnelbaus etabliert
- Stets wechselnde Themen zu hochaktuellen Aufgabenstellungen
- Große Praxisnähe

Bestellen Sie online unter: [www.profil-buchhandlung.de](http://www.profil-buchhandlung.de)

**Swiss Tunnel Congress**

11.-13.06.2014  
Kultur- und Kongresszentrum,  
Luzern, Switzerland  
Kontakt/Contact: Thomi Bräm  
PR Beratung + Verlag  
Tel.: +41 56/200 23 33  
Fax: +41 56/200 23 34  
fgu@thomibraem.ch  
www.swisstunnel.ch

**15<sup>th</sup> Australasian  
Tunnelling Conference**

*Underground Space –  
Solutions for the Future*  
17.-19.09.2014  
Sydney, Australia  
AusIMM – Australian Institute  
of Mining & Metallurgy)  
Belinda Martin  
Tel.: +61 3 9658 6125  
www.ausimm.com.au  
www.atstunnellingconference  
2014.com

**InnoTrans 2014**

23.-26.09.2014  
Messe Berlin, Germany  
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  
Tunnelsanierung**

*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

**Vancouver TAC 2014**

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

**econstra**

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

**2nd Expo Tunnel**

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



# 15th Australasian Tunnelling Conference 2014

**Underground space – solutions for the future**  
17–19 September 2014, Sydney, Australia



Co-hosted by

**Conference Highlights:**

- 3 days of technical presentations
- Leading industry keynote speakers
- Trade exhibition
- Networking program
- Technical workshops
- Technical tour program

**Gold Sponsors**

[www.atstunnellingconference2014.com](http://www.atstunnellingconference2014.com)

## Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page	Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	29	Flexco Europe GmbH, Rosenfeld/D	www.anker-flexco.com	25
AusIMM – The Minerals Institute, Carlton/AU	www.atstunnelingconference2014.com	47	Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
Bochumer Eisenhütte Heintzmann GmbH & Co. KG, Bochum/D	www.be-heico.de	17	Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	05
Devo-Tech AG, Ziefen/Basel/CH	www.devo-tech.ch	43	MULAG Fahrzeugwerk, Oppenau/D	www.mulag.de	07
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	45	TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	43
Fermacell GmbH, Duisburg/D	www.aestuver.de	27	The Robbins Company, Kent/USA	www.TheRobbinsCompany.com	U4

### 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@comediassrl.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. Honoraria 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

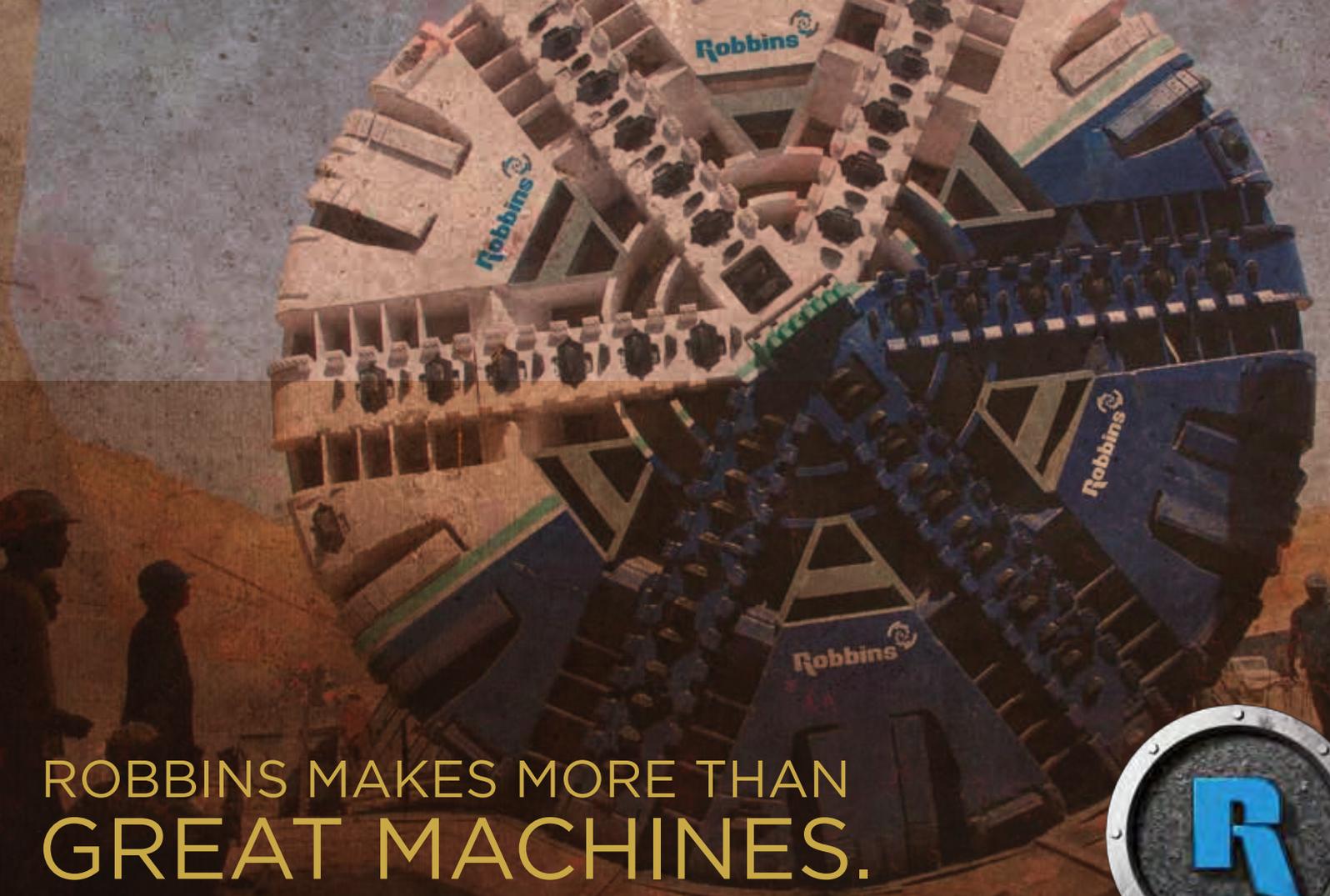
OR SEND US AN EMAIL

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

Subscribe  
**NOW!**

# tunnel

Official Journal of the STUVA

A large, detailed view of a Robbins cutterhead, showing multiple rows of cutting tools. The name "Robbins" is printed in blue on several of the tool holders. The background is a blurred construction site with silhouettes of workers.

ROBBINS MAKES MORE THAN  
GREAT MACHINES.



WE MAKE GREAT  
PARTNERS.

Robbins not only provides the best machine for your project, but also unrivaled support from project onset to machine buyback, and everything in between. There are no guarantees when you're underground - except that Robbins will be with you at every turn.



THE ROBBINS COMPANY.COM

