

tunnel

5

August

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2012

www.tunnel-online.info



bau || || verlag

Wir geben Ideen Raum

Mechanized Mining and Slot Holes
Psychological Safety Research
Tunnelling for Metro Doha/Qatar



ABU DHABI: SEWAGE SYSTEM WITH STRATEGY.

On the basis of the 2030 master plan, a gigantic new sewage network is being built in the desert metropolis of Abu Dhabi, which will connect new city and industrial areas. The "Strategic Tunnel Enhancement Program", in short "STEP", includes a main collector (deep tunnel sewer) with a length of 40 kilometers in three lots, as well as inflow link sewer and pump stations.

Herrenknecht has delivered five tunnel boring machines (EPB Shields Ø 6,310 and 6,950mm) for the project lot 2 and 3 (T-02 and T-03). They are designed to withstand high groundwater pressures of up to 8bar, and have been working successfully since April 2011. In April and May 2012, Impregilo's tunnelling experts achieved breakthrough with the first 3 machines after daily top performances of up to 33 rings (Segment length: 1.400mm). The two other EPB Shields are underway at full speed. The concrete segments for the tunnel lining are delivered by a lining segment production plant installed near site, which was planned, equipped with moulds for lining segment production and put into operation with the help of Herrenknecht Formwork engineers.

The project is well underway with Herrenknecht technology and competent partners from the region. This means that Abu Dhabi will soon have plenty of purified water for the irrigation of the desert city.

ABU DHABI | UAE

PROJECT DATA



S-582, S-583, S-584,
S-649, S-654, 5x EPB Shields
Diameter: 4x 6,310mm, 6,950mm
Installed power: 3x 945kW,
2x 1,200kW
Tunnel lengths: 4,885m,
2x 5,320m, 5,325m, 5,380m
Geology: clay stone, gypsum,
sandstone/limestone

CONTRACTOR

Impregilo S.p.A.



tunnel 5/12

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



Menschliches Verhalten bei Bränden in Straßentunneln wird auf interessante Weise beim Deutschen tunnel-Forum am 6. November in Stuttgart und am 7. November in München erläutert, Seite 26 ff.

How people behave in tunnel fires is one of the interesting topics of the German tunnel-forum held in Stuttgart on November 6th and in Munich on November 7th, see pp 26.

Title

Rasterinjektionen mit RASCOflex Acrylat zur Gebirgsabdichtung in Klüften bei einem Neubautunnel in Deutschland.

Grouting with RASCOflex acrylate to seal rock in fissures for a new tunnel built in Germany.

(Photo: Rascor International AG/CH)

Aktuelles / Topical News

2

Hauptbeiträge / Main Articles

Mechanisierter Bergbau: Sind TBMs der Weg in die Zukunft?

12

Mechanized Mining: Are TBMs the Way into the Future?

Desiree Willis

Neue Technologie für die Erstellung von Slot Holes

20

New Technology for Creating Slot Holes

W. Burger, B. Künstle, M. Stöhr

Sicher durch den Tunnel? –

Menschliches Verhalten bei Bränden in Straßentunneln

26

Safely through the Tunnel? – How People behave in Tunnel Fires

M. Kinateder, A. Mühlberger, P. Pauli

Metro Doha – Tunnelbau in besonderen Dimensionen

34

The Doha Metro – Tunnelling in special Dimensions

M. Kretschmer, M. Jäntsche

STUVA-Nachrichten / STUVA News

42

Fachtagungen / Conferences

BrennerCongress 2012

45

2012 Brenner Congress

Alpbach 2012: Neue Entwicklungen in der Spritzbetontechnologie

48

Alpbach 2012: new Developments in Shotcrete Technology

Flugasche im Beton – neue Herausforderungen

52

Fly Ash in Concrete – new Challenges

Sanierung / Redevelopment

Generalüberholung des Rendsburger Kanaltunnels

55

General Renovation of the Rendsburg Canal Tunnel

Neue Produkte / New Products

Adlertunnel – Sanierung mit Brandschutz

59

Adler Tunnel – Renovation with Fire Protection

Informationen / Information

Veranstaltungen / Events

62

Buchbesprechung / Book Review

63

Inserentenverzeichnis / Advertising list

64

Impressum / Imprint

64

Deutschland – Fortbildung

Deutsches tunnel-Forum 2012

Blockieren Sie schon jetzt in Ihrem Kalender den 6. November 2012 in Stuttgart oder den 7. November 2012 in München. An diesen Tagen veranstalten Ihre internationale Fachzeitschrift tunnel gemeinsam mit der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA) das Deutsche tunnel-Forum. Ein prominent besetztes Referententeam vermittelt Ihnen unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack an einem Tag besondere Tunnel-Themen zu „Design-Aspekten bei Verkehrs-Tunneln“. Das steht im Fokus der neuen Seminarreihe: die qualifizierte Weiterbildung, der rege Erfahrungsaustausch und das Treffen mit Kollegen.

Der Schwerpunkt wird auf „Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss“ liegen. Für 2013 ist das jeweils eintägige Seminar zum Thema „Licht, Farbe und soziale Sicherheit“ geplant. Und in 2014 werden Sie sich kompetent über „Architektur und Technik“ weiterbilden können.

So sieht das Programm 2012 aus, das Sie sich auf keinen Fall entgehen lassen sollten: Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack, Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA), Köln/D, wird die eintägigen Seminare leiten. Zum Auftakt wird Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baltzer, BUNG Ingenieure AG, Heidelberg/D; Fachhochschule Aachen, Lehrgebiet: Straßenentwurf, Straßenbau, Tunnelentwurf und –betrieb, Aachen/D, die **Planungsgrundlagen Straße: RABT und europäische Regelwerke**, erläutern. Ihm folgt mit den **Planungsgrundlagen Schienenfernverkehr: EBA-Richtlinie und europäische Regelwerke**

Dipl.-Ing. Martin Muncke, ÖBB – Österreichische Bundesbahn Infrastruktur AG, Wien/A. Auf die **Planungsgrundlagen Schienennahverkehr: BOStrab und europäische Regelwerke** wird Dipl.-Ing. Michael Rüffer von der Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main GmbH/D eingehen. Über den **Einfluss der Lüftungstechnik bei Straßentunneln** wird Dr. sc. techn. Matthias Wehner von der HBI Haerter GmbH in Heidenheim/D interessante Einschätzungen vermitteln.

Nach einer Mittagspause mit ausreichend Zeit für Austausch und Diskussion befasst sich Prof. Dr. Paul Pauli, Biologische Psychologie, Klinische Psychologie und Psychotherapie, Universität Würzburg/D, mit dem äußerst spannenden **Faktor Mensch in seiner Auswirkung auf den Tunnelentwurf**. Danach wird es wieder technischer mit **Verzweigungen und Kreuzungen in Straßentunneln – Erfahrungen aus der Praxis** von Dipl.-Ing. Claus-Dieter Hauck vom Tiefbauamt der Landeshauptstadt Stuttgart/D. Den abschließenden Vortrag zu den **Auswirkungen der Gestaltung von Tunnelportalen** hält wieder Prof. Baltzer.

Versäumen Sie nicht, sich rechtzeitig für das „Deutsche tunnel-Forum“ anzumelden. Die Teilnahmegebühr beträgt 490,- Euro (zzgl. MwSt). Mitglieder der STUVA und tunnel-Abonnenten bezahlen nur 420,- Euro (zzgl. MwSt). Und für Vertreter der Öffentlichen Hand und von Hochschulen ist die Teilnahme bereits für 290,- Euro (zzgl. MwSt) möglich.

Programm und Anmeldung zum Deutschen tunnel-Forum unter: www.bauverlag.de/fachforum. 

Germany – Training Course

German tunnel Forum 2012

Jot down the date now in your diary: November 6, 2012 in Stuttgart or November 7, 2012 in Munich. On these days the international trade magazine tunnel together with the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA) will stage the German tunnel Forum. Lectures will be presented in the course of a day by a top team chaired by Prof. Alfred Haack relating to “Design Aspects for Transportation Tunnels”. The new series of seminars is aimed at: qualified further training, a lively exchange of views and meeting up with colleagues.

The event will be geared to “Traffic Safety and Traffic Flow”. The one-day seminar planned for 2013 will be devoted to “Light, Colour and social Safety”. And in 2014 you can profit from “Architecture and Technology”.

The 2012 programme, which you should avoid missing out on, is set up as follows: Prof. Alfred Haack of STUVA, Cologne/D will chair the one-day seminar. To set the ball rolling Prof. Wolfgang Baltzer, BUNG Ingenieure AG, Heidelberg/D, Fachhochschule Aachen, subject area: Road Design and Construction, Tunnel Design and Operation, Aachen/D will explain **road planning principles: RABT and European codes of practice**. Dipl.-Ing. Martin Muncke, ÖBB – Österreichische Bundesbahn Infrastruktur AG, Vienna/A will follow with the **planning principles for main-line rail traffic: EBA guideline and European codes of practice**. Dipl.-Ing. Michael Rüffer from the Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main GmbH/D will deal with the **planning principles**

for rail commuter transportation. Dr. sc. tech. Matthias Wehner from the HBI Haerter GmbH in Heidenheim/D will provide some interesting appraisals on the **influence of ventilation technology for road tunnels**.

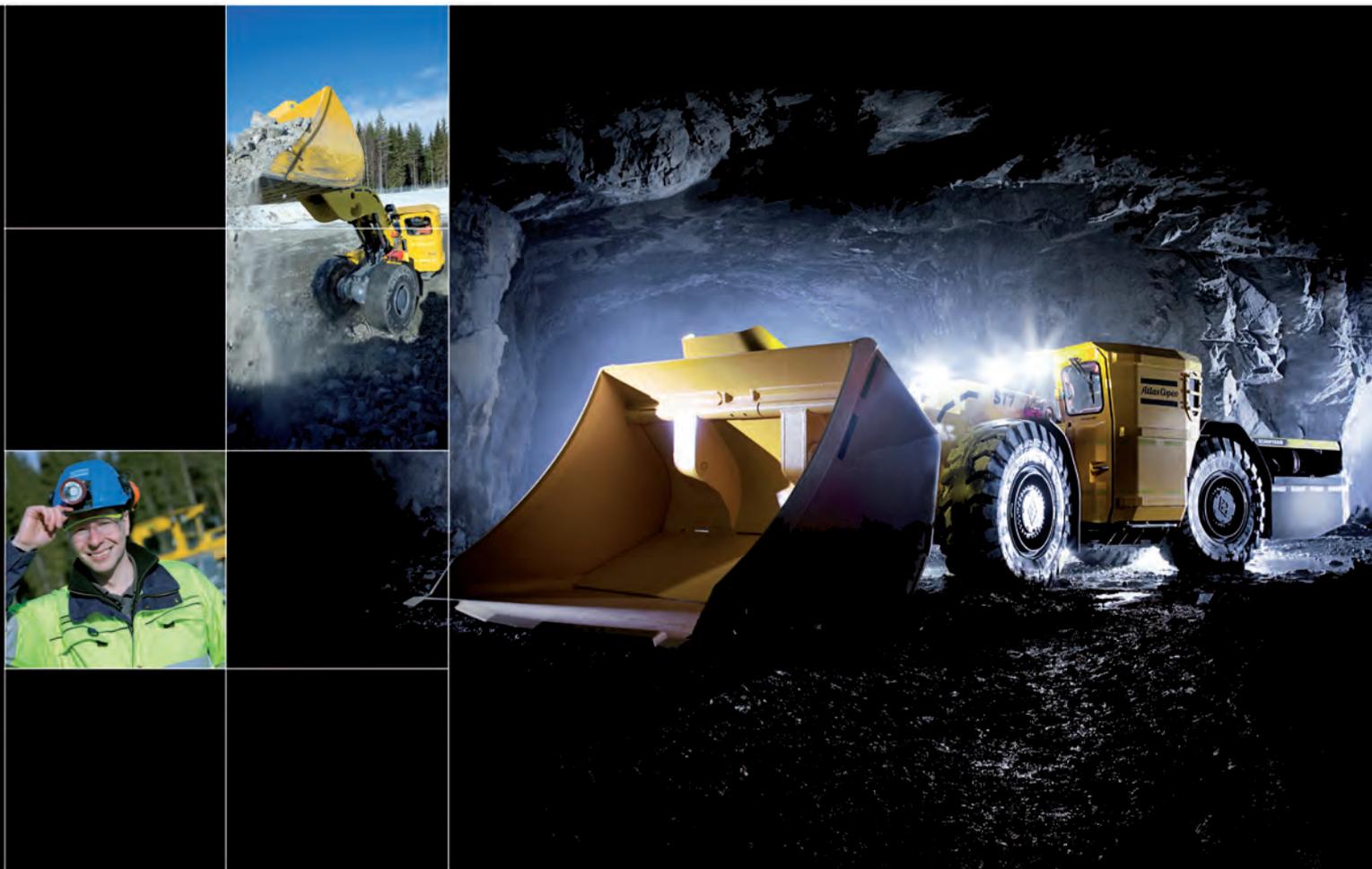
Following a lunch break with sufficient time for exchanging views and discussion Prof. Paul Pauli, Biological Psychology, Clinical Psychology and Psychotherapy, University of Würzburg/D will tackle the extremely engrossing **factor of man and his effect on tunnel design**. Subsequently things will become more technical involving **forks and intersections in road tunnels – findings from practice** by Dipl.-Ing. Claus-Dieter Hauck from the Tiefbauamt of the regional capital of Stuttgart/D. Prof. Baltzer will then take over for the closing lecture **devoted to effects on designing tunnel portals**.

Make sure you register soon enough for the “German tunnel Forum”. The participation fee amounts to 490,- euros (plus VAT). STUVA members and tunnel subscribers only have to pay 420,- euros (plus VAT). And representatives of public authorities and seats of higher learning can take part for only 290,- euros (plus VAT).

For the programme and registration for the German tunnel Forum access: www.bauverlag.de/fachforum. 



Leistungsfähige Maschinen für den innovativen Bergbau



Seit nunmehr fast 140 Jahren entwickelt Atlas Copco wegweisende und innovative Technologien. In Zusammenarbeit mit unseren Kunden schaffen wir gemeinsam nachhaltige Produktivität.

Atlas Copco MCT GmbH
Telefon 0201 2177-300, Fax 0201 2177-613
www.atlascopco.de, www.atlascopco-service.de

miningandconstruction.com, youtube.com/atlascopcoug
facebook.com/AtlasCopcoUnderground, twitter.com/ac_underground

Wir bringen nachhaltige Produktivität.

Atlas Copco

Schweiz

Neuer Rosshäuserntunnel für Streckenausbau

Die 43 km lange, überwiegend eingleisige Strecke Bern-Kerzers-Neuchâtel (1901) in den Kanton Bern, Freiburg und Neuenburg ist Teil der Verbindung Bern-Paris und der Berner S-Bahn. Die BLS AG als Eigentümerin will sie abschnittsweise zweigleisig ausbauen; 2012 bis 2016 wird mit dem Abschnitt Rosshäusern-Mauss begonnen: Er soll begradigt (um 300 m verkürzt) und künftig zweigleisig mit 160 statt 90 km/h befahren werden.

Kernstück der Baumaßnahme mit neuer Linienführung ist der neue 2 km lange, zweigleisige Rosshäuserntunnel anstelle des bestehenden 1,1 km langen, eingleisigen Tunnels, der über 110 Jahre alt und in einem schlechten Zustand ist. Dank größeren Tunnelprofils wird der Einsatz von Doppelstockzügen möglich. In der Mitte des Tunnels ist ein 50 m tiefer Schacht mit Treppe und Aufzug für den Notausstieg vorgesehen, sowie an der Oberfläche ein Rundbau an der Laupenstraße. Das Westportal (Mauss) passt sich dem Terrainverlauf an und fügt sich optimal in den bestehenden Hang; das Ostportal (Rosshäusern) wird als scharfer

Einschnitt in die Böschung der bestehenden Bahntrasse ausgebildet, wobei die Stationsstraße auf rund 500 m verlegt werden muss. Wegen der besonderen Topografie werden die beiden Tunnelenden (120 m Osten und 50 m Westen) im Tagbau erstellt; der größte Teil des hufeisenförmigen Tunnelquerschnitts wird jedoch bergmännisch von beiden Seiten ausgebrochen. Der Fels besteht größtenteils aus Sandstein – mit verhältnismäßig wenig geologischen Risiken. Durch den Tunnelbau fallen einerseits rund 420.000 m³ Ausbruchmaterial an, andererseits werden 330.000 m³ Kies als Unterbau- und Hinterfüllmaterial sowie zum Herstellen von Beton benötigt; das Materialbewirtschaftungskonzept sieht die weitere Auffüllung der Kiesgrube Mäderforst vor. Abschließend ist die bestehende Strecke zurückzubauen und die Umgebung zu renaturieren.

Die Gesamtkosten des Projekts betragen rund 200 Mio. CHF, finanziert überwiegend durch den Bund, da die Strecke der Anbindung an das französische Hochgeschwindigkeitsnetz dient.

G.B.


Switzerland

New Rosshäusern Tunnel for Route Development

The 43 km long, mainly single-track route Berne-Kerzers-Neuchâtel (1901) in the Cantons of Berne, Freiburg and Neuenburg is part of the Berne-Paris link and the Berne S-Bahn transit system. The BLS AG as owner intends producing a twin-track system section-by-section. The Rosshäusern-Mauss section is being tackled between 2012 and 2016: it is to be straightened (shortened by 300 m) and in future designed for a speed of 160 km/h instead of 90 running over twin-tracks.

The core of the construction scheme with the new route alignment is the new 2 km long, twin-track Rosshäusern Tunnel replacing the existing 1.1 km long, single-track tunnel, which is over 110 years old and in poor condition. Thanks to a larger tunnel profile double-deck trains will be able to travel through it. There is a 50 m deep shaft in the middle of the tunnel with stairway and lift for the emergency exit and a circular structure on the Laupenstraße on the surface. The west portal (Mauss) blends in with the terrain and nestles into the existing slope; the east portal (Rosshäusern) will be cut into

the embankment of the existing railway route so that the Stationsstraße has to be relocated by roughly 500 m. On account of the special topography the 2 tunnel ends (120 m east and 50 m west) are being produced by means of cut-and-cover; the bulk of the horse-shoe shaped tunnel cross-section however will be driven from both sides by mining means. The rock mainly consists of sandstone – entailing relatively few geographical risks. Some 420,000 m³ of excavated material will accumulate on account of tunnelling while on the other hand 330,000 m³ of gravel will be needed for the substructure and backfilling as well as for producing concrete. The material management concept foresees that the Mäderforst gravel quarry is refilled. Subsequently the existing route will be dealt with and its surroundings renaturalised.

The total costs for the project will amount to some 200 million CHF largely financed by the state as the route links up with the French high-speed network.

G.B.


Deutschland

Letzter Tunneldurchschlag in Thüringen

Der 1.490 m lange zweigleisige Tunnel Fleckenberg zwischen den Tunneln Silberberg (7.391 m) und Massenbergl (1.051 m) ist Teil der 107 km langen Neubaustrecke (NBS) Ebersfeld-Leipzig mit insgesamt 22 Tunneln mit zusammen 41 km Länge und 38% Streckenanteil, die 2017 in Betrieb gehen soll. Sie gehört zur 500 km langen Aus- und Neubaustrecke Nürnberg-Erfurt/Halle, dem Verkehrsprojekt Deutsche Einheit (VDE) Nr. 8.

Der Tunnel Fleckenberg wurde im Juni 2011 angeschlagen und in Teilausbrüchen (Kalotte, Strosse und Sohle) aufgeföhren. Die Durchschlagsfeier fand am 6. März 2012 statt; insgesamt wurden rund 400.000 m³ Gestein (Wechsellagerung von Ton-/Schluffschiefer und Grauwacken) ausgebrochen.

Der Tunnel hat einen Notausgang mit eigenem Zugangstollen mit feuerhemmenden und rauchdichten Schleusen, sowie eine durchgehende Löschwasserleitung, die eine schnelle Brandbekämpfung ermöglicht. An den Tunnelausgängen sind Rettungsstellen mit Hubschrauberlandeplätzen und Anbindung an das Straßennetz. Die Investitionen für dieses Tunnelbauwerk betragen 31 Mio. EUR.

G.B.


Germany

Last Tunnel Breakthrough in Thuringia

The 1,490 m long 2-track Fleckenberg Tunnel between the Silberberg (7,391 m) and Massenbergl (1,051 m) tunnels is part of the 107 km long new Ebersfeld-Leipzig rail route with altogether 22 tunnels totalling 41 km accounting for 38% of the route. It is due to open in 2017. It belongs to the 500 km long new/upgraded Nuremberg-Erfurt/Halle rail route, German Unity Transport Project (VDE) No. 8.

The Fleckenberg Tunnel was embarked on in June 2011 and driven in part-excavations

(crown, bench and floor). The breakthrough ceremony took place on March 6, 2012. A total of around 400,000 m³ of rock (intermittent beds of clay/silt slate and greywacke) was excavated. The tunnel possesses an emergency exit with its own access tunnel with fire-suppressing and smoke-tight locks as well as a fire-combating system in the form of a continuous extinguishing water pipeline. Evacuation tunnels with helicopter landing pads and links to the highway network are set up at the tunnel exits. 31 million euros has been invested in this tunnel.

G.B.


Literatur/References

- [1] Tunnelbau für die NBS Ebersfeld-Erfurt. Tunnel 4/2008, pp. 20-21
- [2] NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnel Baumleite und Silberberg. Tunnel 7/2009, p. 4; Reitersbergtunnel. Tunnel 2/2010, p. 8
- [3] NBS Ebersfeld-Erfurt: tunnel Eierberge. Tunnel 6/2010, p. 5; Tunnel Lichtenholz. Tunnel 7/2010, p. 16
- [4] NBS Ebersfeld-Leipzig: Hauptvortrieb Silberbergtunnel. Tunnel 7/2010, p. 12; Tunnel Brandkopf. Tunnel 3/2011, pp. 14-15
- [5] NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnel Fleckenberg. Tunnel 7/2011, p. 15

Sofort mehr Raum

... mit mobilen ELA-Lösungen



ÜBER
40
JAHRE
SEIT 1971

ELA

Mobile Räume mieten
www.container.de

ELA Container GmbH · Zeppelinstr. 19-21
 49733 Haren (Ems) · Tel: (05932) 5 06-0



info@container.de

ELA-Kontaktaten als QR-Code für Ihr Smartphone.

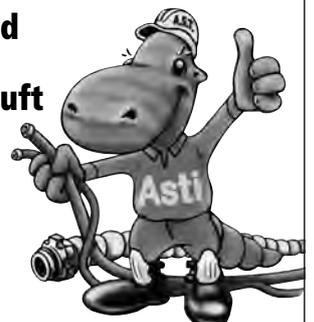
A.S.T. Bochum

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



Rußland

Verkehrstunnelbauten in Sochi

Für die Olympischen Winterspiele 2014 in Sochi wird das Straßen- und Schienennetz zwischen dem Flughafen der Stadt Adler an der Schwarzmeerküste und dem rund 50 km entfernten Wintersportgebiet Krasnaya Polyana im Kaukasus ausgebaut, und zwar mit 6 Eisenbahn- und 3 Straßentunneln jeweils mit Servicestollen mit fast 30 km Gesamtlänge.

Dabei umfasst das bereits Anfang 2009 begonnene Tunnelssystem T3 einen 3.117 m langen Autobahntunnel und einen 4.651 m langen Eisenbahntunnel mit einem 5,8 km langen Dienststollen. Der Durchschlag des Autobahntunnels war am 15. Februar 2012 und der des

Eisenbahntunnels kurz davor. Für den maschinellen Vortrieb waren 5 verschiedene Tunnelvortriebsmaschinen eingesetzt, u.a. mit 13,21 m Durchmesser (S-534 Herrenknecht AG) für den Autobahntunnel und mit 10,20/10,26 mm Durchmesser für den Eisenbahntunnel sowie mit 6,18/6,57 m Durchmesser für den Dienststollen. Die insgesamt rund 13 km Tunnel und Stollen des Tunnelsystems T3 wurden trotz der zahlreich angetroffenen Störzonen in etwa eineinhalb Jahren ausgeführt.

G.B.



Russia

Transport Tunnels in Sochi

For the Winter Olympics in Sochi in 2014 the road and rail network between Adler Airport on the Black Sea coast and the Krasnaya Polyana winter sports region in the Caucasus some 50 km away is being developed. This entails building 6 rail and 3 road tunnels each with service tunnels with a total length of almost 30 km.

Towards this end the T3 tunnel system embarked on at the beginning of 2009 embraces a 3,117 m long motorway tunnel and a 4,651 m long rail tunnel with a 5.8 km long service tunnel. The motorway tunnel was broken through on February 15, 2012 and the rail tunnel shortly prior to this. Five different tunnel boring machines were applied

for the mechanised drive including a machine with 13.21 m diameter (S-534 Herrenknecht AG) for the motorway tunnel and one with 10.20/10.26 m diameter for the rail tunnel as well as one with 6.18/6.57 m diameter for the service tunnel. The altogether 13 km of tunnels and headings for the T3 tunnel system was completed in roughly one and a half years in spite of encountering numerous fault zones.

G.B.

**Literatur / References**

Rötlisberger, B.; Golleger, J.; Wieland, G.: Verkehrstunnelbauten für Olympische Winterspiele 2014 in Sochi/RU. Tunnel 5/2011, pp.18-28

Schweden

Durchstich beim Söderströmtunnel in Stockholm

Die Citybanan ist ein 6 km langer zweigleisiger S-Bahn-Tunnel (über 550 Züge/Tag) im Zentrum von Stockholm und stellt die Verbindung zwischen Tomtebodan an der nördlichen Stadtgrenze und dem im Süden liegenden Stadtteil Södermalm dar. Ausgewählt wurde dieses Projekt für den STUVA-Preis 2011 wegen des innovativen Herstellverfahrens, wie der als Unterwasserbrücke konzipierte dreiteilige Absenktunnel zwischen Södermalm und Riddarholmen; da wegen des weichen Untergrundes eine Gründung auf dem Meeresboden nicht möglich ist, werden die Unterwasserabschnitte auf 4 Stützen gegründet. Der Einschwimm-

tunnel mit 3% Längsneigung unter dem Söderström, einem Arm des Mälarsees, geht an den beiden Seeufern in weiterführende Felstunnel über. Anfang Januar 2012 fand der Durchbruch am südlichen Felstunnel statt. Die 3 vorgefertigten zweigleisigen Tunnelsegmente mit 300 m Gesamtlänge für den Einschwimmtunnel bzw. die Unterwasserbrücke werden im Sommer 2013 abgesenkt. Die Citybanan soll 2017 in Betrieb genommen werden.

G.B.



Sweden

Stockholm's Söderstrom Tunnel broken through

The Citybanan is a 6 km long, twin-track S-Bahn tunnel (over 500 trains/day) in the middle of Stockholm and provides the link between Tomtebodan on the northern limits of the city with the suburb of Södermalm located in the south. This project was selected for the 2011 STUVA Prize on account of its innovative production method including the 3-part immersed tunnel between Södermalm and Riddarholmen devised as an underwater bridge. The underwater sections are founded on 4 pillars owing to the soft surface that forms the ocean bed. The immersed tunnel with 3% incline beneath the Söderström, an arm of Lake Mälaren, transforms into a rock tunnel at both banks of the

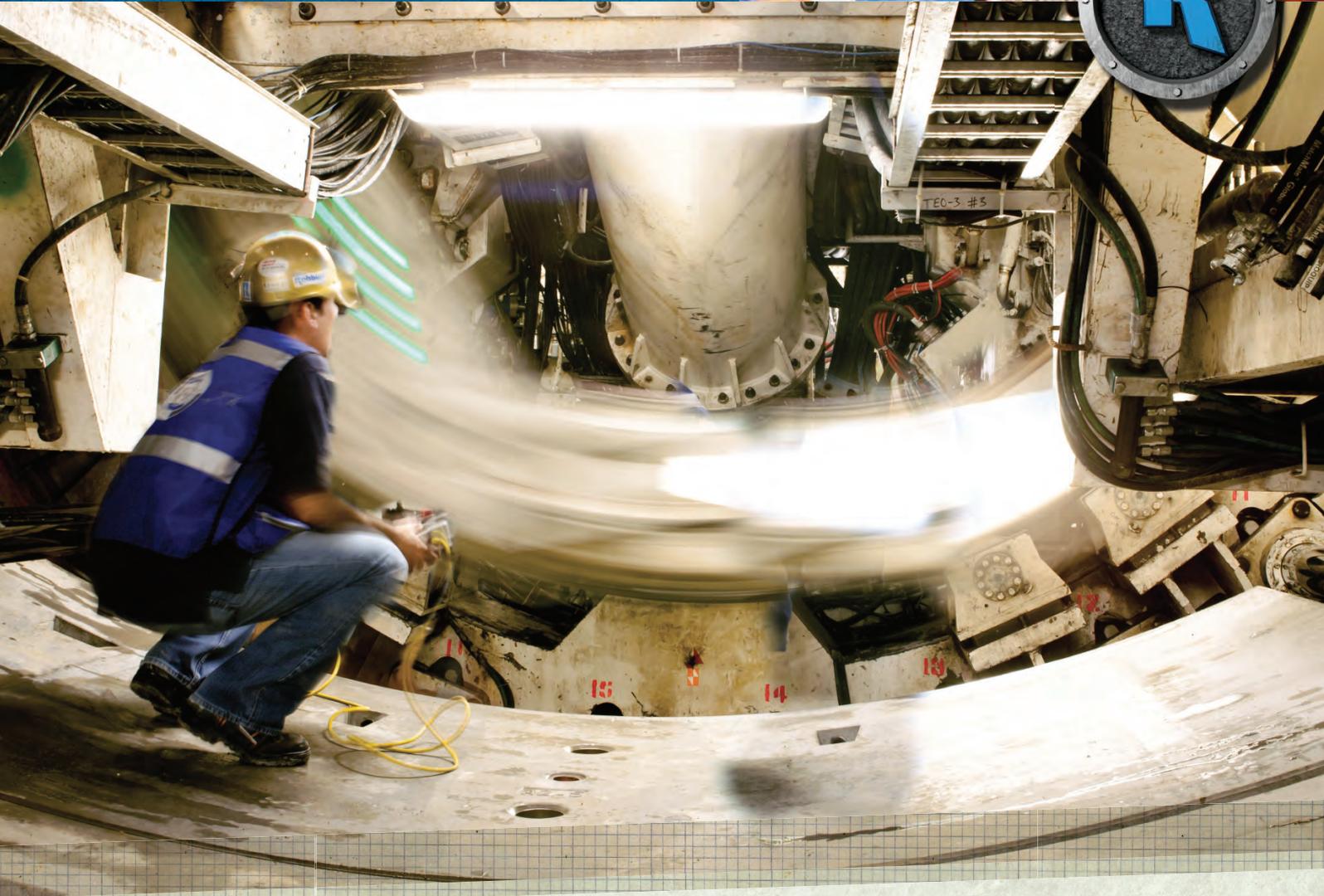
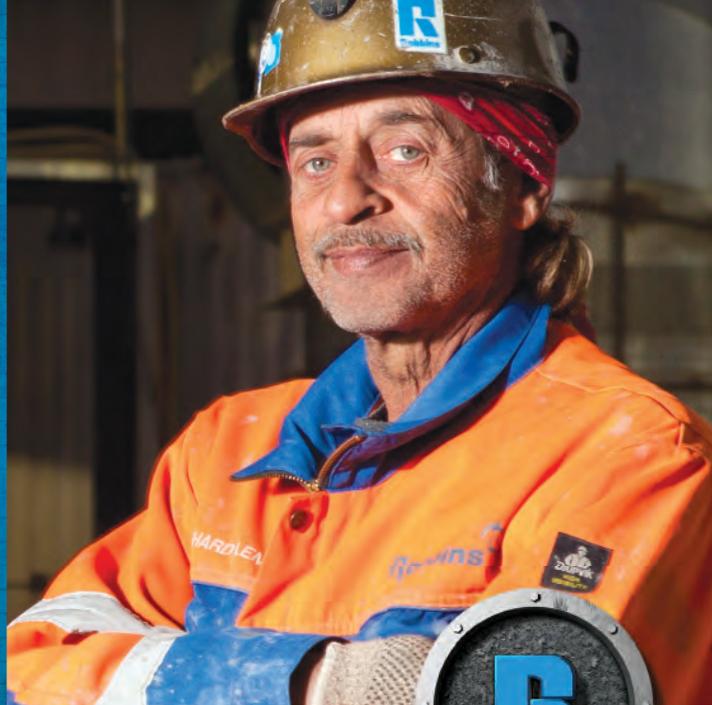
lake. The south rock tunnel was broken through in early January 2012. The 3 prefabricated twin-track tunnel segments totalling 300 m in length for the immersed tunnel/underwater bridge are to be lowered into place in summer 2013. The Citybanan is to become operational in 2017.

G.B.

**Literatur / References**

- [1] Spahn, T.; Lindholm, L.: Bau eines Absenktunnels im Herzen Stockholms/S. STUVA-Tagung 2009 in Köln; Forschung + Praxis, Heft 43, pp. 66-70
[2] STUVA-Preis 2011. STUVA-Tagung 2011 in Berlin. Forschung + Praxis, Heft 44, pp. 23-26

IT'S NEVER EASY



THEROBBINSCOMPANY.COM

MAN VERSUS NATURE

No two tunnels are the same. Every project has its own challenges. Even basic elements like ground conditions often change during the bore.

To resolve any issues that you encounter, Robbins provides a full range of support including engineering staff and on-site field service technicians. From mixed ground to high cover conditions, we've helped our customers overcome hundreds of challenges over the last 60 years.

We keep you advancing.

Schweiz

Umfahrung Biel Ostast: Durchschlag am Längholztunnel

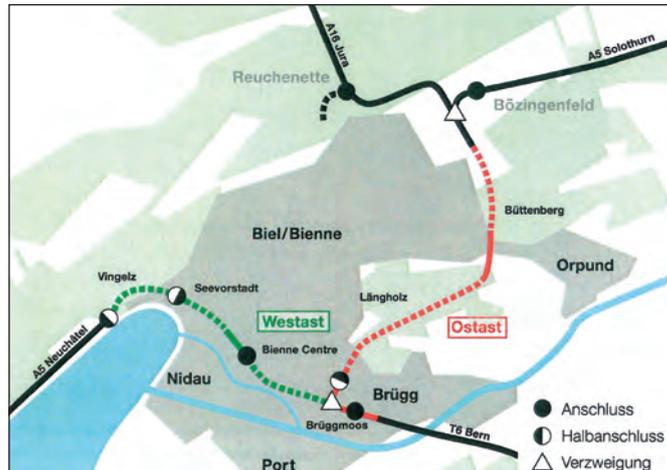
Mit der Umfahrung Biel im Kanton Bern wird eine der letzten Lücken im Schweizer Autobahnnetz geschlossen. Das Vorhaben schließt die von Bern kommende T6 mit der A16 und A5 zusammen und ist in 2 Bauabschnitte, den Ost- und Westast (Bild), unterteilt. Während beim 5 km langen Ostast bereits der letzte Tunnel durchschlagen wurde, befindet sich der Westast für die 5 km lange Unterquerung des Stadtgebietes noch in der Mitwirkungsphase.

Zum Ostast gehören der 1230 m lange Büttenbergtunnel im Nordosten und der 2330 m lange Längholztunnel im Südwesten, beide mit 2 Röhren von 11 m Durchmesser mit Tübbingausbau (30 cm; 6+1) und Betoninnenschale sowie zusammen 11 Querschlägen im Abstand von 300 m.

Die insgesamt 4 Tunnelröhren wurden in 2 Achsen nacheinander mit einem geleasten Erddruckschild (EPB: S-452, Herrenknecht AG) mit 12,56 m Bohrkopfdurchmesser und entsprechendem Nachläufer aufgeföhren – bei teilweise nur 6 m Überdeckung mit Setzungen von höchstens 2 cm. Die Vortriebsleistung betrug im Mittel 10 bis 12 m/Tag bei Spitzenleistungen von bis zu 42 m/Tag.

Switzerland

East Section of Biel Bypass: Breakthrough at Längholz Tunnel



Projekt Umfahrung Biel unterteilt in Ost- und Westast

Biel Bypass project divided into east and west sections

Für das gesamte Projekt sind rund 2,7 Mrd. CHF (2,25 Mrd. EUR) veranschlagt (270 Mio. CHF/km (225 Mio. EUR/km)) wegen der zahlreichen Verbindungs- und Anschlussbauwerke und für den Ostast 1,1 Mrd. CHF (920 Mio. EUR), davon rund 70 % für den Abschnitt Büttenbergtunnel und Längholztunnel. Während der Ostast zügig erstellt wird (Eröffnung 2016), rechnet man beim Westast mit Ende der Arbeiten nicht vor 2030. G.B.



One of the final gaps in the Swiss motorway network is to be closed with the Biel Bypass in the Canton of Berne. The project will link the T6 from Berne with the A16 and A5 and is split into 2 construction sections, east and west (Fig.). The last tunnel for the 5 km long east section has been broken through whereas the 5 km section undertunnelling the city area is still being accomplished.

The east section includes the 1,230 m long Büttenberg Tunnel in the north east and the 2,330 m

long Längholz Tunnel in the south west, both with twin tubes 11 m in diameter with segmental lining (30 cm; 6+1) and concrete inner shell as well as a total of 11 cross-passages set 300 m apart.

All 4 tunnel bores were driven one after the other using a leased earth pressure balance shield (EPB: S-452, Herrenknecht AG) with 12.50 m cutterhead diameter and corresponding back-up – with in some cases only 6 m overburden – with settlements of a maximum of 2 cm. The rate of advance averaged 10 to 12 m/day with peak performances of up to 42 m/day.

Roughly 2.7 billion CHF (2.25 billion euros) has been earmarked for the entire project; 270 million CHF/km (225 million euros/km) on account of the numerous connecting structures and 1.1 billion CHF (920 million euros) for the east section with roughly 70 % of this total for the Büttenberg and Längholz tunnel section. Whereas the east section is making good progress (opening 2016) it is estimated that the west section will not be completed before 2030. G.B.



Literatur / References

- [1] Tunnel für Ostumfahrung Biel. Tunnel 1/2009, p.2
- [2] Swiss Tunnel Congress: Umfahrung Biel. Tunnel 2/2010, pp. 57-63 (62)
- [3] Umfahrung Biel Ostast: TVM-Verschub und Längholztunnel. Tunnel 4/2010, p. 14
- [4] Radebauer, B.: Autobahnumfahrung Biel – Vortrieb von vier Tunneln in wechselnder Geologie. ITA Tunneltag, Salzburg, 6.10.2010; Tunnel 1/2011, pp. 44-49 (44)
- [4] Strauss, A.: Autobahnumfahrung Biel Ostast – Flexibler Einsatz einer EPB-Maschine. Betontag, Wien, 19.04.2012

Azerbaijan

International Tunnel Congress in Baku

From 10th to 11th September 2012 the Azerbaijan Tunnelling Association (AzTA) invites to join the Baku International Congress "Tunnelling and Underground Infrastructure in Urban Areas" in Azerbaijan.

This event is organized by the Azerbaijan Tunnelling Association (AzTA) under the auspices of the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) and of partnership French Tunnelling and Underground Space Association (AFTES). Azerbaijan and other new states have a lot of major infrastructure projects inclu-

ding the construction of great underground structures for the coming years. AzTA intends to organize this conference which will provide the opportunity to present all these new projects of urbanization, the prospects of tunnels and underground structures in the region. Within this context other topics such as security, new methods of operation and construction, technical innovation in the implementation of the underground structures in urban areas will also be discussed. The congress offers at 2 days interesting topics with an exhibition and enough time to

meet friends and partners within the industry. On Monday, September 12th, 2012, the programme starts with an opening ceremony, official speeches, an overview of the projects in Baku and the opening of the exhibition. The second day offers with 4 sessions different topics and the possibility to work on your network around the exhibition.

"Dear colleagues", invites Shaiq Efendiyev, President of the Azerbaijan Tunnelling Association, "we are pleased to provide the opportunity to discover the capital of the Republic of Azerbaijan, a country

of warm friendly eastern hospitality. The country located on the crossroads of key economic and cultural ways of Eurasia and Baku is a bridge linking the East with the West. Baku plays a key role as one of the largest political and economic centres of the Caucasian region. I look forward to seeing you and it is my pleasure to invite you to visit Azerbaijan!"

More information about the congress and the travelling details just click www.azta-asso.com or send an email to baku.conference2012@azta-asso.com. 

Tunnelling Association of Canada

National Conference 2012 in Montreal

2012 National Conference from 17th to 20th October 2012 in the Hyatt Regency Hotel in Montréal, Québec, Canada.

Planning for the Tunnelling Association of Canada's 2012 national conference in Montréal, Québec is well underway with over 50 technical papers expected and four keynote presentations to be featured including:

- In-Mo Lee, President – International Tunnelling and Underground Space Association Underground Structures for Sustainable Development
- Felix Amberg, President – Amberg Engineering

Hard Rock TBMTunnelling, The Gottard Experience

- Daniele Peila, Politecnico di Torino Soft Ground Soil Conditioning
- Tarcisio Celestino, Universidade de São Paulo Soft Ground Tunnelling in an Urban Environment, Sao Paolo

TAC 2012 Montreal's program will highlight the advancements in tunnelling research and practice from around the globe and will include keynote presentations, technical sessions, a trade exhibition, social events and a technical tour. With the cosmopolitan and spectacular city of Montréal

as a backdrop, this conference is not to be missed.

Saturday's tour will travel to the Romaine River Hydro-Electric Project – delegates will travel by charter flight to Havre St-Pierre, located on the north coast of the St. Lawrence River close to Newfoundland & Labrador. Romaine River is currently the largest hydro-electrical development project in the province. Don't miss your chance to visit this unique construction site!

Online delegate registration through the conference website www.tac2012.ca opened on April 15. Exhibition and sponsorship opportunities are available

and are a great way to get your firm's message to the Canadian and International tunnelling professionals who are leading projects here at home and around the world! Please go to the conference website www.tac2012.ca for full details. 

Important dates:

Conference opens:

Wednesday, October 17

TAC 2012 Annual General Meeting:

Thursday, October 18

Romaine River Hydro-Electric Project Tour:

Saturday, October 20



InnoTrans 2012 in Berlin

Themen, die die Branche bewegen

Nur noch ein paar Wochen bis zum Start der InnoTrans 2012. Dann präsentieren an den 4 Messetagen vom 18. bis 21. September 2012 über 2.400 Aussteller aus 47 Nationen ihre innovativen Produkte und Services auf der internationalen Leitmesse für Verkehrstechnik. Mehr als 100.000 Fachbesucher aus über 100 Ländern werden in Berlin erwartet.

Spitzentechnologie in puncto Tunnelbau spielt auch in diesem Jahr eine wichtige Rolle auf der InnoTrans. Zu solchen Unternehmen wie Herrenknecht, Talleres Zitron und Niedax oder KT Kabelträger und Fermacell, die traditionell auf der Fachmesse ihre Neuheiten zeigen, sind zahlreiche neue Firmen hinzugekommen. Erstmals dabei sind zum Beispiel der deutsche Hersteller von Tunneltüren Hodapp, aus Italien die Palmieri

Group, die Firma Bamtonnelstroy aus der russischen Föderation und das Unternehmen Woertz aus der Schweiz, das moderne Elektroinstallations-technik für Tunnelbauten produziert. Auch die Firma Valente aus Italien stellt im Messesegment Tunnel Construction in Halle 5.2 aus. Dort präsentiert sie unter anderem Spezialwagons für den Abtransport von bergbaulichem Material, das bei Tunnelarbeiten anfällt.

Darüber hinaus können Fachbesucher auch in benachbarten Messesegmenten speziell für den Tunnelbau entwickelte Exponate begutachten. Dabei ergeben sich wertvolle Synergien zwischen dem Segment Tunnel Construction und den anderen Messesegmenten. So zeigt zum Beispiel die Firma terra international ihr im Gotthard-Basistunnel eingesetztes System zur automa-

InnoTrans 2012 in Berlin

Topics that captivate the Industry

The start of the 2012 InnoTrans is looming ahead. During the 4 exhibition days from September 18 to 21, 2012 more than 2,400 exhibitors from 47 countries will present their innovative products and services at the No. 1 Trade Fair for Transport Technology. More than 100,000 trade visitors from over 100 countries are expected in Berlin.

Peak technology geared to tunnelling will also play an important role this year at the InnoTrans. A large number of new companies have joined established ones such as Herrenknecht, Talleres Zitron and Niedax or KT Kabelträger and Fermacell, which traditionally display their novelties at the trade fair. The German manufacturer of tunnel doors Hodapp, the Palmieri Group, the Bamtonnelstroy Company from the Russian Federation and the firm of Woertz from Switzerland,

which produces modern electro installation technology for tunnel structures, for example are present for the first time. The Valente Company from Italy will also present its products in the Tunnel Construction fair segment in Hall 5.2 including special cars for removing material excavated during tunnelling activities.

Furthermore trade visitors can examine products especially devised for tunnelling in neighbouring fair segments. In this respect there are invaluable synergies between the Tunnel Construction segment and the other fair segments. Thus for example the firm terra International is displaying its system for the automatic detection of cracks employed in the Gotthard Base Tunnel in the Railway Infrastructure fair segment. The companies Max Bögl Bauunternehmung, Balfour Beatty Rail and Spitzke are

tischen Risserkennung im Messesegment Railway Infrastructure. Auch die Unternehmen Max Bögl Bauunternehmung, Balfour Beatty Rail und Spitzke sind in diesem Segment vertreten. Die Firma Comlab präsentiert im Messesegment Public Transport innovative Funksysteme, die auch in Straßen- und Bahntunneln eingesetzt werden. Lösungen für das Einlegen und Führen von Kabeln in Tunnelanlagen stellt das Unternehmen Agro im Messesegment Railway Technology aus.

International Tunnel Forum: Spannende Themen im Fokus

Leistungsschau und Experten-austausch gehen auf der InnoTrans Hand in Hand. Auch in diesem Jahr werden im International Tunnel Forum topaktuelle Fragen rund um die Themen Mobilität und Tunnelbau diskutiert. Die Organisation und inhaltliche Ausrichtung dieses Forums übernimmt die Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA). „Unterschiedliche Aspekte und vielleicht auch genauso unterschiedliche Sichtweisen werden im Forum präsentiert und diskutiert. Jeder

Teilnehmer erhält dadurch Anregungen und Handlungsempfehlungen für seine eigene Arbeit“, erklärt STUVA-Geschäftsführer Dr. Roland Leucker.

Ein Thema des Forums ist „Infrastrukturen für Europa – Große Ziele ohne Großprojekte?“. Hier geht es darum, ein Bewusstsein für die Bedeutung von grenzüberschreitender Mobilität und die dafür notwendigen baulichen Großprojekte wie „Stuttgart 21“ zu wecken. „Nutzersicherheit – Ein Spagat zwischen Fahrzeug- und Tunneldesign?“ ist der Titel der zweiten STUVA-Veranstaltung. „In diesem Forum thematisieren wir 2 verschiedene Ansätze für die Bewältigung in unterirdischen Anlagen“, erklärt Leucker und benennt die zentralen Fragestellungen des hochkarätig besetzten Expertenforums: „Sollen die Fahrzeuge sicherer gemacht werden oder soll man die Sicherheitstechnik im Bauwerk bis aufs Letzte ausreizen? Vielleicht ist der Mittelweg richtig, aber welche Interaktionen gilt es zu berücksichtigen?“

Mehr Informationen über die InnoTrans 2012 sind online unter www.innotrans.de zu finden. 

also represented in this segment. The Comlab Company will show innovative radio systems, which can also be used in road and rail tunnels at the Public Transport segment. Solutions for placing and conducting cables in tunnels are displayed by the firm of Agro in the Railway Technology fair segment.

International Tunnel Forum: Focus on exciting Topics

Displaying achievements and exchanging views go hand in hand at the InnoTrans. Once again highly topical issues will be discussed dealing with mobility and tunnelling at the International Tunnel Forum. The forum will be organised by the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA). STUVA CEO Dr. Roland Leucker explains: “different aspects and perhaps just as many different approaches will be presented and discussed at the forum. Each participant thus receives stimulation and pointers for his own work”.

A topic of the forum is “Infrastructure for Europe – Major Targets without Major Projects?” This relates to the creation of

awareness for the significance of cross-border mobility and the necessary major projects such as “Stuttgart 21” required for this purpose. “User Safety – Bridging the Gap between Vehicle and Tunnel Design?” is the title borne by the second STUVA event. “At the forum we deal with 2 different aspects for application in underground facilities” Leucker says and hones in on the central issues of the forum involving top notch experts: “Should vehicles be made safer or should the structure’s safety technology be exploited to the hilt? Perhaps the path in between is correct but which interactions must be taken into consideration?”

More details on the InnoTrans 2012 available online at www.innotrans.de. 

Die Redaktion ist für Sie da!

Haben Sie Fragen oder Vorschläge zu den Artikeln in tunnel, zu Autoren oder zu den Produkten? Wollen Sie uns Ihre Meinung sagen?

Schreiben Sie uns oder rufen Sie an:

Redaktion tunnel,

Avenwedder Straße 55,
D-33311 Gütersloh,
Tel.: +49 (0) 5241 / 80-88730,
Fax: +49 (0) 5241 / 80-9650,
E-Mail: Roland.Herr@Bauverlag.de

Your Editorial Staff takes care of you!

Do you have questions or proposals concerning the articles of tunnel, the authors or the products? Do you like to tell us your opinion?

Don't hesitate to contact us:

Editorial office of tunnel,

Avenwedder Straße 55,
D-33311 Gütersloh,
Phone: +49 (0) 5241 / 80-88730,
Fax: +49 (0) 5241 / 80-9650,
E-Mail: Roland.Herr@Bauverlag.de



Mechanisierter Bergbau: Sind TBMs der Weg in die Zukunft?

Im folgenden Beitrag möchten wir Ihnen eine Vision zum mechanisierten Bergbau in der Zukunft, die Dr. Jamal Rostami vom Lehrstuhl „Centennial Mining Engineering“ der Pennsylvania State University hat, vorstellen.

Stellen Sie sich Folgendes vor: Ein Bergbauprojekt zur Erschließung von Erzvorkommen wird unter Einsatz von Tunnelvortriebsmaschinen ausgedehnt auf mehrere Vortriebe, die von verschiedenen Angriffspunkten vorangetrieben werden. Hinter den TVM bohren sich zeitgleich zum Streckenvortrieb modular konzipierte Maschinen – vergleichbar mit Teilschnittmaschinen – durch die Ulmen und fahren in regelmäßigen Abständen Querschläge auf. Unter Einsatz lokaler Miniatursprengvortriebe wird die gebohrte Sohle abgeflacht und so eine Fahrbahn für den Einsatz von schienengeführten oder gummibereiften Fahrzeugen geschaffen. - Dies ist eine Vision zum mechanisierten Bergbau in der Zukunft, die Dr. Jamal Rostami vom Lehrstuhl „Centennial Mining Engineering“ der Pennsylvania State University vorstellt. Damit diese Vision real werden kann, müssen sich, so Dr. Rostami, Minengesellschaften und ihre Arbeitsteams erst mit dieser Abbautechnik auseinandersetzen. „In Minen können die TVM genauso eingesetzt werden, wie bei Tiefbauinfrastrukturprojekten. Der einzige Unterschied besteht meist darin, dass im Tunnelbau das

Desiree Willis, Technical Writer, The Robbins Company, Kent, WA/USA
www.TheRobbinsCompany.com

Loch in der Erde das Endprodukt ist. Im Bergbau ist aber der Tunnel (die Strecke) Mittel zum Zweck. Minenbetreiber müssten sich mit dieser Technik vertraut machen und ihre eigenen Crews im Einsatz von TVM schulen. Dieser Ansatz wurde bisher noch nicht verfolgt.“

Dr. Rostami führt mehrere Faktoren an, die dieser Vision in vielen Bergbauprojekten immer noch entgegenstehen, darunter

Mechanized Mining: Are TBMs the Way into the Future?

With the following article we would like to present you a vision into the future of mechanized mining according to Dr. Jamal Rostami, Centennial Mining Engineering Chair at Pennsylvania State University.

Picture this: A mining operation is being expanded on multiple fronts, using TBMs to access ore bodies. Behind the TBMs, concurrent with excavation, modular machines similar to roadheaders bore through the tunnel sidewalls to form cross cuts at regular intervals. Miniature drill and blast operations finish out the bore, producing controlled micro blasts that flatten the invert to make way for rail or rubber-tired

vehicles. This is a vision of the future for mechanized mining, according to Dr. Jamal Rostami, Centennial Mining Engineering Chair at Pennsylvania State University. But to get there, he argues, mines need to familiarize themselves and their crews with the technology. “Miners can use TBMs in the same way as civil infrastructure projects - the only difference is that in most tunnelling, the hole in the ground is the product. In mining, the tunnel is the means to an end. Mining companies need to familiarize themselves



TBM have been used successfully in mines around the world - a Robbins machine still in use at the Stillwater Mine was previously used at the Magma Copper Mine in Arizona, USA (seen here)

die eingeschränkten räumlichen Verhältnisse unter Tage und nicht ausreichend geschultes Personal. Doch es gibt schon Minen, die den Einsatz von TVM vollständig umgesetzt haben und daraus bereits entscheidende Vorteile verbuchen können. „Erfolgreichster Vorreiter ist hier die Stillwater Mine, wo man bereits über fundiertes TVM Know-how verfügt und diese Maschinen ständig einsetzt“, so Dr. Rostami. In der amerikanischen Mine kommt im Sommer eine 4. TVM zum Einsatz, eine offene Main Beam Maschine von Robbins mit einem Durchmesser von 5,5 m. Diese neueste TVM vereint die Erkenntnisse aus Bergbauprojekten in Chile, Australien und China und wird dem mechanisierten Bergbau sicherlich einen nächsten Entwicklungsschub geben können.

Einsatz von TVM im Bergbau

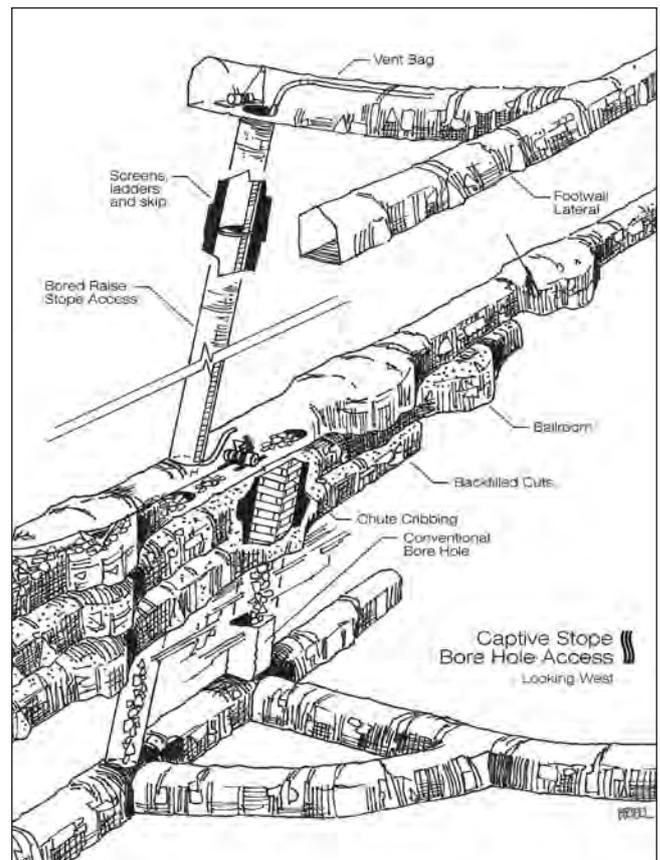
Nach Dr. Rostami eignen sich TVM sehr gut zum Vortrieb von Hauptzugangsstollen von Explorations- und Wetterstrecken und sonstiger längerer, untertägiger Strecken. Minen, die sich für eine TVM entscheiden, setzen diese über ihre gesamte Lebensdauer ein und treiben somit Tausende von Metern vor. „TVM reduzieren die Zahl der bisher für den Vortrieb erforderlichen Mitarbeiter und die Arbeitsbedingungen für die Mineure sind besser verglichen mit denen im Sprengvortrieb. Sie bieten alle Vorteile des mechanischen Abbaus: schnellerer Vortrieb, größere Genauigkeit und Vortriebskontrolle, bessere Bewetterung, gleichmäßigere Streckenprofile, weniger Gebirgsicherung und gleichmäßiger Bohrgutaustrag.“

Trotz dieser offensichtlichen Vorteile gibt es mehrere Hürden auf dem Weg zum vermehrten

Einsatz von TVM im Bergbau. „Der Einsatz von TVM ist die Zukunft. Sie sind sicherer als der Sprengvortrieb. Um aber die Vorteile einer TVM nutzen zu können, müssen Minen nicht nur in diese Maschinen, sondern auch in die Schulung ihrer Crews und die Einstellung von Fachpersonal investieren, das die TVM dann bedient“, so Dr. Rostami.

Die Investitionskosten für einen Vortrieb mit TVM sind höher als die für einen Sprengvortrieb – ein offensichtlicher „Hemmschuh“ für einen Umstieg. Dr. Rostami weist darauf hin, dass die Gesamtkosten eines Projektes dennoch niedriger sein können. So haben Abbaubetriebe wie die Stillwater Mine Zahlen offengelegt, wonach ihre TVM-Vortriebe nur ca. 33 % der Betriebskosten vergleichbarer Sprengvortriebe erfordern. „Die Vortriebskosten pro TVM-Meter sind niedriger, sobald die Mine mit der Methodik vertraut ist und die TVM mit eigenem Personal betreiben kann“, führt Dr. Rostami aus.

Die Manager der Stillwater Mine führten einige, die Mechanisierung einschränkende Faktoren an. „Die Größe einer TVM kann bei einem Abbauprojekt schon entscheidend sein, besonders bei Richtungsänderungen im Streckenverlauf. Bei konventionellen Vortriebsmethoden liegt der Kurvenradius bei 1,5 m. Bei einer TVM beträgt der Kurvenradius schon 300 m“, so Tyler Luxner, Projektingenieur bei der Stillwater Mining Company. Dr. Rostami erwartet daher, dass die TVM-Konzeption für Minen in der Zukunft noch modularer als heute sein wird, wodurch engere Kurven möglich und die Starttunnel kürzer sein werden.



Operations at Stillwater Mine in Montana, USA include the use of TBMs to bore footwall lateral to access the ore body. Raise bores are then constructed for level-to-level access

with the technology and become more comfortable in using TBMs with their own crews. I don't think that has happened yet."

Rostami cites several factors - from maneuverability to lack of skilled workers - that are currently the limiting factors in many mines. But despite these issues, some mines have fully embraced TBMs and have reaped significant benefits. "Stillwater Mine is the best at this, because of the fact that the company is comfortable with TBMs and has used them over and over," said Rostami. The U.S. mine is launching its fourth TBM, a 5.5 m diameter Robbins Main Beam machine, in summer 2012. Its TBM legacy is a model for recent efforts by mines in Chile, Australia, and China that may well bring on the next wave of mechanized mining.

The State of TBMs in Mining

According to Rostami, TBMs are well-suited for main access tunnels, as well as exploratory bores, ventilation tunnels, and other types of long tunnels. Mines that opt for TBMs often employ the machine for its usable life, boring thousands of meters of tunnel. "TBMs can reduce the size of the workforce that companies have to maintain, and the work environment is better for laborers as compared with drill and blast. They offer all of the advantages of mechanical excavation - faster advance, better precision and control, better ventilation, smoother tunnel profile, less ground support, and more uniform muck for processing."

Despite the obvious benefits, there are several barriers to more



A 5.5 m diameter Main Beam TBM will begin excavated the Blitz mine development tunnel in August 2012

Manövrierbarkeit ist keine Frage des Gewichts, wenn es um lange, gerade Strecken geht. „Das hängt von der Geometrie des Erzvorkommens (des „Reef“) und dem Zugang ab“, erläutert Mike Koski, leitender Geologe bei der Stillwater Mining Company. „In unserer Mine verläuft das Reef flächenförmig und parallel zu einem Tal – es ist 45 km lang in Ost-West-Ausdehnung. Diese Geologie ist wie geschaffen für TVM – man kann Lagerstätten mit we-

niger Personal und geringerem Risiken als beim Sprengvortrieb erreichen und abbauen“. Das schichtenförmige Erzvorkommen in der Stillwater Mine ist ideal für den Abbau mit einer TVM, die v.a. bei lang gestreckten Flözen ihre Vorteile ausspielen kann. Mike Koski führt weiter aus, dass z.B. auch durch porphyrisches Gestein verlaufende Minen die mit einem TVM-Einsatz verbundenen Vorteile nutzen könnten.

extensive adoption of TBMs. „Machines are the way of the future and are safer than D&B operation, but to realize these advantages mines need to invest not only in purchasing the machine, but also in training the crew and hiring skilled workers to run the machines“, said Rostami.

Capital cost to purchase a TBM is higher than a drill and blast operation - an obvious barrier to early adoption. However, Rostami emphasizes that over-

all costs during the project can be much lower. In fact, mines such as Stillwater have reported that their TBM operations run at about 33 % of the operating cost of similar D&B operations. „TBMs offer a cheaper cost per meter of tunnel once the mine is familiar with the method and is able to run the machine in-house“, he continued.

Managers at Stillwater Mine added some limiting factors for the machinery. „The size of a TBM



30 Jahre TVM-Erfahrung in der Stillwater Mine

In der in Nye im US-Bundesstaat Montana gelegenen Stillwater Mine kommen TVM schon seit Jahren zum Einsatz. Für Tyler Luxner sind sie die erste Wahl, wenn es darum geht, zügig Zugangsstrecken zu bohren, die bis zur Stilllegung einer Mine genutzt werden können. „Wenn man an TVM im Bergbau denkt, so stellt man sich im Allgemei-



The Blitz tunnel drive will be at least 7.1 km in length and will cross several fault lines in mafic norite rock

nen riesige, schwerfällige Kolosse vor – wir aber setzen sie seit 24 Jahren erfolgreich ein“.

Die Platin- und Palladiummine kaufte 1988 zuerst eine Kelly-TVM mit einem Durchmesser von 4,0 m, um eine Zugangsstrecke durch das vor Ort typische Gestein – Gabbro, Norit und Anorthosit – zu bohren. „Unsere Aufgabe war es, die Mine weiter auszubauen, um ihre Lagerstätten abzubauen. Eine der Herausforderungen war aber die Bewetterung. Wir wollten die Kosten für den Vortrieb von Querstollen reduzieren, aber auch keine vertikalen Wetterschächte bohren, wie sie beim Sprengvortrieb notwendig sind. Wir haben auch festgestellt, dass der Aufwand für Gebirgssicherung bei kreisrunden Streckenquerschnitten geringer ist“, so Mike Koski. Die Mine trieb den Einsatz dieser Maschine und einer weiteren voran für mehrere Streckenvortriebe in den späten 80'er und frühen 90'er Jahren. „Ich glaube, unsere ersten Einschätzungen waren zutreffend – das Gebirge

can be an issue for mining, because of the ability to make turns. With conventional mining you have a 20 m turn radius. TBMs have a 300 m turn radius,” said Tyler Luxner, Project Engineer at Stillwater Mining Company. For that reason, Rostami envisions a more modular future TBM design for mines, able to make sharper turns and launch in shorter starter tunnels.

The maneuverability is not necessarily a problem though, if long and straight tunnels are the goal. “It depends on the geometry of the ore body (reef) and the access,” explained Mike Koski, Chief Geologist at Stillwater Mining Company. “In our mine the ore body runs parallel to a river valley that runs east to west for 45 km. That lends itself well to TBMs, because you can develop large reserve blocks that are easier to ventilate and don’t require as much ground support as a drill and blast tunnel.” The reef at Stillwater Mine, as a seam-like ore body, is well-suited for the longer excavations that TBMs make efficient. Koski continued

to say that other types of mines, such as those operating in vast porphyry systems with long haulage tunnel access, could also benefit from the use of TBMs.

Stillwater Mine: Three Decades of TBMs

At Stillwater Mine, located in Nye, Montana, USA, TBMs have been in use for years. For Luxner, TBMs guarantee a fast advance rate in life-of-mine access tunnels. “The common perception in mining is that TBMs are large and unwieldy machines, but we have used them successfully for 24 years.”

The platinum and palladium mine first purchased a 4.0 m diameter Kelly-type TBM in 1988 to excavate a mine access tunnel through the area’s characteristically layered gabbro, norite, and anorthosite rock. “We were faced with trying to further develop the mine and open up its reserves, but one of the challenges was the ventilation. We wanted to reduce the cost of driving foot wall laterals, but didn’t want to have



Crews load the TBM onto specialized transport dollies for final assembly in a launch chamber

muss nicht annähernd so umfangreich gestützt werden (wie bei konventionellen Vortrieben). Für den Vortrieb langer, söhligler Strecken ist das die richtige Lösung“.

Die Stillwater Mine erwarb 1999 von der Magma-Copper-Mine in Arizona eine generalüberholte offene Robbins Main Beam TVM, die zum Vortrieb von Zugangsstrecken zum East-Boulder-Abschnitt eingesetzt wurde.

„Wir haben zunächst 2 parallele Strecken vorgetrieben und dann zu einer aufgeweitet und auf diese Weise den Hauptzugang zum Abschnitt East Boulder geschaffen“, so Justus Deen, Manager of Technical Services bei Stillwater, damals verantwortlich für den East-Boulder-Vortrieb. Laut Justus Deen ist diese Robbins Maschine mit einer Einsatzzeit von über 20 Jahren eine der ältesten in Betrieb befindlichen TVM. Selbst nach 5,6 km Vortrieb waren keine Instandsetzungsarbeiten vonnöten. „Seit September 2011 wird mit ihr ein weiterer Minenzugang mit einer Länge

von bislang 2,6 km vorgetrieben. Bis zum Abschluss der Arbeiten wird sich das auf 10 km summieren. Dann werden wir sie u.U. einer Generalüberholung unterziehen“. Die TVM wird derzeit bei der Graham-Creek-Expansion-Bohrung eingesetzt, die im zweiten Quartal 2013 beendet sein soll.

Blitz-Tunnel

Das jüngste Projekt in der Stillwater Mine ist der Blitz-Tunnel, eine mindestens 7,1 km lange Erkundungsstrecke, mit der auch neue Erkenntnisse über das Reef entlang des östlichen Teils der Mine gewonnen werden sollen.

Eine TVM von Robbins mit einem Durchmesser von 5,5 m durchfährt diese Strecke im Sommer 2012 und erkundet den Verlauf des Reefs. Dieser aufgefahrene Zugang wird später und bis zur Stilllegung der Mine als Förderstrecke für Transporte mit Gleisfahrzeugen genutzt werden.

Die Erkundung des Reef-Verlaufs von der TVM aus erfolgt mittels sorgfältiger Analyse der

vertical ventilation shafts drilled, like those that are necessary for D&B. We also determined that ground support for circular tunnels would be less,” said Koski. The mine wound up using that machine for several tunnels in the late 1980’s and early 1990’s. “I think our early estimations were spot on - the ground doesn’t need to be supported nearly as much. For long chunks of footwall lateral, it’s a good way to go.”

In 1999, Stillwater Mine purchased a refurbished Main Beam TBM from Magma Copper Mine in Arizona, using it to excavate access tunnels in the East Boulder section. “We drove twin tunnels, and then mined between them to create the main access for the East Boulder part of the mine,” said Justus Deen, Manager of Technical Services at Stillwater, who oversaw the East Boulder bore. According to Deen, the Robbins machine is one of the oldest working TBMs, in operation more than 20 years, and has required no refurbishment after 5.6 km of excavation. “It’s been boring another 2.6 km mine development tunnel since September 2011, so by the time it’s done it will have bored 10 km total. After that, maybe we will do some refurbishment on it.” The TBM is currently slated to finish up its latest bore, known as the Graham Creek Expansion, in the second quarter of 2013.

Blitz Tunnel

Stillwater Mine’s latest endeavor is the Blitz Tunnel, a development tunnel of at least 7.1 km that will provide information about the reef along the eastern portion of the mine.

A 5.5 m diameter TBM will excavate the tunnel beginning

in summer 2012, detecting the location of the reef in relation to the TBM while simultaneously creating a rail haulage tunnel that will be used for the life of the mine.

Detecting the reef in relation to the TBM will require careful analysis using two core drills mounted on the machine. “Steering the TBM will be an interesting process because we have very complex geology here. We will do diamond (core) drilling ahead of the machine, above the machine, and to the side after every 150 m. We will drill and log the core right there while we are drilling it, then interpret the results, so it will be concurrent with boring,” said Deen.

The operators will then make adjustments to the TBM bore path based on the perceived distance to the reef. “We don’t want to get too far away from or too close to the ore body. The ore zone is located in a very distinct layer of igneous rock, so if we penetrate the right rock types then we know we are in the right place, and if we see some ore we will know exactly where we are. Platinum and palladium is hidden in base metal sulfides, so we will look for the presence of the ore, but those metals are only present in core samples about 50 % of the time, so the rock types will guide us,” said Koski.

Geotechnical probe drilling will also be a regular occurrence on the TBM, in addition to core drilling to identify the reef position. “At the same time that we are diamond drilling, we also want to identify rough ground conditions that are ahead, such as weak rock, water, and dykes. We will probe ahead every 550 ft and look at the results, and in that way we will know we are

Bohrungen, die mit 2 auf der TVM installierten Kernbohrmaschinen ausgeführt werden. „Die TVM zu steuern, wird eine Herausforderung, da wir es mit einer sehr uneinheitlichen Geologie zu tun haben. Wir werden alle 150 m voraus, oberhalb und seitlich von der Maschine Kernbohrungen mit Diamantkronen durchführen. Wir bohren, zeichnen die Bohrdaten in Echtzeit auf und interpretieren die Ergebnisse – alles geschieht gleichzeitig“, so Justus Deen.

Die TVM-Fahrer passen die Vortriebsrichtung der TVM entsprechend der ermittelten Abstände zum Reef an. „Wir möchten nicht zu weit vom Erzvorkommen abkommen, diesem aber auch nicht zu nahe kommen. Die Erzader liegt in einer ganz bestimmten Lavagesteinschicht. Wenn wir uns also durch die richtigen Gesteinsarten arbeiten, wissen wir, dass wir an der richtigen Stelle bohren. Wenn wir auf Erz stoßen, wissen wir ganz genau, wo wir sind. Platin und Palladium sind in Sulfidverbindungen mit unedlen Metallen enthalten. So brauchen wir nur nach dem Erz suchen. Solche Metalle finden sich jedoch nur in rund 50 % der Kernproben, so weisen uns die Gesteinsarten den Weg“, erläutert Mike Koski.

Neben Kernbohrungen werden auf der TVM auch Sondierungsbohrungen durchgeführt. „Während wir Diamantkernbohrungen vornehmen, möchten wir natürlich auch etwas über die Beschaffenheit des vor uns liegenden Gesteins erfahren, z.B. über weiche Felsstrukturen, Wasser und Dykes. Wir sondieren den Boden etwa alle 170 m und schauen uns die gewonnenen Daten an. So wissen wir immer sehr genau,

dass wir Querstellen im besten Gestein auffahren“, führt Mike Koski aus.

Die TVM wird sich durch Gabbro-Gesteinsschichten arbeiten und es werden abhängig von der ermittelten Bodenbeschaffenheit verschiedene Arten der Gebirgsicherung genutzt. Die Palette reicht dabei von Ausbaubögen über Spritzbeton und Felsanker bis hin zum McNally-Verfahren zur Firstsicherung mittels fortlaufender Stahllanzen. „Wir erwarten standfestes Gestein mit Störzonen aus lehmartigen Boden. Sollten wir auf sehr loses Material oder Blockgestein stoßen, werden wir das McNally-Abstützsystem anwenden“, so Tyler Luxner. Dieses System, das ausschließlich auf den TVM von Robbins eingesetzt wird, wurde bereits erfolgreich in sehr tiefen Tunnels angewandt, so beim Olmos-Tunnel in Peru, 2.000 m unter der Erdoberfläche. Bei dieser Methode werden Stahllanzen verwendet, die parallel zum TBM-Vortrieb aus Taschen in der Firste des Bohrkopfmantels gezogen werden. Die Lanzen werden mit Felsankern und Laschen im Gestein verankert und damit eine Konstruktion zur Gebirgssicherung gebildet, die das Herabfallen und Verlagern gebrochenen Gesteins verhindert.

Montage und Inbetriebnahme der TVM werden wegen der sehr kleinen zur Verfügung stehenden Fläche am Portal, gerade einmal 4,10 m hoch und 4,40 m breit, in einem gut geplanten und durchdachten Ablauf erfolgen. Main Beam und Bohrkopfantrieb werden vor dem Portal montiert und dann unter Verwendung spezieller Fahrwerke in eine ca. 110 m lange Startkaverne transportiert. Die

placing footwall laterals in the best possible ground“, continued Koski.

The TBM will excavate Norite rock and will utilize a variety of ground support depending on the conditions identified. Support will range from ring beams, shotcrete, and rock bolts to McNally crown support consisting of continuous steel slats. „We’re expecting mainly competent rock with claylike material in fault zones. Our standard ground support will be welded wire mesh; however, if we encounter very poor or blocky ground, we will switch to the McNally support system“, said Luxner. The system, used exclusively on Robbins TBMs, has been employed successfully in

very deep tunnels including the 2,000 m deep Olmos tunnel in Peru. The method utilizes steel slats that are extruded from pockets in the machine’s roof shield as the TBM advances. The slats are bolted in place using rock bolts and steel straps, creating a network of support that prevents fractured ground from shifting and collapsing.

TBM assembly and launch will be a carefully planned process due to the small size of the launch portal, just 4.1 m high and 4.4 m wide. The main beam and cutterhead support will be assembled outside the portal, and will then be moved through the portal into a 350 ft long launch chamber using specially designed transport dollies.



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**

Montage des Bohrkopfes, der First- und Seitenteile des Bohrkopfmantels, der Verspannschilde und der Brücke erfolgen in der Startkaverne. Die TVM wird den Vortrieb in einer gekürzten Startkonfiguration aufnehmen bis 45 m Strecke gebohrt sind. Dann wird der Nachläufer in voller Länge montiert. Für den Vortrieb dieser Strecke sind ca. 3 Jahre veranschlagt. Die Stillwater Mine hat verlautbaren lassen, dass sie die TVM nach Ende dieses ersten Projektes weiter einsetzen und den Blitz Tunnel verlängern wird, sollte sich der Vortrieb erfolgreich darstellen.

Ausblick

Die Stillwater Mine ist ein exzellentes Beispiel für den TVM-Einsatz im modernen Bergbau. Andere Minen haben nun begonnen, die zur Verfügung stehenden Optionen genauer zu untersuchen und den nächsten Schritt in Richtung Mechanisierung zu gehen. Minen in Chile und Australien haben ebenfalls bekannt gegeben, TVM einsetzen zu wollen. Auch die Betreiber von Kohlebergwerken in China erwägen den Einsatz von TVM.

„Minen in China fahren Zugangstrecken immer noch mit Teilschnittmaschinen auf. Sie sind aber dabei, diese durch TVM zu ersetzen, da sie kürzere Bauzeiten und eine bessere Bewetterung ermöglichen“, so Jack Chao, General Manager bei Robbins China-Guangzhou.

Laut Dr. Rostami sind TVM mit nicht kreisförmigem Bohrquerschnitt eine weitere Option, die von Minenbetreibern einer Analyse unterzogen werden, da mit ihnen eine flache Sohle für den Einsatz von gleisgebundenen Schutterfahrzeugen erstellt werden kann, ohne dass Sohl-

segmente eingebaut oder die Sohle mittels konventioneller Methoden nachgearbeitet werden muss. Er unterstreicht nochmals die Notwendigkeit interner Schulungen für das Personal in den Minen und Bergwerken, was von den Betreibern oder den Herstellern der TVM geleistet werden muss. Dies nicht zuletzt, um den Betreibern die Sorge zu nehmen, sie müssten die mechanisierten Vortriebe an Fremdunternehmer vergeben.

Schlussendlich liegen die Vorteile des TVM-Einsatzes auf der Hand, sobald die Minenbetreiber mit dem Einsatz vertraut sind: „TVM bieten im Vergleich zum Sprengvortrieb schnelleren Vortrieb und die Streckenauffahrungen sind besser zu bewettern. Es ist auch einfacher, unsere TVM Bergleute zu schulen – die Anforderungen und das erforderliche Grundwissen sind nicht zu hoch und umfangreich“, so Justus Deen. 



Crews ready the roof shield of the TBM for transport through the small portal area, just 4.1 m high and 4.4 m wide

Final assembly of the cutterhead, roof and vertical supports, gripper shoes, and bridge will be done in the launch chamber. A shortened startup configuration consisting of 4 back-up decks will be used until the machine mines ahead 45 m, allowing the full back-up system to be installed. Excavation is planned to take about 3 years. Stillwater Mine says it will likely continue to use the machine after its initial project, and may extend the Blitz tunnel if it proves successful.

Looking Towards the Future

While Stillwater is the prime example of TBM use in mining today, other mines are researching the options and gearing up for mechanized operations. Mines in Chile and Australia have announced plans for TBM usage, while Chinese coal mines are also looking into the use of TBMs. “Coal mines in China currently excavate access tunnels using roadheaders, but they are looking to replace these with TBMs because of the promise of faster excavation and better ventilation,” said Jack Chao, General Manager for Robbins China-Guangzhou.

Non-circular tunnelling machines are another option being investigated by mines, says Rostami, because they create a flat invert for rail and muck haulage without the need for invert segments or controlled blasting. He still emphasizes the need for internal training by the mine or equipment manufacturer, however, so the mine doesn't feel it needs to outsource the mechanized operation to another company.

Ultimately, the benefits of TBMs when the mine is familiar with the technology are clear: “TBMs offer faster advance rates than drill and blast, and the drives are easier to ventilate. It's also easier to train our TBM miners, as the required skill set is not as complex,” says Deen. 

DIE NEUEN tunnel-FOREN:
DESIGN, KONZEPTE UND TRENDS

STUTT GART 06.11.12 | MÜNCHEN 07.11.12

tunnel
STUVA

VERKEHRSSICHERHEIT UND VERKEHRSSFLUSS

JETZT ANMELDEN
bauverlag.de/fachforum



bau | | verlag
Wir geben Ideen Raum

Organisation & Durchführung:
Rainer Homeyer-Wenner | +49 5241 802173
rainer.homeyer-wenner@bauverlag.de

Weitere Informationen für Sponsoren:
Christian Reinke | +49 5241 802179
christian.reinke@bauverlag.de

Unter dem Leitgedanken „Design-Aspekte bei Verkehrstunneln“ setzt tunnel gemeinsam mit der STUVA die exklusive Forenreihe fort. Auch in diesem Jahr diskutieren renommierte Referenten im Rahmen des „Deutschen tunnel-Forems“ über aktuelle Konzepte und Visionen zu den Themen Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss. Ein ganzer Tag mit neuesten Erkenntnissen und wertvollen Kontakten wartet auf Sie.

Info und Anmeldung: bauverlag.de/fachforum

Neue Technologie für die Erstellung von Slot Holes

Weltweit müssen in vielen Untertagebergwerken eine große Anzahl von vertikalen oder geneigten steigenden Bohrungen mit kleinem Durchmesser (Slot Holes) hergestellt werden. Hierfür hat die Herrenknecht AG eine neue Boxhole Boring Machine (BBM) entwickelt und zum Einsatz gebracht (Bild 1). Ihr Konzept basiert auf der bewährten Mikro-Tunnelvortriebstechnologie (Pipe Jacking) – ein Bereich, in dem das Unternehmen auf eine 25-jährige Erfahrung in weltweiten Projekten zurückblicken kann.

1 Einleitung

Die innovative BBM verfolgt das Ziel, die Arbeitssicherheit maßgeblich zu erhöhen und gewährleistet durch eine kompakte Bauweise den Einsatz auch bei sehr eingeschränkten Platzverhältnissen. Im Vergleich mit dem konventionellen Sprengvortrieb werden mit der BBM höhere Vortriebsleistungen erreicht und infolgedessen der Zeitaufwand zur

Herrenknecht AG,
Schwanau/D, www.herrenknecht.com

Herstellung der Bohrung deutlich reduziert. Je schneller und sicherer die Bohrungen erstellt werden, desto früher kann die eigentliche Produktion in der Mine aufgenommen bzw. fortgesetzt werden.

Heute wird die BBM hauptsächlich in Gold-, Kupfer- und anderen Erzuntertagebergwerken

New Technology for Creating Slot Holes

A large number of vertical or inclined small-diameter slot holes need to be excavated in many underground mines worldwide. To this aim, Herrenknecht has developed and built a new Boxhole Boring Machine (BBM) (Fig. 1). Its concept is based on the well-proven Microtunnelling pipe jacking technology – an area in which the company can look back on 25 years of experience in international projects.

1 Introduction

With this new BBM technology the target is a higher safety standard and minimal drift dimension. Higher production rates can be achieved using the Herrenknecht BBM resulting in significant time savings in producing slot holes compared to conventional drill and blast excavations. The faster and more safely slot holes can be constructed, the earlier the actual production in the mine can start or be continued.

Today, the BBM is primarily deployed in gold, copper and other ore mines usually prepared in accordance with the block caving method, whereby the BBM largely contributes toward preparing the draw points (ore extraction points) during the production process. Other applications include drilling ventilation shafts or preparing ore passes for transporting ore

between the production level and the haulage level.

Initial results of the BBM indicate that the machine is capable of achieving high and consistent production rates and guarantees high mobility and flexibility compared to other methods.

2 The BBM concept

The Boxhole Boring Machine was developed for fast and safe construction of vertical and inclined slot holes ($\pm 30^\circ$ from vertical) with a diameter of up to 1.5 m and a length of max. 60 m in hard rock formations. During development, the design was focused mainly on increased safety due to a remote operated machine, higher productivity and optimum machine mobility. Quick relocation of the BBM and minimum space requirements were also key factors of the design.

For transporting the BBM between different locations in the underground, a compact crawler unit provides fast transport and a high degree of flexi-



Neu entwickelte Boxhole Boring Machine (BBM)
New developed Boxhole Boring Machine (BBM)

ken eingesetzt, die meistens nach dem Blockbruchbauverfahren erstellt werden. Dabei wirkt die BBM maßgeblich im Produktionsprozess zur Erstellung der Erzentnahmestellen mit. Weitere Anwendungen sind das Auffahren von Wetterschächten oder das Erstellen von Rolllöchern für den Erztransport zwischen der Produktionssohle und der Fördersohle. Erste Ergebnisse der BBM zeigen, dass die Maschine in der Lage ist hohe und konstante Vortriebsraten zu erzielen und garantiert im Einsatz, im Vergleich zu anderen Verfahren, eine hohe Mobilität und Flexibilität.

2 Das BBM-Konzept

Die Boxhole Boring Machine wurde für die schnelle und sichere Herstellung von steigenden vertikalen und geneigten Bohrungen ($\pm 30^\circ$ aus der Senkrechten) in standfesten Felsformationen mit einem Durchmesser von bis zu 1,5 m und einer Länge von maximal 60 m entwickelt. Bei der Entwicklung wurde ein besonderes Augenmerk auf eine verbesserte Arbeitssicherheit, eine höhere Produktivität und eine optimale Mobilität der Anlage gelegt. Durch den Einsatz einer Fernbedienung kann der Bediener die BBM außerhalb der Gefahrenzone überwachen und steuern. Ein schneller Einsatzortwechsel der BBM sowie ein geringer Platzbedarf waren dabei Schlüsselfaktoren bei der Entwicklung.

Für den Transport der BBM zwischen den Einsatzorten unter Tage dient ein Raupenfahrwerk, welches eine hohe Mobilität und eine hohe Flexibilität in räumlich begrenzten Untertagebergwerken ermög-



Übersicht des BBM-Systems

BBM System Overview

licht. Eine modulare Bauweise ermöglicht dabei den Einsatz auch bei engen Platzverhältnissen. Dazu kann der Pressenrahmen mit der Bohreinheit, die Leitungstrommel und das Antriebsaggregat voneinander getrennt positioniert werden.

Die Bohreinheit befindet sich in der Transportsituation im Pressenrahmen. Dieser wird vor Ort auf die korrekte Position und den gewünschten Bohrwinkel ausgerichtet. Um die Anlage zu stabilisieren und um den nötigen Andruck sowie das nötige Drehmoment in den Fels übertragen zu können, wird der Pressenrahmen gegen die Sohle und die Firste verspannt (Bild 2). Daher kann auf eine aufwändige Fundamentherstellung und sonst übliche vorbereitende Ausbrucharbeiten am First verzichtet werden. Vergleichbar mit dem herkömmlichen, horizontalen Rohrvortrieb werden die Druckkräfte aus dem Pressenrahmen über Stahlrohre bis in den Bohrkopf übertragen.

Der Bohrkopf ist für Hartgesteinsgeologien von 180 MPa

ability in confined underground conditions. A modular design allows operation even in tight spatial conditions. The jacking frame with the boring unit, cable drum and power pack can be positioned separately.

The boring unit is positioned in the jacking frame during the transport. In the production area, the jacking frame is adjusted to its correct position and aligned toward the requisite boring angle. To stabilize the system and transfer the operational thrust and torque loads into the rock, the jacking frame is braced against the floor and the back (Fig. 2). Complex foundations can therefore be dispensed with as well as other preparatory excavation work on the back. The thrust forces are transferred from the jacking frame to the machine cutterhead via steel thrust pipes similar to a conventional horizontal pipe jacking operation. The cutterhead is designed for hard rock geologies of 180 MPa and more and fitted with multiple-row carbide cutters. Different cutterhead variants equip-

ped with various cutter tools, e.g. single-disc cutters can also be used as an alternative.

A funnel on the boring machine below the cutterhead directs the excavated cuttings through the boring machine and the thrust pipes to the material chute on the jacking frame where they slide by gravity into a skip for transporting. Depending on the mine requirements, adapted solutions for further muck handling are also conceivable here.

After each meter of excavation, the operation process will be stopped temporarily and a clamping system holds the pipe string and the boring machine in place in order to install and connect the next thrust pipe. A wheel loader is used for installation. A breakout unit allows the thrust pipes to rotate $\pm 10^\circ$ if the pipe string is blocked. This mechanism is integrated in the jacking frame.

Once the required boring depth has been reached, the boring unit is retracted. The thrust pipes are removed one

und mehr ausgelegt und mit Hartmetalleinsätzen bestückten Mehr Ringschneidrollen ausgestattet. Alternativ können auch andere Bohrkopfvarianten eingesetzt werden, die beispielsweise mit 1-Ring-Schneidrollen bestückt sind.

Das abgetragene Bohrklein fällt durch die Schwerkraft durch einen Trichter und eine Führung im Zentrum der Bohreinheit, gelangt über die Vortriebsrohre zur Materialrutsche am Pressenrahmen und wird letztendlich in einem Materialkübel gesammelt und abtransportiert. Je nach Minenanforderung sind für den Materialabtransport auch angepasste Lösungen denkbar.

Nach jedem Vortriebsmeter wird der Bohrprozess kurzzeitig gestoppt und der Rohrstrang mit der Bohreinheit von einer Haltevorrichtung fixiert, so dass das nächste Vortriebsrohr im Pressenrahmen installiert werden kann. Die Installation erfolgt dabei mit Hilfe eines Radladers.

Eine Losbrecheinheit ermöglicht es, das Vortriebsrohr um $\pm 10^\circ$ zur eigenen Achse zu drehen, falls sich dieses im Bohrloch verklemmen sollte. Dieser Mechanismus ist im Pressenrahmen integriert.

Ist die gewünschte Bohrtiefe erreicht, wird die Bohreinheit zurückgezogen. Die Vortriebsrohre werden Stück für Stück nach unten ausgebaut, bis der Rohrstrang komplett aus dem Bohrloch ausgebaut ist und sich die Bohreinheit wieder im Pressenrahmen befindet. Anschließend kann die BBM zum nächsten Einsatzort gefahren werden.

Der Betrieb der Boxhole Boring Machine erfolgt vollständig per Fernsteuerung. Das Raupenfahrwerk, mit der die

Anlage zum nächsten Einsatzort transportiert wird, ist ebenfalls vollständig ferngesteuert. Der Maschinenführer hält sich während des gesamten Betriebes in einem sicheren Bereich auf, sowohl während des Bohrbetriebs als auch während des Transportes.

3 Feldversuch im Schwarzwald

Nach Montage des Prototypen der BBM1100 Anfang 2011 sollte diese unter realen Bedingungen getestet werden. Ein kleines Bergwerk, nahe des Herrenknecht-Werks im Schwarzwald (Süddeutschland), die „Grube Clara“ der Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, bot sich hierfür aufgrund optimaler Voraussetzungen für einen Feldversuch an. Über einen Zeitraum von 4 Wochen wurde eine Vielzahl von ausführlichen Testbohrungen erfolgreich durchgeführt (Bild 3).

In schwierigen Gebirgsformationen mit einer Gesteinsdruckfestigkeit (UCS) von bis zu 250 MPa konnten vertikale

by one from the bottom of the pipe string until the boring unit is completely pulled back through the drilled hole and is back in the jacking frame. After that, the BBM can be transported to the next site.

The Boxhole Boring Machine is fully remote-controlled. The crawler for relocating the BBM is also remote-controlled. The operator remains in a safe working area while the machine or crawler is in operation as well as during boring and transport.

3 Field test in the Black Forest

After assembly of the BBM1100 prototype in early 2011, it was tested under real conditions. The „Clara Mine“, a small mine site in the Black Forest close to the Herrenknecht factory (southern Germany) owned by Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, presented optimum conditions for a field test. Over a period of 4 weeks, a number of detailed test slot holes were successfully drilled (Fig. 3).

Vertical and inclined test slot holes with a diameter of 1.1 m

and a length of 9 m were successfully drilled and production rates of 9.0 m within 5 hours could be achieved in challenging rock conditions with a UCS of up to 250 MPa (Fig. 4). Instantaneous advance rates of 80 to 100 mm/min were achieved. During the test period, valuable data was collected in order to optimize operational parameters and handling details under real site conditions.

4 BBM goes Down Under – Application in the Cadia East Underground Project

After the successful test phase, the BBM was shipped to its destination – the „Cadia East Underground Mine“ in New South Wales, 260 km west of Sydney, Australia. East of the Cadia East Underground Mine, gold and copper is produced in the open-pit mine at Cadia Hill. Extensive soil analyses have established additional ore deposits. Newcrest Mining Limited, a leading developer and operator of gold and copper mines, excavates these ore deposits at Cadia



Raupenfahrwerk mit BBM-Einheit
Crawler with BBM Unit



BBM-Versuchsanlage in der Grube Clara
BBM Test Installation at Clara Mine

und geneigte Testbohrungen mit einem Durchmesser von 1,1 m und einer Länge von 9 m innerhalb von 5 Stunden gebohrt werden (Bild 4). Gleich zu Beginn wurden Vortriebsgeschwindigkeiten von 80 bis 100 mm/min erreicht. Während der Testphase konnten wertvolle Daten gesammelt werden, um die Betriebsparameter und die Bedienung unter realen Bedingungen vor Ort zu optimieren.

4 BBM goes Down Under – Einsatz im Cadia East Underground Project

Nach der erfolgreichen Testphase erfolgte die Verschiffung der BBM nach Australien zu ihrem Einsatzort, der Mine Cadia East Underground in New South Wales, 260 km westlich der australischen Metropole Sydney. Östlich von „Cadia East Underground“, am Cadia Hill, wird bereits seit langem

and started to excavate the raw material reserves at Cadia East in 2005. Ore deposits cover an area approx. 2.5 km in length, 600 m wide and up to 1.9 km deep. These ore reserves are estimated as harboring approx. 19 million ounces of gold and 3 million t of copper making Cadia East the largest underground mine in Australia and the deepest block caving underground mine in the world with a life time of around 30 years.

Preparations are fully underway for excavating the ore deposits with production scheduled to commence in 2013. The BBM is currently deployed at the production level for developing the draw points making it a key component in development of the mine.

Mancala Pty Ltd., a privately-owned group of companies providing specialized design, engineering, construction and excavation services for the Aus-

Concrix®

Die wirtschaftliche und ökologische Alternative zu Stahlfasern.

Kein Rost. Keine Korrosion. Kein Kriechen. Keine Verletzungsgefahr. Hervorragendes Arbeitsvermögen. www.bruggcontec.ch

BRUGG

CONTEC
Strong fibers.



Erste Schächte für das Cadia East Underground Projekt/Australien
First Shafts in Cadia East Underground Project/Australia

im Tagebau Gold und Kupfer gefördert. Umfangreiche Bodenuntersuchungen stellten weitere Erzvorkommen fest. Newcrest Mining Limited, einer der führenden Entwickler und Betreiber von Gold- und Kupferbergwerken, fördert die Erzvorkommen in Cadia und begann im Jahr 2005 mit der Erschließung der Rohstoffreserven in „Cadia East“. Die Erzvorkommen erstrecken sich auf eine Fläche von ca. 2,5 km Länge, 600 m Breite und bis in 1,9 km Tiefe. Die Reserven dieses Erzvorkommens werden auf etwa 19 Mio. Unzen Gold und 3 Mio. t Kupfer geschätzt. Damit ist Cadia East die größte

Untertagemine in Australien und die tiefste Blockbruchbau-Untertagemine der Welt, mit einer Lebensdauer von etwa 30 Jahren.

Die Vorbereitungen zur Erschließung der Erzlagerstätten befinden sich derzeit in vollem Gange, 2013 soll mit der Produktion begonnen werden. Die BBM der Herrenknecht AG wird derzeit im Produktionslevel zur Erstellung der Erzentnahmestellen eingesetzt und ist somit wichtiger Bestandteil bei der Erstellung der Mine.

Mancala Pty Ltd., eine Gruppe von privaten Unternehmen, die spezialisierte Dienstleistungen wie Design, Engineering,

australien mining and construction industry, ordered a Herrenknecht BBM1100 in October 2010. After transportation and commissioning in Australia in September 2011, the BBM was transported to Cadia East. During the test run and commissioning at a depth of approx. 700 m, 3 vertical test operations with a length of approx. 18 m were successfully bored in fractured and blocky rock formations with a UCS of up to 200 MPa (Fig. 5).

The BBM1100 has been in operation at a depth of approx. 1000 m at the Cadia East production level since November 2011 where it plays a major role in constructing draw points for

the subsequent production process.

To date, more than 40 slot holes (as at June 2012) have been produced with an average length of 16.5 m and an average advance rate of 1.5 m/h. The operator has succeeded in realizing up to 3 slot holes a week in single-shift operation (incl. setup, boring and transport preparation) thereby offering the mine operator and contractor security in terms of further planning.

5 Conclusion and outlook

The Boxhole Boring Machine (BBM1100) has been successfully used under real site conditions

Konstruktion und Abbau für die australische Bergbau- und die Bauindustrie bereitstellen, hatte im Oktober 2010 eine BBM1100 bestellt. Nach der Verschiffung und der Inbetriebnahme im September 2011 in Australien wurde die BBM nach Cadia East transportiert. Während des Testlaufs und der Abnahme in ca. 700 m Tiefe wurden 3 vertikale Testbohrungen mit einer Länge von ca. 18 m, in kluftigen und blockhaften Gesteinsformationen mit einaxialen Gesteinsdruckfestigkeiten (UCS) von bis zu 200 MPa, erfolgreich gebohrt (Bild 5).

Seit Anfang November 2011 befindet sich die BBM1100 auf der Produktionssohle von Cadia East in ca. 1.000 m Tiefe und wirkt dort maßgeblich bei der Erstellung der Erzentnahmestellen für den späteren Produktionsprozess mit.

Bis heute wurden bereits mehr als 40 Bohrungen (Status Juni 2012) mit einer durchschnittlichen Länge von 16,5 m hergestellt, bei einer durchschnittlichen Vortriebsleistung von 1,5 m/h. Die Bohrmannschaft konnte bis zu 3 Bohrungen pro Woche im Einschichtbetrieb (inkl. Installationsarbeiten, Vortrieb und Transportvorbereitungen) umsetzen und bietet dem Minenbetreiber und Auftraggeber somit Sicherheit in dessen weiteren Planung.

5 Fazit und Ausblick

Die Boxhole Boring Machine (BBM1100) wird heute erfolgreich im Cadia East Underground Project in Australien unter realen Bedingungen eingesetzt. Hohe Vortriebsleistungen konnten über die gesamte Einsatzdauer erreicht werden.

Bis heute wurden so mehr als 40 Bohrungen erstellt.

Die BBM-Technologie von Herrenknecht bietet Minen, Planern und Auftraggebern ein alternatives Konzept zur bisherigen Herstellung von Bohrlöchern unterschiedlicher Durchmesser und Bohrlängen. Die BBM-Technologie ist individuell auf die Minenanforderungen anpassbar und somit für fast jede Mine einsetzbar.

Aufgrund der positiven Resultate in Bezug auf Erhöhung der Arbeitssicherheit, Mobilität und Unabhängigkeit der Anlage, der im Minen-Einsatz erreichten Vortriebsleistung, Service und der kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung des Produktes während des Ersteinsatzes der Anlage in Australien, sind bereits 3 weitere Boxhole Boring Maschinen entwickelt und montiert worden. Dabei handelt es sich um 2 baugleiche Maschinen vom Typ BBM1100 für den Einsatz in Minen Australiens und um eine Weiterentwicklung vom Typ BBM1500 für den chilenischen Markt. Dort wird die BBM1500 Bohrlöcher mit einer Länge von 60 m und einem Durchmesser von 1.500 mm für unterschiedliche Nutzungen eingesetzt.

Danksagung

Großer Dank gilt der Arbeitsgruppe der Grube Clara der Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG für die Unterstützung während der Testphase des Prototypen. 

in the Cadia East Underground Project in Australia. To date more than 40 slot holes have been drilled with a high performance level.

The BBM technology offered by Herrenknecht represents an alternative concept for mines, planners and contractors to previous methods of producing slot holes of various diameters and lengths. BBM technology can be individually adapted to the respective mine requirements making it suitable for use in practically any mine.

Thanks to the positive results associated with increased work safety, mobility and independence of the plant, advance rate achieved in mining operations, service and ongoing develop-

ment and improvement of the product during its initial operation in Australia, 3 further Boxhole Boring Machines are under manufacturing. These involve 2 identical BBM1100 machines for deployment in mines in Australia and a further development of the BBM1500 (steerable) model for the Chilean market where the BBM1500 will be used for producing slot holes with a length of 60 m and a diameter of 1,500 mm for various applications.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the great support provided by the team of the Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG Clara Mine during the prototype testing period. 



DEVO-Tech
bolting tools

So stark, so exakt...

Das sind die hochwertigen Schraubwerkzeuge von DEVO-Tech bolting tools für den industriellen und Baustelleneinsatz. Das umfangreiche Sortiment finden Sie unter www.devo-tools.ch.






DEVO-Tech AG
Hauptstrasse 39 Tel +41 61 935 97 69 info@devo-tools.ch
CH-4417 Ziefen Fax +41 61 935 97 99 www.devo-tools.ch

Sicher durch den Tunnel? – Menschliches Verhalten bei Bränden in Straßentunneln

Der folgende Beitrag ist ein Vortrag des Deutschen tunnel-Forums, das regelmäßig von Ihrer Fachzeitschrift tunnel in Zusammenarbeit mit der STUVA angeboten wird. Die nächsten Foren finden am 6. November 2012 in Stuttgart und 7. November 2012 in München statt.

Bricht ein Feuer in einem Straßentunnel aus, ist schnelles und sicheres Reagieren der Nutzer notwendig. Frühzeitiges Erkennen der Gefahr, schnelles Auslösen eines Feueralarms und zügiges Verlassen des Tunnels können lebensrettend sein. Umso kritischer ist deshalb, dass viele Verkehrsteilnehmer oft nicht angemessen auf Risiken im Tunnel reagieren und sich teilweise durch Fehlverhalten sogar in noch größere Gefahr bringen. Die Analyse der Brandkatastrophe im Tauern-Tunnel vom 29. Mai 1999 zeigte, dass einige Verkehrsteilnehmer ihre Fahrzeuge nicht verließen oder zu diesen zurückkehrten, um Dokumente aus ihren Fahrzeugen zu retten. Dieses Verhalten forderte in diesem Fall 3 Todesopfer [1]. An dieser Stelle setzt psychologische Sicherheitsforschung an mit dem Ziel, das Verhalten der Tunnelnutzer genau zu analysieren und darauf aufbauend Maßnahmen zu entwickeln, die die Reaktionen der Verkehrsteilnehmer während kritischer Situationen verbessern können (Bild 1).

Max Kinateder, Andreas Mühlberger, Paul Pauli
Lehrstuhl für Psychologie I, Universität Würzburg/D

Ein Beispiel für diese Art von angewandter psychologischer Sicherheitsforschung ist die hier beschriebene Felduntersuchung, die die Universität Würzburg gemeinsam mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Ruhr-Universität Bochum realisiert hat [2]. In der Studie wurden die teilnehmenden Probanden mit einer Unfallsituation mit

Safely through the Tunnel? – How People behave in Tunnel Fires

The following report is a paper to be presented at the German tunnel-Forum, which is staged regularly by your tunnel magazine in conjunction with the STUVA. The next forum will be held in Stuttgart on November 6, 2012 and Munich on November 7, 2012.

Should fire break out in a road tunnel it is essential that users react quickly and properly. Early detection of the danger, speedy triggering of a fire alarm and rapid evacuation of the tunnel can save lives. Thus it remains a critical factor that many motorists do not react appropriately to risks within the tunnel and actually place themselves

in even more danger in some case through false behaviour. The analysis of the fire disaster in the Tauern Tunnel on May 29, 1999 revealed that some motorists did not vacate their vehicles or returned to them in order to recover documents. In this particular case this behaviour cost 3 lives [1]. This is where psychological safety research has a role to play by determining exactly how tunnel users behave and then by developing measures,

1

Simulierter Verkehrsunfall im Engelbert-Tunnel Gevelsberg (links) und Untersuchungsaufbau (rechts)

Simulated traffic accident in the Engelbert Tunnel Gevelsberg (left) and investigation set-up (right)



Brand in einem Straßentunnel konfrontiert und ihr Verhalten wurde beobachtet. Neben der systematischen Analyse des Nutzerverhaltens sollten 2 Maßnahmen zur Verbesserung des Verhaltens bei Tunnelbränden evaluiert werden sowie die Validität vergleichbarer Studien in virtueller Realität überprüft werden.

45 Probanden wurden zufällig einer von 3 Untersuchungsbedingungen zugewiesen: Eine naive Kontrollgruppe erhielt vorab keinerlei Informationen über richtiges Sicherheitsverhalten im Tunnel. Eine zweite Gruppe las eine Woche vorher eine Informationsbroschüre der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) über sicheres Verhalten in Straßentunneln (ein link mit download zur Broschüre befindet sich am Ende dieses Beitrags), und eine dritte Untersuchungsgruppe las ebenfalls die Informationsbroschüre und trainierte zudem richtiges Verhalten bei Tunnelbränden in einem virtuellen Fahrsimulator (Bild 2). Eine Woche später

fuhren alle Probanden durch den realen Straßentunnel, der den neuesten Sicherheitsbestimmungen der Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) entspricht [3]. Während der Fahrt war der Tunnel durch einen simulierten Verkehrsunfall mit Brandentwicklung blockiert (Bild 1).

Ein Unfall im Tunnel mit Brand erfordert schnelles und richtiges Reagieren. Das entsprechende Verhalten wurde durch die Informationsbroschüre und das virtuelle Training eine Woche zuvor vermittelt. Als besonders wichtig wird angesehen, in einer Brandsituation das Fahrzeug möglichst schnell zu verlassen, Hilfe zu holen (z.B. über eine Notrufsäule) und dann über den Notausgang sich selbst in Sicherheit zu bringen. Das Verhalten der Probanden, die vorab nicht genau wussten, was sie in dem Tunnel erwartet, wurden in einem ersten Schritt, basierend auf Beobachtungsprotokollen und Videoaufzeichnungen, hinsichtlich dieser erwünschten



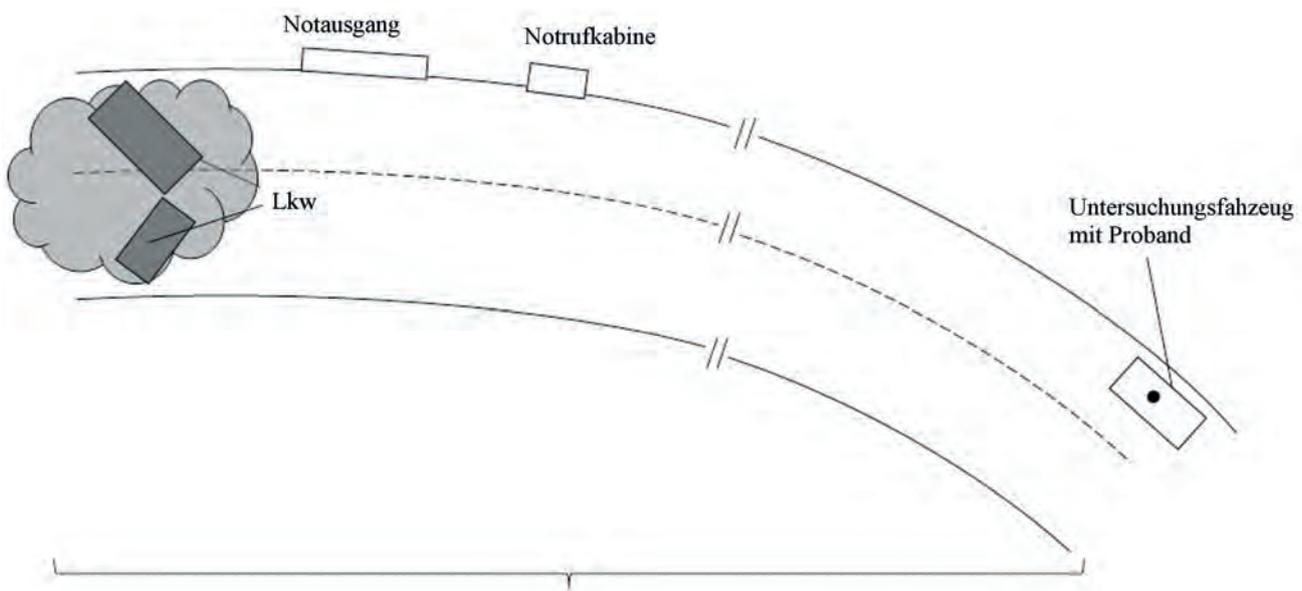
Screenshot des virtuellen Fahrtrainings. Im rechten oberen Bildrand ist ein Proband in einem Fahrsimulator abgebildet. Ein sogenanntes Head Mounted Display versetzt ihn in die virtuelle Welt und er kann mit Steuerelementen in der virtuellen Welt navigieren

Screen shot of the virtual driving training. A participant in a driving simulator is shown in the right upper edge of the picture. A so-called head mounted display places him in the virtual world and he can navigate within the virtual world with control elements

which can improve the reactions of motorists during critical situations (Fig. 1).

The field investigation described here accomplished by the University of Würzburg together with the Federal Highway Research Institute (BASt) and the University of Bochum [2] represents an example for this kind

of applied psychological safety research. In the study the test persons taking part were confronted with an accident scenario involving fire in a road tunnel and their behaviour was observed. In addition to the systematic analysis of user behaviour, 2 measures for improving behaviour in the event of tunnel fires





Beispiel einer Probandin (rechts im Bild), die versucht über die Fluchtwegbeschilderung einen Notruf abzusetzen. Eine Versuchsleiterin mit Warnweste beobachtet die Teilnehmerin. Im Hintergrund befindet sich der simulierte Unfall. Der Bildausschnitt rechts oben zeigt die Situation aus Sicht der Probandin

Example of a female candidate (on the right), who is attempting to transmit an emergency call via an escapeway sign. A test supervisor wearing a safety vest observes the participant. The simulated accident can be seen in the background. The section of the picture above right shows the situation as seen by the candidate

Verhaltensweisen analysiert.

Die Daten zeigten klar, dass unangemessenes und selbstgefährdendes Verhalten vor allem in der nicht informierten, untrainierten Probandengruppe auftrat. So blieb gut 1/5 der Kontrollgruppe im Fahrzeug sitzen, teilweise bis sie vollständig vom Rauch eingeschlossen waren. Insgesamt suchten weniger als die Hälfte der Kontrollgruppe den Notausgang oder die Notrufsäule in der Nähe der Unfallstelle auf. Dies ist nicht zuletzt deswegen bemerkenswert, da die Probanden meist unmittelbar neben der Notrufrkabine oder dem Notausgang zum Stehen kamen. Dieses Verhaltensmuster wäre im Ernstfall lebensbedrohlich. Es zeigte sich außerdem eine Reihe von situationsinadäquaten Verhaltensweisen: Einige Probanden näherten sich dem Brand gefährlich nahe an, blieben einfach im Fahrzeug sitzen oder versuchten zu wenden, was bei

einem Tunnel mit Gegenverkehr ein erhebliches Risiko darstellt. Eine Nachbefragung ergab, dass einige der Teilnehmer weißen Rauch bei einem Brand als ungefährlich bewerteten. Besonders unerwartet und daher sehr aufschlussreich war das Fehlverhalten einer Probandin, die versuchte, obwohl dies unmöglich ist, eine an der Tunnelwand angebrachte, selbstleuchtende Fluchtwegbeschilderung wie ein Touchpad zu benutzen und einen Notruf abzusetzen (Bild 3).

Die eine Woche vor der Feldstudie durchgeführten Maßnahmen hatten eine klar erkennbare positive Auswirkung auf das Sicherheitsverhalten. Knapp 3/4 der informierten und alle der in Verhaltensregeln trainierten Probanden reagierten angemessen auf die Situation und verließen das Untersuchungsfahrzeug an der Unfallstelle und suchten entweder den Notausgang oder die Notrufrkabine auf.

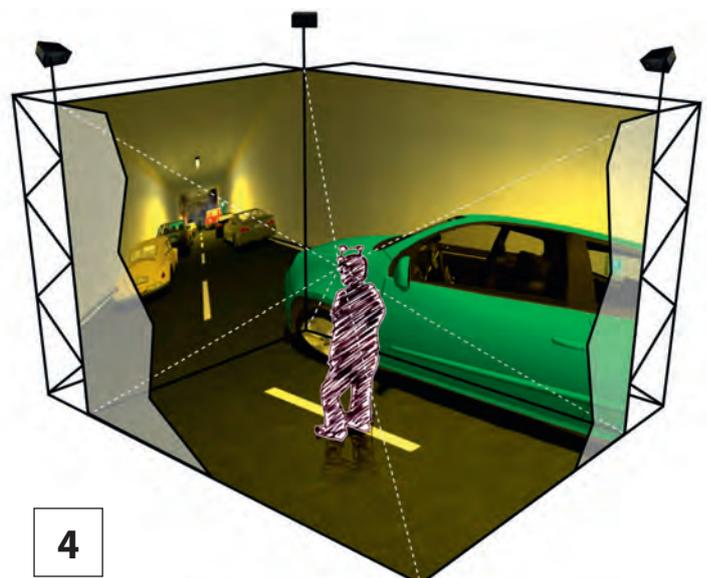
were to be evaluated and the validity of comparable studies examined in virtual reality.

45 test persons were randomly allocated to one of 3 investigation scenarios: a naïve control group received no information at all in advance relating to proper safety behaviour in the tunnel. A second group read an information brochure from the Federal Highway Research Institute (BASt) on safe conduct in road tunnels (a link with download of the brochure is to be found at the end of this article) – and a third group also read the brochure and practised proper behaviour during tunnel fires in a virtual driving simulator (Fig. 2). A week later all the candidates drove through the actual road tunnel, which corresponds to the latest safety regulations contained in the Guidelines for Furnishing and Operating Road Tunnels (RABT) [3]. During the journey the tunnel was blocked by a simulated traffic accident with accompanying fire (Fig. 1).

An accident involving fire in a tunnel requires fast and proper reactions. The appropriate beha-

viour was passed on in the form of the information brochure and the virtual training the previous week. It is regarded as being especially important that the vehicle is vacated as soon as possible, to fetch help (e.g. via an emergency telephone) and then to use an emergency exit to get to safety. The behaviour of the test persons, who were not aware in advance just what awaited them in the tunnel, was analysed in an initial step, based on observation protocols and video recordings with respect to the desired manner of behaviour.

The data clearly revealed that inappropriate and self-endangering behaviour first and foremost occurred in the non-informed, untrained group of candidates. Thus a good 1/5th of this control group remained sitting in their vehicle, in some cases until it was completely enveloped with smoke. All in all less than the half of this control group tried to find the emergency exit or the emergency telephone in the vicinity of the scene of the accident. This is particularly surprising as the test persons usually came to a



4

Schematische Darstellung eines Probanden im 3D-Multisensoriklabor
Schematic presentation of a candidate in the 3D multi-sensoric lab

Ein interessantes Ergebnis der Untersuchung war auch, dass sich Frauen und Männer unterschiedlich verhielten: Alle uninformierten untrainierten Teilnehmer, die den Notausgang oder direkt die Notrufrkabine aufsuchten, waren weiblich. Männliche Probanden blieben dagegen besonders häufig im Fahrzeug sitzen, vermutlich weil sie sich dort sicher fühlten. Ohne präventive Maßnahme verhielten sich die männlichen Probanden also deutlich ungünstiger als die weiblichen Teilnehmerinnen. Bereits die Informationsbroschüre konnte diesen Geschlechtereffekt deutlich abschwächen, und das virtuelle Verhaltenstraining ließ das ungünstige Verhalten der männlichen Untersuchungsteilnehmer vollständig verschwinden. Es lässt sich also festhalten, dass Informationsmaßnahmen und insbesondere Verhaltenstraining in der virtuellen Welt das Sicherheitsverhalten von Tunnelnutzern, insbesondere von Männern, deutlich verbessern kann.

Neben der Art des Verhaltens ist auch die Zeit bis zur Selbstrettung eine überlebenswichtige Variable. Jede Sekunde, die ein Nutzer weniger zur Selbstrettung benötigt, kann entscheidend sein. In dieser Feldstudie zeigte sich, dass trainierte Probanden ihr Fahrzeug nicht nur häufiger, sondern auch im Schnitt fast 20 Sekunden schneller als Probanden der anderen beiden Untersuchungsgruppen verlassen. Hier scheint sich das virtuelle Verhaltenstraining besonders auszuzahlen, da „nur“ informierte und naive Probanden etwa gleich lang benötigten, um ihr Fahrzeug zu verlassen. Eine mögliche Erklärung ist,

dass sich das Verhaltenstraining im sogenannten prozeduralen Gedächtnis niederschlägt. Die dort abgespeicherten Handlungsabläufe können besonders leicht und schneller als reines Faktenwissen abgerufen werden. Die Ergebnisse bestätigen also die Annahme, dass Verhaltensübungen eine deutlich höhere Handlungsrelevanz besitzen als rein theoretisch vermittelte Information. Verhalten, das in der virtuellen Welt geübt wurde, kann wahrscheinlich besonders gut in korrektes Verhalten in einem realen Setting übertragen werden. Dies belegt die ökologische Validität des virtuellen Trainings und bestätigt die Wirksamkeit und Nützlichkeit von Trainingssimulationen. Bedenkt man, dass reale Verhaltensübungen für Gefahrensituationen in Straßentunneln aus verschiedensten Gründen nur äußerst schwer und sicherlich nicht flächendeckend für alle Verkehrsteilnehmer umzusetzen sind, könnten virtuelle Trainingswelten (Stichwort „Serious Games“) eine vielversprechende Möglichkeit sein, große Teile der Bevölkerung für ein Verhaltenstraining zu erreichen. Zwar sind weitere empirische Studien notwendig, um diese Ergebnisse zu untermauern, es lässt sich jedoch festhalten, dass virtuelle Trainings zu einer Verbesserung und einem schnelleren Ablauf des Nutzerverhaltens im Ereignisfall und damit zur Sicherheit in Straßentunneln beitragen könnten.

Die Ergebnisse dieser Feldstudie verdeutlichen die Wichtigkeit präventiver Maßnahmen. Unabhängig von statistischer Signifikanz bedeutet jede Person, die ihr Fahrzeug bei einem Großbrand im Tunnel schnell

halt directly alongside the SOS-telephone or the emergency exit. This pattern of behaviour would be life-threatening in an emergency. Furthermore a series of inappropriate approaches were revealed: some of the candidates moved too close to the fire, simply remained seated in their vehicle or attempted to turn, something that represents a considerable risk in a 2-way tunnel. A subsequent survey indicated that some of the participants evaluated white smoke during a fire as less dangerous. Especially unexpected and thus extremely indicative was the erroneous behaviour of one female candidate, who tried to use an illuminated escapeway sign attached to the wall as a touchpad – although

entirely impossible – to send an emergency call (Fig. 3).

The measures undertaken a week prior to the field study had a clearly identifiable positive effect on the safety behaviour. Almost 3/4s of the test persons, who had been briefed and all those trained in how to react tackled the situation adequately and vacated their vehicle at the accident scene either heading for the emergency exit or the SOS-telephone.

Another interesting result obtained from the investigation was that men and women acted differently: all uninformed participants without training, who headed directly to the SOS-telephone or the emergency exit, were female. Male candidates

Immer im Einsatz

Front-Ausleger DUA 700/800

Heute: Tunnel-Reinigung

Eine nicht alltägliche Aufgabe für einen DUA. Ausgestattet mit Reinigungsbürste und Hochdruck-Reinigungsanlage schafft er bis zu 2000 m² pro Stunde.



Diese Front-Ausleger werden mit entsprechenden Vorsätzen zu Reinigungs-Profis für Wände, Verkehrsschilder und Leitpfosten...

Sie können damit aber auch Mähen, Mulchen, Heckenschneiden, Pflasterputzen, Kehren und was Ihnen darüber hinaus einfällt.

Technik für Landschaftspflege und Landwirtschaft


MASCHINENFABRIK
Gerhard Dücker GmbH & Co. KG
 48703 Stadthorn • Wendfeld 9
 Tel. (0 25 63) 93 92-0 • Fax 93 92 90
 info@duecker.de • www.duecker.de

verlässt und sich dann adäquat verhält, mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Todesopfer weniger. Angesichts der Tatsache, dass viele der Opfer bei bisherigen Brandkatastrophen in ihren Fahrzeugen erstickt sind, ist es entscheidend, Nutzer dazu zu bewegen, ihre Fahrzeuge im Ereignisfall zu verlassen und sich zu retten. Auch die Analyse der großen Tunnelbrände in den Alpen unterstreicht, dass das Nutzerverhalten in der Phase der Erstrettung (Selbstrettung, bevor Rettungskräfte vor Ort sind) entscheidend ist. Bei der Montblanc-Katastrophe im Jahr 1999 starben 39 Menschen. 27 von ihnen hatten während des Ereignisses nicht ihr Fahrzeug verlassen und 2 Personen hatten in anderen Fahrzeugen Zuflucht gesucht. In der Folge wurden diese Personen vom Rauch eingeschlossen und erstickten in den Fahrzeugen [1]. Auch ein Weiteres, zum Glück glimpfliches Beispiel verdeutlicht, dass auch modernste Sicherheitseinrichtungen kein optimales Verhalten der Nutzer garantieren können: Im April 2010 wurde in einem Autobahntunnel, in dem sich der Verkehr staute, Feueralarm ausgelöst. Per Lautsprecherdurchsage wurden die sich im Tunnel befindlichen Personen dazu aufgefordert, ihre Fahrzeuge und den Tunnel über die Notausgänge zu verlassen. Augenzeugen berichteten, dass nur sehr wenige Personen dieser Aufforderung folgten. Glücklicherweise handelte es sich um einen Fehlalarm, so dass niemand zu Schaden kam.

Menschliches Fehlverhalten führte also bereits wiederholt zu teilweise schwerwiegenden Konsequenzen. Die Tunnelnutzer verlassen bei Gefahr oft nicht unmittelbar ihre Autos

und gehen nicht geordnet zum nächstgelegenen Notausgang, um sich in Sicherheit zu bringen. Die beiden zuvor beschriebenen Beispiele und auch die Analyse weiterer Tunnelbrände zeigen 2 wichtige Punkte auf: Erstens haben sich die Sicherheitsbedingungen zwar erheblich verbessert, aber die sehr guten Rahmenbedingungen werden von den Verkehrsteilnehmern nicht immer optimal genutzt. Zweitens finden sich neben zahlreichen funktionalen Verhaltensweisen, wie etwa Erste Hilfe leisten, Notruf absetzen, oder einen Notausgang aufsuchen, auch typische, dysfunktionale Verhaltensweisen wie zum Beispiel das Verbleiben im Auto bei einem Brand, die Zuflucht in nicht-feuerfeste Rettungsnischen oder die Rückkehr zum Auto. Interessant ist, dass nur wenige Personen während der beschriebenen Ereignisse in Panik reagieren. Vielmehr ist zu beobachten, dass die meisten Menschen auch in Extremsituationen überlegt handeln, aber oftmals falsche Entscheidungen treffen [4].

Das optimale Sicherheitsverhalten im Ereignisfall ist allerdings für verschiedene Ereignisse nicht immer gleich: Beispielsweise kostete die Erste-Hilfe-Leistung beim Brand im Viamala-Tunnel (2006) 2 Helfern das Leben, im Vösendorf-Tunnel (2008) dagegen konnten 2 Menschenleben durch den beherzten Einsatz anderer gerettet werden [1]. Ein Problem bei der Optimierung menschlichen Verhaltens im Ereignisfall im Tunnel ist, dass viele Faktoren berücksichtigt werden müssen und es keine allgemein gültigen Regeln gibt, die auf alle Gefahrensituationen zutreffen.

Durch die Umsetzung von Si-

on the other hand tended to remain sitting in their vehicle presumably as they felt they were safe there. In other words without a preventive measure the male participants behaved in a far more inappropriate manner than their female counterparts. The information brochure on its own sufficed to reduce this difference between the sexes substantially and the virtual behavioural training saw the unfavourable behaviour of the male participants in the investigation disappear altogether. It can be concluded that informative measures and behavioural training in the virtual world in particular can considerably improve the safety behaviour of tunnel users, especially the men.

Apart from the type of behaviour the time that elapses till self-rescue also remains an essential variable. Every second that a tunnel user requires for evacuation purposes, can be decisive. The field study demonstrated that trained candidates vacated their vehicle more frequently as well as on average almost 20 seconds faster than participants belonging to the other groups involved in the study. In this case virtual behavioural training in particular appears to pay dividends as naive participants only provided with information required roughly the same time to vacate their vehicle. A possible explanation is that the behavioural training is registered in the so-called procedural memory. The sequence of actions stored there can be recalled with particular ease and speedily as pure factual knowledge. In other words the results confirm the assumption that behavioural exercises express a further fortunately mild example that modern safety installations are also unable to

guarantee optimal behaviour on the part of users: in April 2010 the fire alarm was sounded in a motorway tunnel, in which there was a traffic tailback. The loud-speaker announcement called on the persons located within the tunnel to vacate their vehicle and the tunnel via the emergency exits. Eye-witnesses reported that only very few persons actually responded. Fortunately the alarm was sounded by error so that no one was hurt.

Human error has thus repeatedly led to in some cases serious consequences. Tunnel users frequently do not vacate their vehicle in the event of danger and do not seek out the nearest emergency exit in an orderly fashion to get to safety. The 2 above-mentioned examples as well as the analysis of further tunnel fires indicate 2 important points: firstly although safety conditions have improved substantially the extremely good general conditions are not always exploited optimally by motorists. Secondly apart from numerous functional behaviour patterns such as e.g. providing First Aid, initiating an emergency call or looking for an emergency exit there are typical, dysfunctional patterns such as remaining in the car during a fire, evacuating to non-fireproof rescue rooms or returning to the car. It is interesting to observe that only few persons react in panic to the described events. Rather it is observed that most people act in a considered manner even during extreme situations but frequently take false decisions [4].

However the optimal way to behave in the event of something happening is not always the same for different events: for instance 2 helpers lost their lives providing First Aid during

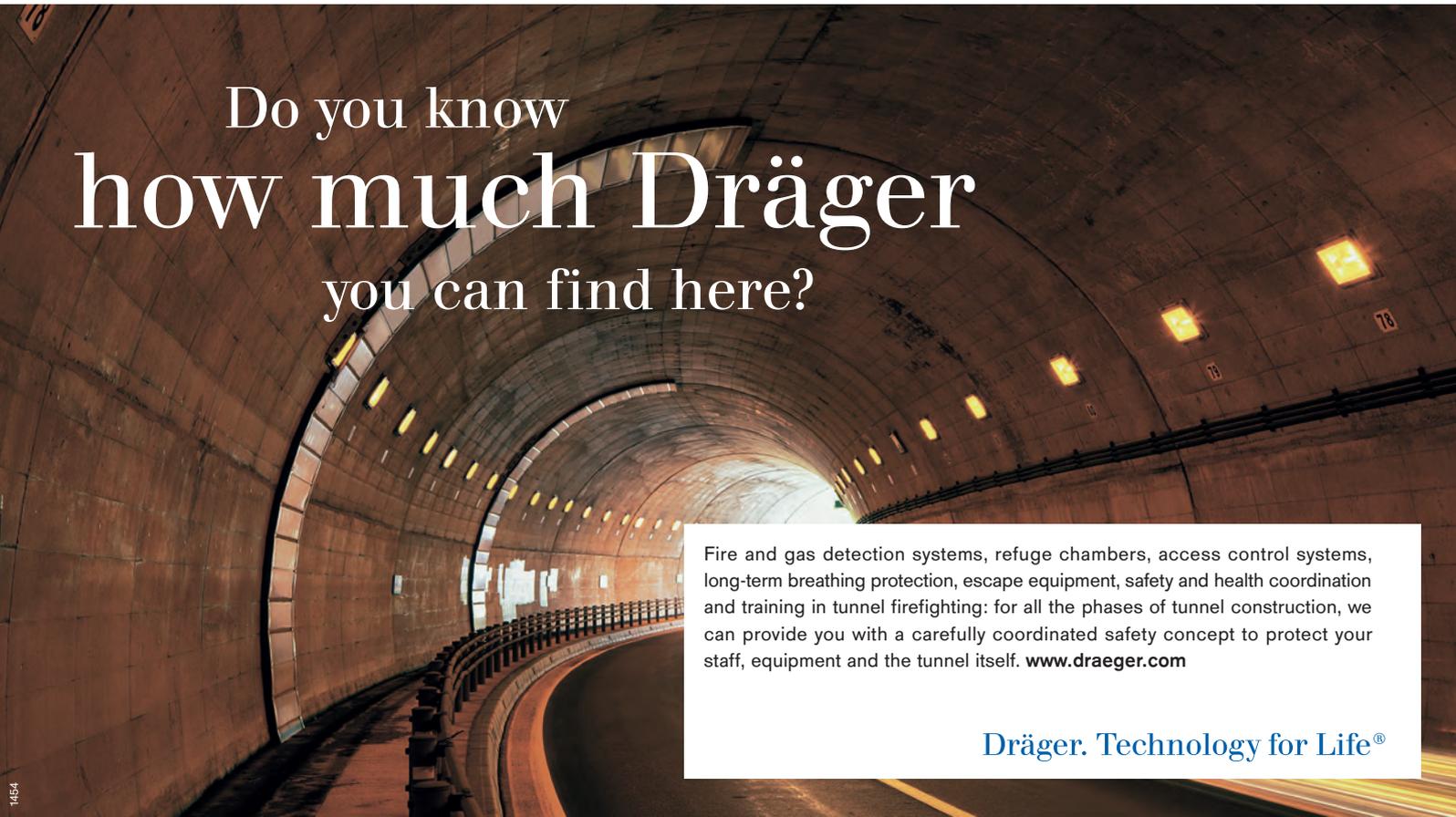
cherheitsstandards wurde das Sicherheitsniveau in europäischen Straßentunneln erheblich verbessert. Psychologische Sicherheitsforschung hat dabei stets das Ziel, die Sicherheit der Nutzer durch empirische Forschung noch weiter zu verbessern. Durch Maßnahmen sollen zum einen die Eintrittswahrscheinlichkeit (primäre Prävention) von Unfällen oder anderen kritischen Ereignissen gesenkt werden. Zum anderen, falls es doch zu einem gefährlichen Ereignis kommt, soll das Ausmaß des Schadens (sekundäre Prävention) für die Nutzer minimiert werden. Beispiele für primäre Prävention sind Müdigkeitswarnsysteme, die Fahrer bei Symptomen von Müdigkeit

warnen, welche besonders in monotonen Umwelten, wie sie Tunnel darstellen, vermehrt auftreten können. Die Schulung von Tunnelnutzern ist sowohl dem Bereich der primären als auch der sekundären Prävention zuzuordnen. Weitere wichtige Aspekte der psychologischen Sicherheitsforschung ist die Untersuchung von sozialem Einfluss, also wie beeinflussen Menschen sich gegenseitig in Krisensituationen, oder die Entwicklung von komplexen Verhaltensmodellen zur Vorhersage von Verhalten mit dem Ziel, Sicherheitsmaßnahmen zu optimieren [5, 6, 7]. Diese Ziele können durch Feldstudien, wie der hier geschilderte, nur ansatzweise gerecht werden.

the fire in the Viamala Tunnel (2006) whereas 2 lives were saved thanks to the unstinting efforts of others in the Vösendorf Tunnel (2008) [1]. A problem in optimising human behaviour should an incident occur in a tunnel is that many factors must be taken into consideration and that there are no generally valid rules, which apply to all hazardous situations.

The safety level in European road tunnels has been enhanced substantially by applying safety standards. Psychological safety research has in this connection always pursued the aim of further improving the safety of users thanks to empirical research. On the one hand the notion is to diminish the probability of ac-

cidents or other critical events occurring (primary prevention). Secondly the extent of damage (secondary prevention) has to be minimised for users should a dangerous incident take place. Examples for primary prevention are fatigue warning systems, which alert the driver to signs of drowsiness, which can occur increasingly in monotonous environments such as presented by tunnels. Training tunnel users can be classified as both primary and secondary prevention. Further important aspects of psychological safety research is the investigation of social influences in other words how people mutually influence one another in critical situations or the development of complex

Do you know
how much Dräger
you can find here?

Fire and gas detection systems, refuge chambers, access control systems, long-term breathing protection, escape equipment, safety and health coordination and training in tunnel firefighting: for all the phases of tunnel construction, we can provide you with a carefully coordinated safety concept to protect your staff, equipment and the tunnel itself. www.draeger.com

Dräger. Technology for Life®

Valide und vielseitig veränderbare Untersuchungsbedingungen, mit denen sich der Faktor Mensch bei Bränden in Straßentunneln sinnvoll ohne Gefährdung von Personen untersuchen lassen kann, wären hier sehr sinnvoll. Die Entwicklung virtueller Welten erlaubt seit einiger Zeit, solche Situationen ökologisch valide zu simulieren. Dieser Ansatz stellt daher eine hervorragende Ergänzung zu den aufwändigen Feldstudien dar.

Virtuelle Welten erlauben zum einen das wiederholte Durchführen von Versuchen in standardisierten Bedingungen, zum anderen lassen sich Situationen simulieren, die in der Realität nur schwer zu untersuchen sind (zu gefährliche, zu aufwändige, nicht kontrollierbare Situationen). Der Lehrstuhl für Psychologie I der Universität Würzburg nutzt für die psychologische Sicherheitsforschung im Rahmen des Forschungsprojektes SKRIBTPlus (Schutz kritischer Brücken und Tunnel; ein Link zur Projekthomepage findet sich am Ende des Beitrags) ein 3D-Multisensoriklabor, mit dem Probanden vollständig in einen virtuellen Raum versetzt

werden können und Verhalten realitätsnah analysiert werden kann (Bild 4). Es handelt sich hierbei um ein so genanntes Cave System. Hierzu werden visuelle Simulationen auf 5 Wände projiziert und zudem akustische und olfaktorische Simulationen dargeboten. Gleichzeitig können das Verhalten sowie physiologische Parameter und verbale Angaben der Probanden kontrolliert erfasst werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Folgen von menschlichem Fehlverhalten bei Tunnelbränden fatal sein können. Auch neueste Sicherheitsstandards können keine absolute Sicherheit garantieren, insbesondere wenn sich die Nutzer nicht wie erwartet „rational“ verhalten. Die hier diskutierte Feldstudie zeigt vielversprechende Ansätze auf, um das Verhalten der Tunnelnutzer zu verbessern. Besonders die Möglichkeiten von Verhaltenstrainings in virtueller Realität sind hier hervorzuheben. Allerdings ist die Forschung in diesem Bereich erst am Anfang, und es bedarf noch weiterer Anstrengungen, um den Faktor Mensch im Tunnel genauer beschreiben und verstehen zu können. 

behavioural models to predict behaviour with the aim of optimising safety measures [5, 6, 7]. These goals could only be accomplished to a limited extent by field studies of the type described here.

Valid and multi-changeable investigation conditions, by means of which the factor of man can be purposefully scrutinised during road tunnel fires without persons being endangered, would be advisable here. The development of virtual worlds has made it possible to simulate such situations in an ecologically valid manner for some time now. This approach thus represents an excellent augmentation of extensive field studies.

Virtual worlds first of all enable tests to be executed repeatedly using standardised conditions; secondly situations can be simulated, which are hard to quantify in reality (too dangerous, too complex, uncontrollable situations). The Chair for Psychology I at the University of Würzburg makes use of a 3D multi-sensoric lab by means of which guinea pigs can be placed in a virtual room and their behaviour analysed realistically (Fig. 4) for psychological safety research within the

scope of the SKRIBTPlus (protection of critical bridges and tunnels; a link to the project home page is provided as the end of this report). What is known as a cave system is used here. Towards this end visual simulations are projected on to 5 walls and in addition acoustic and olfactorial simulations presented. At the same time the behaviour as well as the physiological parameters and verbal remarks of the candidates can be assessed in a controlled manner.

In summing up it can be maintained that the consequences of human error in the event of tunnel fires can be fatal. Even the latest safety standards cannot provide any absolute safety especially should the users fail to act “rationally” as expected. The field study discussed here displays promising approaches for improving the behaviour of tunnel users. The possibilities of behavioural training in virtual reality must be emphasised in this respect. It must be said however that research in this field is just starting and further efforts will be needed so that the factor of man in tunnels can be more accurately described and comprehended. 

Weiterführende Literatur und Links

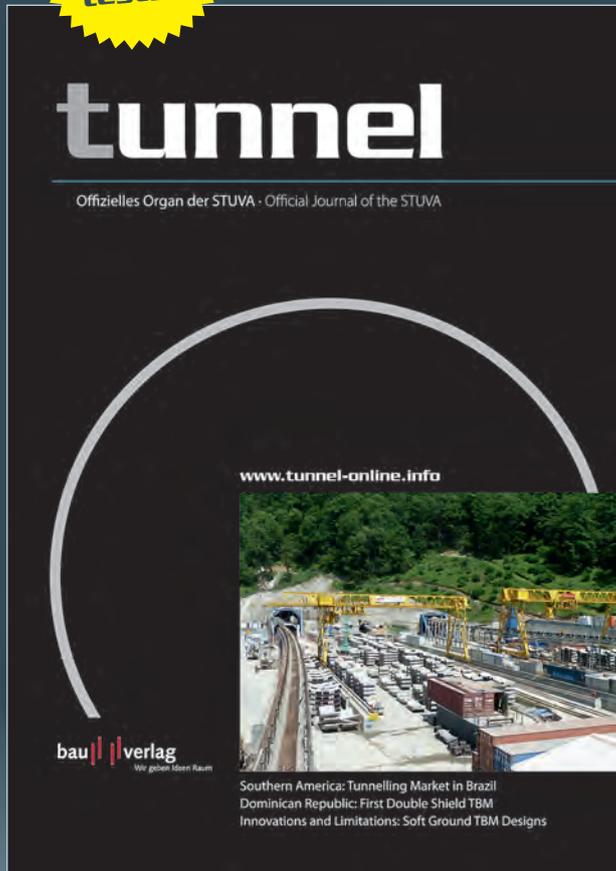
- [1] Broschüre der Bundesanstalt für Straßenwesen „Sicherheit geht vor – Straßentunnel in Deutschland“: http://www.bast.de/nn_42242/DE/Publikationen/Broschueren/broschueren__node.html?__nnn=true
- [2] YouTube Kanal der Bundesanstalt für Straßenwesen mit Filmmaterial: <http://www.youtube.com/user/BAST20111?blend=1&ob=0>
- [3] Die beschriebene Feldstudie zum Nutzerverhalten wurde im Rahmen des Programms für zivile Sicherheit der Bundesregierung und des Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb des Forschungsprojektes „Schutz kritischer Brücken und Tunnel im Zuge von Straßen“ (SKRIBT, www.skribt.org) in enger interdisziplinärer Kooperation mit den Partnern des Lehrstuhls für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb der Ruhr-Universität Bochum und der BAST unter Leitung des Lehrstuhls für Psychologie I der Universität Würzburg geplant und durchgeführt. Unterstützt wurde die Arbeit durch den Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW), der Stadt Gevelsberg sowie der freiwilligen Feuerwehr Gevelsberg und der Firma OSMO Anlagenbau.

Literatur / References

- [1] Beard, A. and Carvel, R., The handbook of tunnel fire safety 2005, London: Thomas Telford.
- [2] Kinader, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Rönau, I., Bergerhausen, U., Vollmann, G., Vogt, P., and Mühlberger, A., Human Behaviour in Severe Tunnel Accidents: Effects of Information and Behavioral Training, 2012.
- [3] European Parliament and European Council, Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network. L167/39, 2004. 2004/54/EC.
- [4] Clarke, L., Panic: Myth or Reality? Contexts, 2002. 1(3): p. 21-26.
- [5] Nilsson, D. and Johansson, A., Social influence during the initial phase of a fire evacuation-Analysis of evacuation experiments in a cinema theatre. Fire Safety Journal, 2009. 44(1): pp. 71-79
- [6] Nilsson, D., Johansson, M., and Frantzich, H., Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations. Fire Safety Journal, 2009. 44(4): p. 458-468.
- [7] Kuligowski, E., Predicting Human Behavior During Fires. Fire Technology: pp 1-20

Alle Vorteile eines Abonnements + einen iPod als Geschenk.

4
Ausgaben
testen!



4 Ausgaben tunnel im Kennenlern-Paket:
Sie sparen 14,50 EUR im Vergleich zum Einzelheftkauf
und erhalten

1 x iPod Shuffle 2 GB kostenlos dazu!

Jetzt ausfüllen und Prämie sichern

Firmenanschrift

Privatanschrift

Firmenname

Branche

Vorname, Name

Straße

PLZ, Ort

Telefon

eMail

Datum/Unterschrift

2011TUA02V0

[] Ja, ich lese die nächsten 4 Ausgaben der Fachzeitschrift tunnel zum Vorzugspreis von nur 73,50 EUR statt 88,00 EUR im Einzelverkauf. Mein Geschenk erhalte ich direkt nach Zahlungseingang. Das Abonnement läuft nach vier Ausgaben automatisch aus.

[] Ja, ich bin damit einverstanden, dass mich der Bauverlag und die DOCUgroup per E-Mail über interessante Zeitschriftenangebote informieren. Diese Einwilligung kann ich jederzeit widerrufen. Ich kann der Verarbeitung und Nutzung meiner Daten für Zwecke der Werbung jederzeit beim Verlag widersprechen.

Noch mehr Infos unter: www.tunnel-online.info

Metro Doha – Tunnelbau in besonderen Dimensionen

Mit über 82 km unterirdischer Tunnelstrecke und 25 unterirdischen Stationen in Phase 1 ist die Metro Doha das größte derzeit in Planung befindliche Infrastrukturprojekt der Welt. Die Zahlen würden alleine schon für sich sprechen. Doch aufgrund der Vergabe der FIFA WM 2022 nach Qatar und der geplanten Bewerbung für die Olympiade 2020 ist diese Phase 1 innerhalb der kommenden 7 Jahre zu realisieren, was nicht nur das gesamte Projekt, sondern auch den Tunnelbau in besondere Dimensionen hebt. Denn in Qatar gibt es bisher keinerlei Erfahrungen im Eisenbahn- oder Metrobau und daher auch wenig Expertise im Tunnelbau. Somit sind weder belastbare Referenzen, noch Vorschriften oder Regelungen vorhanden, auf die aufgesetzt werden könnte: Hier ist Pioniergeist gefordert, mehr als es die Tunnelbauer sowieso schon an den Tag zu legen pflegen. Zudem sind tunnelbautechnische Kennwerte für den Baugrund nicht bekannt, bis auf die Tatsache, dass das Grundwasser chemisch äußerst aggressiv ist. Aufgrund der Projektgröße ergeben sich logistische Probleme und weitreichende Schnittstellenproblematiken mit anderen parallel laufenden Großprojekten in der Stadt Doha.

1 Projektvorstellung

Doha, die Hauptstadt Qatars, ist eine stark besiedelte, lebendige und schnell wachsende Stadt. Zur FIFA Weltmeisterschaft 2022 soll hier eines der modernsten Metro- und Bahnsysteme der Welt entstehen. Das Investitionsvolumen für Phase 1 liegt bei ca. 10 Mrd. Euro. Ziel

Dipl.-Ing. (FH) Markus Kretschmer, DB International GmbH, Arbeitsgebietsleiter Großprojekte Bautechnik/Director Major Projects Civil, Doha/Qatar
Dipl.-Ing. (FH) Martin Jäntsche, DB International GmbH, Fachteamleiter Tunnelbau/Competence Manager Tunnel Construction, München/Deutschland

ist der Bau eines Metrosystems sowie eines Fernbahnnetzes, das Qatar mit Saudi-Arabien und Bahrain verbinden soll. Die DB International ist derzeit

The Doha Metro – Tunnelling in special Dimensions

Currently the Doha Metro is the world's largest infrastructure project at the planning stage. 82 km incorporating 25 stations will run underground in Phase 1. These figures actually speak for themselves in fact. But as Qatar has been awarded the 2022 FIFA World Cup and the country intends applying to stage the 2020 Summer Olympics, Phase 1 must be accomplished within 7 years, something which lends special dimensions to the entire project and tunnelling in particular. For so far no experience has been gained in railway or Metro construction and consequently there is little expertise in tunnelling. As a result neither reliable references nor rules and regulations are available to be depended on: here a pioneering spirit is called for even in excess of what tunnellers normally display. Furthermore there are no technical values relating to tunnelling available for the soil apart from the fact that the groundwater is extremely aggressive. On account of the size of the project logistical problems and extensive interface problem complexes arise in conjunction with other major schemes taking place at the same time in the city of Doha.

1 Presentation of the Project

Doha, the capital of Qatar, is a densely populated, lively and fast growing city. One of the world's

most modern Metro and railway systems is to be set up here for the 2022 FIFA World Cup. Around 10 billion euros is to be invested in Phase 1. The goal is to establish a Metro system as well as a main-line network to link Qatar with Saudi-Arabia and Bahrain. The DB International is at present responsible for the planning

verantwortlich für die Planung und Ausschreibung der Baumaßnahmen zur Errichtung des Metro- und Bahnsystems.

Das gesamte Streckennetz (Bild 1) ist in einzelne Linien gegliedert:

Die Red Line (Sea Line) zieht sich von Norden nach Süden durch das Emirat und bildet somit die Schlüssellinie des qatarischen Transportsystems. Sie verbindet auch den besiedelten Küstenstreifen mit der Hauptstadt. Die Golden Line (Historic Line) verläuft hauptsächlich in Ost-West Richtung und verbindet die Stadtteile AlRayyan und Industrial Area North mit dem Flughafen. Die Green Line (Education Line) verläuft von Süden nach Nord-Westen und verbindet das große Universitätszentrum Education City mit dem Zentrum von Doha. Die vierte und kürzeste Linie ist die Blue Line (City Line). Sie verläuft entlang des C-Rings in einem Kreis von Norden nach Süden innerhalb Dohas und schafft somit innerhalb der Stadt Kreuzungs- und Umsteigebeziehungen zu den anderen Linien.

Die Herstellung des gesamten Netzwerks wird analog der Meilensteine der Großereignisse in insgesamt 4 Phasen gegliedert.

- **Phase 1:** Bau der zentralen Bahnhöfe und entsprechenden unterirdischen Streckenlose der Metro, die unbedingt zur Durchführung der FIFA WM 2022 fertig gestellt und in Betrieb genommen werden müssen
- **Phase 2:** Ausbau der restlichen Anschlüsse der Metrolinien innerhalb der Stadt Doha



Netzwerkschema des gesamten Metronetzwerks von Qatar
Set-up of the entire Metro network in Qatar

- **Phase 3:** Anschluss der Außenäste aufgeständert und ebenerdig, Richtung Süden und Norden
- **Phase 4:** Bau des Hochgeschwindigkeits- und Güterverkehrsnetzwerks mit Anschluss an Saudi-Arabien und Bahrain

Ziel ist es, alle 4 Phasen bis zum Jahre 2050 gebaut und in Betrieb genommen zu haben.

and tenders for the construction measures to produce the Metro and railway system.

The complete route network (Fig. 1) is divided up into individual lines:

The Red Line (Sea Line) runs from north to south through the Emirate and thus forms the key line of Qatar's transit system. It also connects the populated coastal strip with the capital. The Golden

Line (Historic Line) mainly runs in an east-west direction and links Al Rayyan and Industrial Area North with the Airport. The Green Line (Education Line) runs from the south to the north-west and connects the large university complex Education City and the centre of Doha. The fourth and shortest line is the Blue Line (City Line). It runs along the C-ring in a circle from north to south within Doha thus creating intersections

2 Geologie

Qatar ist eine gestreckte Halbinsel im Osten der arabischen Halbinsel und zeigt nordwärts in den arabischen Golf. Mit ihrer Lage am Rand der arabischen Halbinsel ist Qatar geologisch gesehen ein Teil des arabischen Golfbeckens (Bild 2).

Um genaue Aufschlüsse über den Boden im Projektgebiet zu erhalten, wurden geologische Erkundungsbohrungen sowie Labortests durchgeführt. Entlang der geplanten Linienführung wurden 123 Bohrungen zwischen 25 und 70 m Tiefe mit einem Innendurchmesser von 63 bis 84 mm vorgenommen (Bild 3). Messungen der Wassersäulen in den Bohrlöchern finden nach 24 und 48 Stunden statt. Neben den Bohrungen werden Pumpversuche durchgeführt, um die Durchlässigkeit und Konnektivität der Grundwasserspiegel zu erkunden, was für die Machbarkeit des Großteils aller Stationsbauten unerlässlich ist.

Da es in Qatar bisher keine bergmännisch hergestellten Tunnel gibt, mussten über ein ausführliches Studium bereits vorhandener geologischer Unterlagen die tunnelbau- und spezialtiefbauspezifischen Werte der Geologie ermittelt werden. Der Boden im Projektbereich besteht hauptsächlich aus Füllmaterial, dem Simsima Limestone (Kalkstein), der Midra Shale und der sogenannten Rus Formation.

Der Simsima Limestone formt den größten Teil der Oberfläche. Die Schichtenfolge und Lithologie sind nicht genau bekannt. Er besteht aus einem feinen Medium, körnig, beige bis blass braun und gelbbraun. Außerdem ist der Simsima Limestone schlecht ge-



Topographische Lage Qatars
Qatar's topographical situation

schichtet, enthält kristallinen Kalkstein und Dolomitgestein mit einer Vielzahl von Hohlräumen und unregelmäßigen Klüften, die oft mit weichem Schluffstein/Siltstein gefüllt sind. Gelegentlich sind dünne Lagen von blass grünem oder rotbraunem Lehm vorhanden. Die Midra Shale ist ein gelb brauner und grün grauer Schiefer in dem oft Fossilien gefunden werden. Über dem Projektbereich ändert sich der Midra Shale in Konsistenz, Farbe, Lehm und Kalkzusammensetzung. Die Rus Formation setzt sich aus weißlichem oder gelblichem Dolomitmalkstein zusammen und enthält zeitweise zwischengelagerte dünne Schichten aus grünlichem oder bräunlichem Lehm und Engstellen aus weißlichem oder gräulichem fossilhaltigem Dolomitmalkstein. Die jüngsten bisher gefundenen Gesteine der Rus Formation haben sich in Al Khor, im Norden von Qatar, entwickelt.

2 Geology

Qatar is an extended peninsular on the Arabian Peninsula pointing northwards into the Arabian Gulf. In geological terms with its position on the fringe of the Arabian Peninsula, Qatar is a part of the Arabian Gulf basin (Fig. 2).

Geological exploratory drilling and lab tests were initiated to get an exact picture of the soil in the project area. 123 drillholes between 25 and 70 m deep with an internal diameter of 63 to 84 mm were undertaken along the planned route alignment (Fig. 3). The water columns in the holes are measured after 24 and 48 hours. In addition to drilling pump tests are carried out in order to establish the permeability and connectivity of the groundwater table, something essential for the feasibility of the major portion of all the station buildings.

As no tunnel driven by mining means has ever been produced in Qatar, the geological values pertaining to tunnelling and special foundation engineering had to be determined by means of an extensive study. The soil in the project area mainly comprises fill material, Simsima Limestone, Midra Shale and the so-called Rus Formation.

Simsima Limestone forms the bulk of the surface. The stratification and lithology are not exactly known. It possesses a fine consistency, grainy, beige to pale brown and yellowish-brown. Furthermore Simsima Limestone is inadequately layered, contains crystalline limestone and dolomite rock with a large number of cavities and irregular fissures, which are often filled with soft siltstone. Occasionally thin layers of pale green or reddish-brown loam are to be found. The Midra Shale is a yellowish-brown and

and transfer opportunities to the other lines.

The production of the entire network will be split into a total of 4 phases in keeping with the milestones provided by the major events.

- **Phase 1:** construction of the central stations and corresponding underground route sections for the Metro, which must be completed and commissioned in time for the 2022 FIFA World Cup
- **Phase 2:** development of the remaining links for the Metro lines within the city of Doha
- **Phase 3:** connecting the elevated and ground-level outer sections, towards the south and north
- **Phase 4:** building the high-speed and goods transportation network connecting up with Saudi Arabia and Bahrain

It is intended to construct and commission the 4 phases by 2050.

Eine Besonderheit der Rus Formation ist das Auftreten von verschiedenen flächenhaften Schichten aus Eindampfungsgestein, hauptsächlich bestehend aus Gips und Anhydriten. Die Gipsschichten können bis zu 4 m dick sein und befinden sich vor allem im südlichen Teil des Landes in einer Tiefe von 20 bis 50 m. Die unteren Gipsschichten haben sich nachträglich aufwendig durch zirkulierendes Grundwasser gelöst. Wegen der überlagernden Schicht brechen sie an einigen Stellen und bringen die Hauptoberfläche ebenfalls zum Einbruch. Dies geschieht hauptsächlich im Süden und in der geographischen Mitte Qatars.

Im gesamten Land liegt ein Karstsystem mit Dolinen (Karstrichtern) vor. Ein Karstsystem wird hauptsächlich mit gipshaltiger Lösung assoziiert, aber es wird auch von den vorhandenen Karbonat-Felsen beeinflusst. Das Karbonatgestein bietet günstige Bedingungen für den Tunnelvortrieb. An anderen Stellen wiederum herrschen unter Gips und Anhydriten extreme Bedingungen für den Tunnelvortrieb. Der Boden im gesamten Projektgebiet ist sehr heterogen, anisotrop und gebrochen karstig (Bild 4).

Aktivitäten der Seismizität und Tektonik mit größeren Effekten wurden im Osten des arabischen Golfes aufgezeichnet (z.B. Iran). In Qatar selbst gibt es nur sehr wenige dieser Aktivitäten - weshalb es in die Seismische Zone Null eingestuft wird, was bedeutet, dass ein sehr geringes bis gar kein Erdbebenrisiko vorhanden ist. Auch mit Vulkanausbrüchen und Erdbeben ist hier nicht zu rechnen.



Übersicht der Bohrprofile der geologischen Erkundungsmaßnahmen

Overview of the drilling pattern for the geological exploratory measures

3 Hydrologie

Das Land ist in erster Linie niedrig und eben. Innerhalb Qatars befinden sich keine Wasserwege oder Seen. Die geringen Niederschläge, starke Sonneneinstrahlung und die extremen Windbedingungen sorgen für große Trockenheit. Dennoch ist ein extrem hoher, natürlicher Grundwasserspiegel vorhanden.



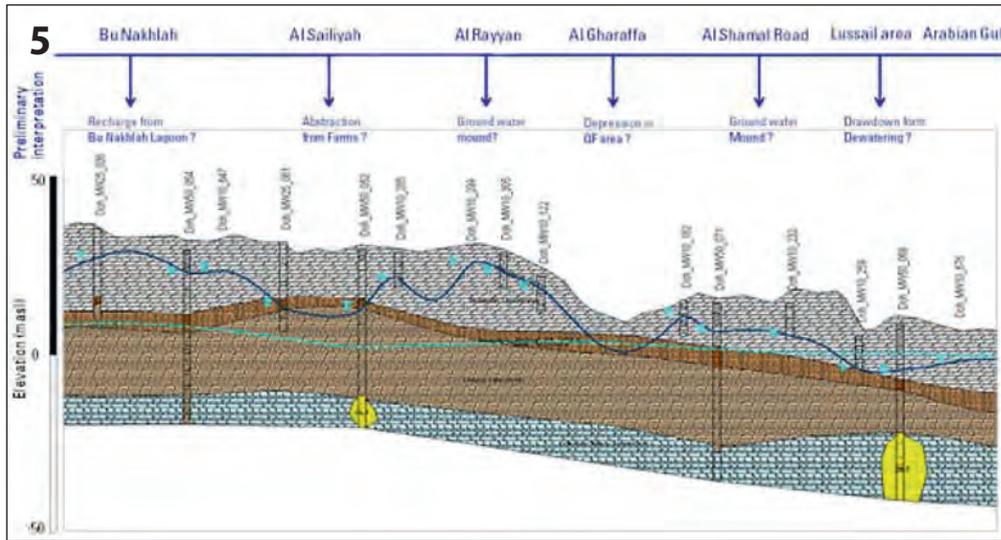
Karsterscheinung im Simsima Limestone

Karst phenomenon in Simsima Limestone

greenish-grey slate, which often contains fossils. Throughout the project area the Midra Shale alters in terms of consistency, colour, loam and limestone composition. The Rus Formation comprises whitish or yellowish dolomite limestone. The most recent rocks belonging to the Rus Formation to be found so far are located at Al Khor, in the north of Qatar. A special feature of the Rus Formation is

the presence of various extensive layers of saline residues, mainly consisting of gypsum and anhydrites. The layers of gypsum can be up to 4 m thick and are mainly to be found in the southern part of the country at a depth of 20 to 50 metres. The lower layers of gypsum have subsequently become detached to a large extent as a result of circulating groundwater. They have ruptured at various points on account of the overlying layer thus also causing the ground surface to cave in. This occurs principally in the south and in the geographical centre of Qatar.

A karst system with sinkholes (karst funnels) is to be found throughout the country. A karst system is mainly associated with gypsum-based materials but it is also influenced by the existing carbonate rocks. Carbonate rock affords favourable conditions for tunnel driving. At other points however extreme conditions for tunnelling prevail given the presence of gypsum and anhyd-



Beispiel der Veränderung des Grundwasserspiegels in 3 Jahren
 Example of the change in the groundwater level in 3 years

Die Grundwasser führende Schicht liegt zwischen 5 und 50 m Tiefe, der Grundwasserspiegel ist meist nach 5 bis 15 m anzutreffen. Nach Westen liegt die Grundwasser führende Schicht tiefer. Sie ist ähnlich wie der Simsima Limestone bedeckt mit einer dünnen Schicht von anstehendem Schiefer und einer dünnen Schicht Anschutt-

masse. Durchschnittlich beträgt die Schichtdicke des Simsima Limestones 15 m mit darunter liegender Midra Shale, die hauptsächlich als Abdichtungsschicht dient. Die Schichten sind vollständig gesättigt und das Grundwasser wird durch den saisonalen Regen und die permanente Quelle, den arabischen Golf, angereichert.

rites. The ground throughout the entire project area is highly heterogeneous, anisotropic involving karst-like fractures (Fig. 4). Major seismic and tectonic activities were registered in the east of the Arabian Gulf (e.g. Iran). In Qatar itself such activities are rare so that it is classified in Seismic Zone Zero, which signifies that a very slight risk or none

at all prevails. Volcanic eruptions and avalanches can also be precluded here.

3 Hydrology

The terrain is primarily low and flat. No waterways or lakes are to be found within Qatar. The slight precipitation, strong sunshine and extreme wind conditions cause great aridness. Notwithstanding an extremely high, natural groundwater table prevails.

The layer containing the groundwater lies between 5 and 50 m deep, with the groundwater table mostly being encountered after 5 to 15 m. The layer containing the groundwater is deeper towards the west. In similar fashion to the Simsima Limestone it is covered with a thin layer of in situ slate and a thin layer of fill material. On average the Simsima Limestone layer thickness amounts to 15 m with Midra Shale encountered underneath, which mainly serves as a sealing layer. These layers are entirely saturated and the groundwater is enriched by the seasonal rain and the permanent source provided by the Arabian Gulf.

The groundwater can change in future on account of new underground systems. In some cases it can rise by up to 8 m within 3 years (Fig. 5).

The groundwater contains very high amounts of sulphates (peak values of up to 4,000 mg/l) and chlorides (peak values of up to 54,000 mg/l). The groundwater exerts a corrosive effect on concrete and steel (Table 1) with a ph-value of 6.1 to 8.5 (Dammam) and 6.5 to 8.5 (Rus Limestone). The groundwater temperature averages 28 °C.

This all leads to a situation where no European norm can

Tabelle 1: Übersicht der Inhaltsstoffe des Grundwassers

Element	TDS	Ca	Mg	Na	HCO ₃	SO ₄	Cl
Einheit	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Mittelwert	9.807,53	631,08	313,63	2.435,85	180,67	1.740,29	4.269,91

(Erklärung: TDS (total dissolved solids) = Summe der gelösten Salze im Wasser)

Tabelle 2: Basisparameter für die Tunnelplanung

Parameter	Entscheidung	Erläuterung
Tunnel-System	Doppelröhre, eingleisig	Höchste Sicherheitsstufe
Metro-Betrieb	750V DC 3te Schiene	Üblich für Metrobetriebe weltweit
Abmessungen Metro-Fahrzeug	B=3.000 mm / H=4.000 mm	Fahrzeug entwickelt für die Metro Doha
Fahrbahn	Masse-Feder-System	Innerstädtisch notwendig zur Geräusch- und Vibrationsreduzierung
Maximale Überhöhung	100 mm	Trassierungsparameter aus 80 km/h Betriebsgeschwindigkeit und minimalen Kurvenradien
Fluchtweg	B=800 / 2.200 mm	leicht erhöhte Anforderungen aus der NFPA 130
Bautechnischer Nutzraum	100 mm	Wert gemäß RiL 853
Sicherheitsausstattung	Tunnellüftung, Trockenlöschwasserleitung, CCTV	Gemäß NFPA 130 und Fire & Life Safety Requirements der QRail
Achsabstand	Im Regelfall 15,70 m	Abstand aus der Trassierung

Aufgrund von neuen Untergrundsystemen kann sich der Grundwasserlevel in Zukunft ändern. Teilweise kam es zu Anstiegen von bis zu 8 m innerhalb von 3 Jahren (Bild 5).

Im Grundwasser sind sehr hohe Werte von Sulfaten (Spitzenwerte bis zu 4.000 mg/l) und Chloriden (Spitzenwerte bis zu 54.000 mg/l) enthalten. Mit einem ph-Wert von 6,1 bis 8,5 (Dammam) und 6,5 bis 8,5 (Rus Limestone) greift das Grundwasser Beton und Stahl korrosiv an (Tabelle 1). Die Grundwassertemperatur beträgt im Mittel 28°C.

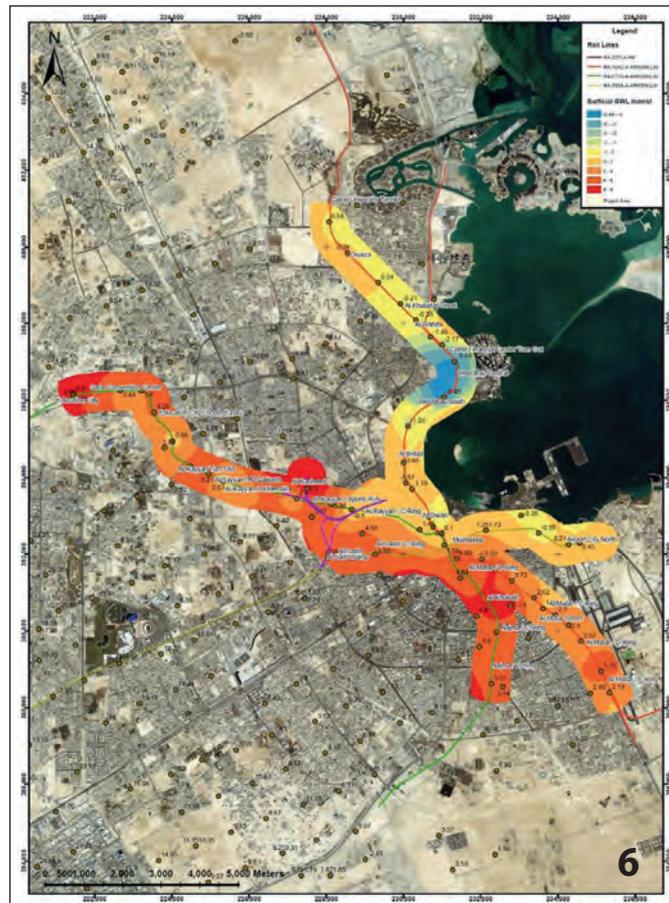
Dies alles führt dazu, dass für dieses aggressive Grundwasser keine europäische Norm greift und somit zusätzliche Untersuchungen im Bereich der Bontechnologie angestellt werden müssen (Bild 6).

4 Tunnelplanung

Mit diesen äußeren Voraussetzungen wurde mit der Planung der unterirdischen Bauwerke begonnen. Die Planungstiefe für das Tender Design (Ausschreibungsplanung) liegt zwischen Vorplanung und Entwurfsplanung nach HOAI. In mehreren Koordinationsrunden wurden die für die Ermittlung des Tunnelquerschnitts maßgebenden Randbedingungen festgelegt (Tabelle 2).

Auf Grundlage dieser Festlegungen liegt der Tunnelquerschnitt bei einem Innendurchmesser von ca. 6 m (Bild 7).

Zudem wurden weitere Untersuchungen für die Tunnelplanung angestellt. So haben etwa die ein- oder zweischalige Bauweise, das aggressive Grundwasser, die Lebensdauer von 120 Jahren, die Vortriebsgeschwindigkeit, die Anschlüsse der Quer-



Aggressivität des Grundwassers
Aggressiveness of the groundwater

be applied for this aggressive groundwater and that in turn additional investigations must be carried out in the field of concrete technology (Fig. 6).

4 Tunnel Planning

Planning of the underground structures was embarked on against this background. The extent of planning for the Tender Design lies between the pre-planning stage and the planning design according to HOAI. The essential general conditions for establishing the tunnel cross-sections are laid down at a number of coordination sessions (Table 2).

On the basis of these specifications the tunnel cross-section possesses an internal diameter of roughly 6 m (Fig. 7).

Furthermore additional investigations were carried out for the tunnel planning. Thus for instance the single or double shell construction method, the aggressive groundwater, the

Table 1: Overview of the Substances contained in the Groundwater

Element	TDS	Ca	Mg	Na	HCO ₃	SO ₄	Cl
Unit	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Average value	9,807.53	631.08	313.63	2,435.85	180.67	1,740.29	4,269.91

(Explanation: TDS (total dissolved solids) = amount of solids dissolved in the water)

Table 2: Basic Parameters for Tunnel Planning

Parameter	Decision	Explanation
Tunnel system	twin-bore, single-track	Highest safety level
Metro operation	750V DC 3 rd Rails	Customary for Metro operations worldwide
Dimensions of Metro vehicle	W=3,000 mm / H=4,000 mm	Vehicle developed for the Doha Metro
Track	Mass-spring system	Needed within the city for reducing noise and vibrations
Max. banking	100 mm	Route parameter from 80 km/h operating speed and minimal curved radius
Escapeway	W=800 / 2,200 mm	Slightly increased demands from NFPA 130
Structurally useable space	100 mm	Value according to RIL 853
Safety equipment	Tunnel ventilation, Dry powder extinguisher, CCTV	According to NFPA 130 and Fire & Life Safety Requirements of Qatar Rail
Centre distance	Generally 15.70 m	Distance from route alignment

schläge an den Haupttunnel und vor allem die Frage der Wartung und Instandhaltung massiven Einfluss auf die Auswahl der Bauweise. Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse und der Philosophie der Ausschreibung wurden diese Fragen nicht endgültig entschieden, sondern den Baufirmen zur technischen Bearbeitung übertragen.

Die Frage nach der Tunnel-sicherheit warf ebenso weitere Diskussionen auf. Eine Risikobetrachtung und Gegenüberstellung der zweigleisigen Röhre (wie z.B. bei der Metro Dubai angewandt) oder 2 eingleisigen Röhren (z.B. nach TSI-Richtlinie) wurden angestellt. Hierzu wurde auch ein Querschnitt einer zweigleisigen Röhre konstruiert. Die Studie umfasste Punkte wie z.B. Sicherheitskonzept, Baukosten, Termin, Betrieb & Wartung, Risikobetrachtung, etc. und wurde der Qatar Railway Company zur Entscheidung vorgelegt. Die Entscheidung des Bauherrn fiel auf ein Tunnelsystem mit 2 eingleisigen Röhren.

6 Logistik

Doha ist eine schnell wachsende Stadt. Durch die Vielzahl an anderen, parallel laufenden Planungen und Ausführung von Großprojekten stellt sich bei der Planung für die Metro ganz wichtig die Frage zu den Schnittstellen mit diesen Bauvorhaben. Außerdem gilt es, Antworten zu finden auf die Frage, wie es möglich ist, ein Metro- und Bahnsystem im Stadtgebiet zu bauen ohne das öffentliche Leben durch die enormen Baumaßnahmen zum Erliegen zu bringen? Die Lösung bietet eine gut durchdachte Baulogistik.

Allerdings haben Untersuchungen gezeigt, dass die für die Baulogistik notwendigen Flächen in der Innenstadt nicht oder nur sehr begrenzt zur Verfügung stehen. Entsprechend müssen die innerstädtischen Baustelleneinrichtungsflächen verkleinert oder einzelne Baustellenbereiche ganz ausgelagert werden.

120 years service life, the rate of advance, the connections for the cross-passages to the main tunnel and above all the question of maintenance and repair exert a massive influence on the choice of construction method. On account of the large number of different influences and the philosophy adopted for tendering these issues were not final-

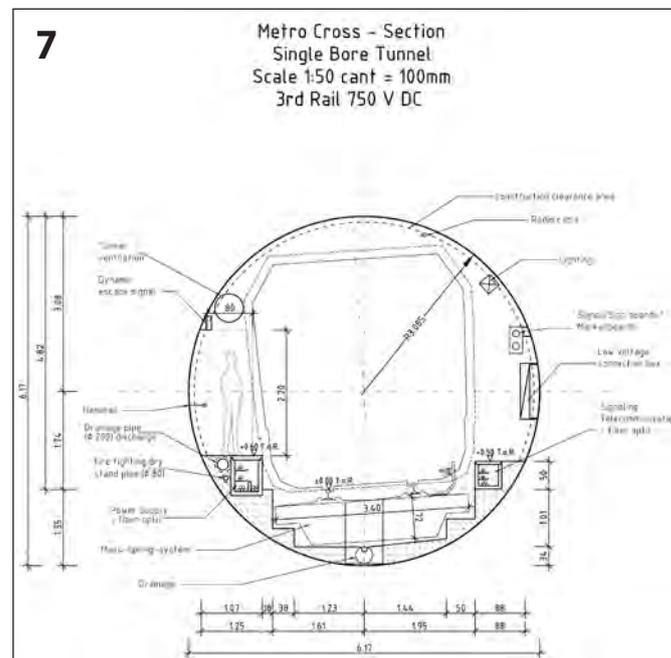
processing. The client decided on a tunnel system with 2 single-track bores.

6 Logistics

Doha is a rapidly growing city. On account of the large number of other ongoing planning schemes and the execution of major projects, the question of interfaces with these construction projects is essential for planning the Metro. Furthermore it is important to come up with answers to the issue of producing a Metro and railway system in an urban area without impeding public life by gigantic construction schemes. Well thought out construction logistics provides the solution.

However it must be said that investigations have revealed that the areas required for the construction logistics in the centre of the city are either unavailable or only available to a limited extent. As a result the site installation areas within the city centre have to be reduced or individual site sections set up elsewhere.

Large, unused areas were found on the periphery of the city, which could serve as logistic areas for all construction site sections for the Metro. These areas were identified as so-called LPAs (Logistic Providing Areas) and included in the coordination round with all those involved. This solution would for instance facilitate materials being supplied just-in-time. However the present and future traffic situation represents an obstacle. The ASHGHAL, Qatar's highway construction authority, is currently planning to substantially extend its road network within Doha, involving a similar investment volume to the one earmarked for the Metro. This is where the important interfaces lie, so that coordination



Tunnelquerschnitt Metro
Metro tunnel cross-section

In den Außenbereichen der Stadt wurden große, nicht genutzte Flächen lokalisiert, die als Logistikflächen für alle Baustellenbereiche der Metro dienen könnten. Diese Flächen wurden als sogenannte LPA (Logistic Providing Areas) ausgewiesen und in die Abstimmungsrunde mit allen Beteiligten gegeben. Diese Lösung würde beispielsweise eine just-in-time-Lieferung von Materialien ermöglichen. Hierfür ist jedoch die derzeitige und auch die künftige Verkehrssituation ein Hindernis. Die ASHGHAL, die Straßenbaubehörde Qatars, plant zurzeit einen deutlichen

ly decided but passed onto the construction companies to process them in technical terms.

The tunnel safety issue also heralded in further discussions. A risk assessment and comparison of the double-track bore (as e.g. applied for the Dubai Metro) or 2 single-track bores (e.g. as according to TSI guideline) was initiated. Towards this end a cross-section of a double-track bore was devised. The study embraced aspects such as e.g. safety concept, construction costs, deadline, operation and maintenance, risk assessment etc. and was passed on to the Qatar Railway Company for pro-

Ausbau ihres Straßennetzes in Doha, mit einem ähnlichen Investitionsvolumen wie es die Metro haben wird. Hier liegen die wesentlichen Schnittstellen, um eine Koordination zwischen den verschiedenen Bauabschnitten und Beteiligten zu erreichen. Die Abstimmungen mit Terminplänen und Bauabschnitten dauert noch an. Eine komplette Eingliederung der Baugruben für die Metro in die Straßenbauarbeiten ist daher ein ehrgeiziges Ziel.

Um ein Konzept für die Baulogistik zu erstellen, wurden zunächst mögliche Bauverfahren ausgewählt, da diese den Zeitbedarf der Baustellen beeinflussen. Die Mengen, die beim Erdaushub und Materialeinbau entstehen, wurden überschlägig berechnet und dem Gesamtlogistikkonzept zugrunde gelegt.

7 Projektzeitplan

Auf Grundlage der erwähnten vielfältigen Randbedingungen und der aktuellen Planung wurde ein Projektzeitplan in Abhängigkeit der großen Meilensteine erstellt.

Hierbei sind sowohl die typischen Abhängigkeiten von Streckenlosen bei Infrastrukturprojekten zu berücksichtigen als auch die terminlichen Zwänge, die sich aus den Großereignissen für Qatar ergeben. Optimierungen können sich einerseits aus der Reduktion der Tiefenlage einzelner Stationen ergeben - größtenteils ist diese Optimierung aufgrund der parallel laufenden anderen Projekte und damit bestimmtem Mindestabstände in der Tiefenlage jedoch beschränkt. Eine andere klassische Optimierung wäre der Einsatz zusätzlicher Tunnelbohrmaschinen (TBM).

Dies wird im Fall Doha aber zum Einen durch die Tatsache behindert, dass mehr TBM auch mehr Baustelleinrichtungsflächen benötigen würden, die im Innenstadtbereich nicht vorhanden sind. Zum Anderen, dass einzelne Stationen in einem bestimmten Ausbauzustand sein müssen, damit die TBM durchgezogen werden können oder den Bereich vorher durchfahren können. Dies beeinflusst die zeitliche Abfolge des Vortriebs massiv.

Herzstück des Metro-Netzwerks ist die Station Mushaireb („Heart of Doha“), in der die Ankunft von 10 TBM geplant ist und die anschließend vom Stadtentwicklungsprojekt Dohaland überbaut wird.

8 Derzeitiger Stand und Ausblick

Die Ausschreibungsunterlagen wurden am 2. April 2012 abgeschlossen und an die präqualifizierten Bieter übergeben. Weitere Arbeitspakete wie Ausschreibung technische Ausrüstung, Betriebsplanung, Feste Fahrbahn und die oberirdischen Streckenabschnitte der Metro werden folgen.

Die DB International wird auch in der Zukunft wichtiger strategischer Partner bei diesem einzigartigen Projekt sein und die Qatar Rail weiterhin in allen technischen Belangen beraten. 

between the various construction sections and those involved can be achieved. The plans for scheduling and the construction sections have still to be finalised. The complete integration of the excavation pits for the Metro within the road building works thus remains an ambitious target.

In order to draw up a concept for the construction logistics first of all possible construction methods were selected, as these influence the amount of time required on site. The quantities, which will accrue during excavation work and installing materials, were roughly estimated and tied to the overall logistics concept.

7 Project Timetable

On the basis of the cited diverse general conditions and the current planning a project timetable was drawn up in conjunction with the major milestones.

In this connection the typical dependencies of contract sections for infrastructure projects have to be considered as well as the constraints on deadlines, which result from the major events taking place in Qatar. It is possible on the one hand to attain optimisations by reducing the depth at which individual stations are built – however such optimisations are restricted on account of the other projects running parallel and in turn affect the minimum distances relating to the depth. The application of further tunnel boring machines (TBMs) would be an additional classic case of optimisation. This is made impossible in Doha's case by the fact that more TBMs would also require more construction site installation areas, which do not exist in the city centre. Secondly the individual stations must be in a certain

state of construction so that the TBMs can be drawn through them or can pass through the area in advance. This massively influences the chronological sequence of driving.

The Mushaireb Station (“Heart of Doha”) represents the core of the Metro network, where 10 TBMs are planned to arrive and which will subsequently be built upon to create the Dohaland urban development project.

8 Current Status and Outlook

The tender documents were concluded on April 2, 2012 and passed over to the pre-qualified bidders. Further work packages such as bidding for the technical furnishing, operational planning, the solid slab track and the surface route sections for the Metro will follow.

The DB International will continue to act as an important strategic partner for this unique project and advise Qatar Rail on all technical matters. 

Forschung und Entwicklung

STUVA Nachrichten

Martin Herrenknecht 70 / 35 Jahre Firma Herrenknecht**Betrachtungen eines Weggefährten**

Es muss irgendwann in den 1970er Jahren gewesen sein, als mir ein sympathischer, spring- lebendiger junger Mann über den (beruflichen) Weg lief. Er hatte soeben damit begonnen, eigenständig Tunnelvortriebs- maschinen zu bauen und wollte nun Mitglied in der damals von mir geleiteten STUVA werden. Der Mann hieß Martin Herren- knecht und hatte kurz zuvor eine Tunnelvortriebsmaschine mit 12 m Durchmesser kilometerlang durch den Seelisberg in der Schweiz „gesteuert“, alle damit verbundenen Probleme und Schwierigkeiten bewältigt sowie den „Job“ erfolgreich zu Ende gebracht. Daraus war bei ihm eine Faszination für diese gerade im Aufwind befindliche „Branche der Tunnelbauer“ ent- standen, die ihn schließlich zur Gründung einer eigenen Firma zur Herstellung von Tunnelvor- triebsmaschinen animierte. Von seiner Mutter hatte er sich das dafür nötige Kleingeld gelie- hen. Diese hatte es vorsichts- halber als „verlorene Investiti- onshilfe“ gebucht. Wer konnte damals auch schon ahnen, was aus dieser Starthilfe einmal ent- stehen würde?

Aus diesen bescheidenen Anfängen heraus ist der Name Herrenknecht zum weltweit bekannten Markenzeichen im maschinellen Tunnelvortrieb geworden. Überall wo Tunnel gebaut werden, kommen Ma- schinen und Anlagen von Her- renknecht zum Einsatz und da- bei ist es gleichgültig, ob es sich

um Kleinvortriebe von unter 1 m oder um Großvortriebe von 15 bis 19 m Durchmesser han- delt. Martin Herrenknecht hatte damals zweifellos die „richtige Nase“ für eine Marktnische mit riesigem Wachstumspotential. Gebohrt wird inzwischen von seiner Firma horizontal und vertikal – völlig gleichgültig für welchen Zweck: Abwasser oder Wasserversorgung; Bahn oder Straße; Energiegewin- nung oder Energietransport oder was man sich sonst noch alles vorstellen kann. Tatsache ist: Die heutige Herrenknecht AG beschäftigt weltweit 3.200 Mitarbeiter (wobei der von

Research and Development

STUVA news

Martin Herrenknecht turns 70 / 35 Years of the Herrenknecht Company Reflections by a long-time Friend

It must have been sometime in the 1970s when a likeable, spirited young man crossed my (professional) path. He was in the process of constructing tunnelling machines of his own accord and wished to join the STUVA, which I was then in charge of. The man was called Martin Herrenknecht and shortly before he had “steered” a 12 m diameter tunnelling machine over several kilometres through the Seelis- berg in Switzerland, overcoming

all associated problems and dif- ficulties before successfully con- cluding the task. This resulted in him becoming fascinated by this emerging “branch for tunnellers”, which led him subsequently to setting up his own firm to make tunnelling machines. He bor- rowed some money from his mother. Caution prompted him to have it booked as “lost in- vestment aid”. Who could have imagined at the time what was going to become of this starting capital?

From such modest begin- nings the name Herrenknecht has become a brand name known throughout the world



ihm zum Erhalt des Kirchenstandorts bezahlte Pfarrer von Schwanau oder die Stellen als Folge seiner zahlreichen sonstigen sozialen Engagements noch nicht eingerechnet sind!). Seine Firma hat inzwischen einen Jahresumsatz von knapp 1 Mrd. Euro und umfasst 68 Tochter- oder Beteiligungsunternehmen, zahlreiche davon im Ausland – nicht zuletzt in aufstrebenden Märkten wie China. Solche locken Martin Herrenknecht nahezu magisch an. Kein Wunder also, wenn – wie kürzlich geschehen – der chinesische Ministerpräsident und die deutsche Bundeskanzlerin sein Werk in China besuchen und als Musterbeispiel für eine Investition in die Zukunft des Landes hervorheben. Politisch kann nachdrücklicher eine Lebensleistung kaum anerkannt werden. Aber eine solche Anerkennung steht nur neben zahlreichen hohen Fachauszeichnungen an Martin Herrenknecht, zu denen die Ehrendoktorwürde der Universität Carolo Wilhelmina zu Braunschweig 1998 und der STUVA-Preis 2005 („Oskar der Tunnelbauer“) als besonders herausragend gehören.

Wer jedoch glaubt, jetzt werde Martin Herrenknecht vor dem Hintergrund eines solchen Erfolgszenarios „abheben“, der sieht sich getäuscht. Er ist der bodenständige, sympathische und humorvolle Mensch geblieben, als den ich ihn vor 35 Jahren kennen gelernt habe. Niemals schlägt er mir einen Gesprächstermin oder einen Vortrag aus, um den ich ihn bitte – und dies, obwohl er manchmal sicherlich Wichtigeres zu tun hätte. Wenn man sein Werk in Schwanau besucht, um die neuesten Entwicklungen zu be-

sichtigen, führt er noch heute – wann immer möglich – voll berechtigten Stolzes persönlich durch das inzwischen riesig gewordene Gelände mit den zahlreichen Produktionshallen. Auf gemeinsamen fachlichen Reisen ist man gut beraten, sich von vornherein auf wenig Schlaf einzustellen: Kundenbetreuung ist ihm nicht nur wichtig (und ein Geheimnis seines Erfolges), sondern auch von ungewöhnlicher „Intensität“. Aber es macht einfach Spaß, mit ihm zusammen zu sein, seinen unternehmerischen Mut und seine immer neuen zukunftsweisenden Ideen kennen zu lernen oder auch nur seinem reichhaltigen Repertoire an „Geschichten“ zu lauschen. Seine Begeisterung kann er auf Menschen übertragen und damit Vertrauen in sich selbst wie auch in seine Produkte schaffen. Es gibt nur wenige mir bekannte Menschen, von denen eine derartige Kraft und Ausstrahlung ausgeht.

Wenn Martin Herrenknecht am 24. Juni 2012 sein 70. Lebensjahr vollendet, so ist dies fast unglaublich. Waren solche Menschen nicht früher „alte Leute“? Es scheint fast so, als ob die gewaltigen Anforderungen eines derartig unruhigen Lebens mit ständig neuen fachlichen Herausforderungen und „nebenbei“ Reisen um die ganze Welt, ihn auf ganz besondere Weise jung erhalten hätten. Und dies ist nicht nur schön festzustellen, es ist auch notwendig, denn die Tunnelbauwelt wie auch seine Firma und die Familie (seine Paulina mit zwei Töchtern und einem Sohn) brauchen ihn noch weiter dringend. Bei allem Können, aller Verantwortung und allem Ernst, die in unserer Branche

in mechanised tunnelling. Machines and installations produced by Herrenknecht are used everywhere where tunnels are built regardless of whether small drives of less than 1 m or major drives of 15 to 19 m diameter are concerned. At the time Martin Herrenknecht undoubtedly possessed the right feeling for a corner of the market with a gigantic growth potential. In the meantime his company is engaged in horizontal and vertical boring – regardless of for which purpose: sewage or water supply; rail or road; energy generation or energy transportation and for a range of other purposes. It is a fact that nowadays the Herrenknecht AG employs 3,200 members of staff worldwide (without including the minister he pays to maintain Schwanau as a viable seat of worship or involvement in numerous other social activities). His firm now has an annual turnover of just under 1 billion euros and embraces 68 subsidiary or associated companies, many of which are abroad – including blossoming markets such as China. The latter seem to have a magic attraction for Martin Herrenknecht. Thus it comes as no surprise that – as happened recently – the Chinese premier and the German federal chancellor visited his factory in China and praised it as a shining example for investing in the country's future. It is hard to imagine someone's life achievement being described in such glowing terms politically. But recognition of this kind is only one of many distinctions accorded Martin Herrenknecht, of which the honorary doctorate from Brunswick's Carolo Wilhelmina University in 1998 and the 2005 STUVA Prize (The Tunnelers' Oscar) deserve particular mention.

Anyone who believes that such a success story would prompt Martin Herrenknecht to change is barking up the wrong tree. He has remained the same down-to-earth, sympathetic and humorous person he was when I first got to know him 35 years ago. He never turns down a meeting or a lecture if I make the request – even though he certainly might have more important things to do. If you visit his factory in Schwanau, even today he takes the trouble – if at all possible – to show you around with justifiable pride what has become a giant facility with numerous production halls. If you accompany him on a business trip you had better get used to the idea of getting little sleep: looking after customers is something he finds very important (and a secret of his success) but is also unusually „intensive“. However it is really fun to be in his company, to become familiar with his entrepreneurial grit and his seemingly endless future-oriented ideas or simply to listen to his abundant treasure chest of „stories“. He can transfer his enthusiasm to others thus creating confidence in himself and his products. I have come across very few people, who project such strength and dynamism.

It is difficult to imagine that Martin Herrenknecht turned 70 on June 24, 2012. Weren't such people regarded at one time as being old? It almost seems that such a restless life with ever changing professional challenges quite apart from travelling all over the world on the side so to speak, has managed to keep him young. Apart from registering this fact with pleasure it is also essential for the world of tunnelling as well as his company and his family (his wife

notwendige Bestandteile des täglichen Wirkens sind, brauchen wir nicht zuletzt auch den (seinen) Humor. Dieser macht nämlich die unvermeidlichen Schwierigkeiten und den Umgang miteinander etwas leichter, denn er führt letztendlich dazu, etwas "über den Dingen" zu stehen. Bekanntlich sieht man von einem derartig erhöhten Standort aus die Umgebung etwas umfassender und erkennt dadurch die (übergreifenden) Zusammenhänge deutlicher. Den "Tunnelblick" zu überwinden, dazu leistet Martin Herrenknecht unverzichtbare Beiträge, und ich habe den sehnlichen Wunsch, dass dies auch in Zukunft noch sehr lange weiter erfolgt.

In diesem Sinne: Herzlichen Glückwunsch an Martin Herrenknecht zum 70. und zum Firmenjubiläum vom gesamten Team der STUVA und STUVAtec sowie besonderen Dank für die großartigen gemeinsamen Jahre und die vielfältige Unterstützung der STUVA-Arbeit.

Ad Multos Annos!

Günter Girнау
Ehrenmitglied des Vorstandes
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen – STUVA

100 Jahre Hamburger Hochbahn

Im Jahr 1912 nahm die Hamburger U-Bahn ihren Betrieb auf. Nach nur sechsjähriger Bauzeit bot die Ringlinie, die heutige U3, den Hamburgerinnen und Hamburgern eine komplett neue und wegweisende Form innerstädtischer Mobilität. Die U-Bahn bildete gleichzeitig das Fundament für die damalige Hamburger Hoch- und Untergrundbahn Aktiengesellschaft, die heutige

HOCHBAHN. Mittlerweile befördert das Unternehmen auf 3 U-Bahn-Linien und über 110 Buslinien pro Tag mehr als 1,2 Mio. Fahrgäste.

Das Jubiläum feierten 250 geladene Gäste aus Politik, Wirtschaft und Verbänden in der U-Bahn-Haltestelle HafenCity Universität, einer der beiden neuen Haltestellen der U4, die Ende des Jahres in Betrieb gehen wird. Seitens der STUVA nahmen die Mitglieder des Vorstands Dr. Karl Morgen, WTM Engineers GmbH, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. Günter Girнау und der Geschäftsführer Dr.-Ing. Roland Leucker an der Veranstaltung teil.

Viel unternehmerisches Geschick und sicher oft auch Durchsetzungsvermögen sind notwendig, um ein so großes Netz sicher und vorausschauend zu betreiben. Die STUVA freut es deshalb ganz besonders, die Hamburger Hochbahn zu ihren langjährigen Mitgliedern zählen zu dürfen und wünscht für die Zukunft weiterhin viel Erfolg und eine glückliche Hand bei der Umsetzung von Innovationen für den ÖPNV und insbesondere für das unterirdische Bauen – wie es bei der U4 gerade erst gezeigt wurde. 

Paulina and two daughters and a son) still urgently need him. And last not least we need his sense of humour regardless of all the ability, responsibility and seriousness that constitute the necessary components of our line of business on a daily basis. This is something which makes it a bit easier to surmount the inevitable difficulties and rub shoulders with one another for after all it enables you to stand above things. Obviously you see everything somewhat more comprehensively from such an elevated position so you are able to identify the overall correlations in a clearer way. Martin Herrenknecht succeeds in overcoming "tunnel vision" in exemplary fashion and I trust he continues to do so for a very long time.

In summing up: best wishes to Martin Herrenknecht on the occasion of his 70th birthday and the company jubilee from the entire STUVA and STUVAtec team as well as special thanks for some great mutual years and the manifold support of STUVA activities.

Ad Multos Annos!

Günter Girнау
Honorary Board Member
Research Association for Underground Transportation Facilities – STUVA

100 Years of the Hamburger Hochbahn

In 1912 the Hamburg metro system started rolling. After only 6 years of construction the circular line, the current U3, offered the good citizens of Hamburg a completely novel and future-oriented form of urban mobility. At the same time the metro acted as the springboard for what was at the time the Hamburger Hoch- und Untergrundbahn Aktienge-

sellschaft, today's HOCHBAHN. In the interim the company carries in excess of 1.2 million passengers on 3 metro lines and more than 110 bus routes.

The jubilee was celebrated by 250 invited guests from politics, industry and federations in the HafenCity Universität metro station, one of the 2 new stops for the U4, which will be commissioned at the end of the year. Board members Dr. Karl Morgen, WTM Engineers GmbH, Prof. Günter Girнау and CEO Dr.-Ing. Roland Leucker took part in the event of behalf of the STUVA.

A great deal of entrepreneurial skill and certainly often perseverance as well are required to operate such a large network safely and with vision. The STUVA is thus particularly delighted to be able to number the Hamburger Hochbahn among its long-standing members and would like to wish it loads of success for the future and the ability to implement innovations for public transport services and for underground construction in particular – as has just been displayed in the case of the U4. 

5. Internationales Symposium in Innsbruck BrennerCongress 2012

Rund 300 Teilnehmer – Ingenieure, Wissenschaftler, Auftraggeber und Unternehmen – aus 6 verschiedenen Ländern besuchten die Tagung; der Kongress informierte über den aktuellen Stand des BBT, die wissenschaftliche Simulation des Gebirges mit dem Tunnel, die Zulaufstrecken und Ansätze zur Streitbeilegung in der Bauabwicklung von Großbaustellen. Am zweiten Tag wurden neue Erkenntnisse im Bereich des Einsatzes von Tunnelbohrmaschinen (TBM) in den Alpen vorgetragen sowie die Naturgefahren und die Schutzbauwerke im alpinen Raum beleuchtet.

Brenner Basistunnel und Zulaufstrecken – Stand und Ausblick

Einleitend berichteten Prof. Dr. K. Bergmeister und Dr.-Ing. R. Zurlo, Vorstände der BBT SE, über den Realisierungsstand des BBT und den Ausbau seiner Zulaufstrecken in Österreich, Italien und Deutschland; eingegangen wurde dabei auf das Bauprogramm, das Kos-

tenmanagement, die Planung, Geologische und Hydrologische Simulationen sowie auf bisherige Erkenntnisse aus den Fensterstollen Mauis, Wolf, Ahrental und Ampass sowie den Erkundungsstollen Innsbruck-Ahrental und Ampass bzw. Innsbruck-Ahrental und Aicha-Mauls (Wiederverwendung des Ausbruchmaterials) (Bild 1) und Folgerungen für dieses große europäische Bauprojekt gezogen.

Konfliktmanagement und Streitschlichtung für kleine und große öffentliche Bauvorhaben

Nach Prof. Dr. Purrer ist der BBT auch ein Symbol für die Kooperation im Bauwesen auf den verschiedensten Ebenen, z.B. zwischen Österreich, Italien und Deutschland, Eisenbahn- und Straßenbau und schließlich auch zwischen Auftraggeber, Unternehmer und Ingenieurbüros. Der BrennerCongress hat sich zum Ziel gesetzt, Kooperation auf all diesen Ebenen zu fördern. Dabei sind Konfliktmanagement und

5th International Symposium in Innsbruck 2012 Brenner Congress

Around 300 participants – engineers, scientists, clients and contractors – from 6 different countries attended the congress. It provided information on the current status of the BBT, scientific simulation of the rock with the tunnel, the access routes and approaches for settling disputes when executing construction on major sites. On Day 2, new recognitions relating to the application of tunnel boring machines (TBMs) in the Alps were presented while natural hazards and protective structures in the Alpine region were highlighted.

Brenner Base Tunnel and Access Routes – Status and Outlook

To start proceedings Prof. K. Bergmeister and Dr.-Ing. R. Zurlo, BBT SE board members, examined the stage reached by work on the BBT and the development of its accesses in Austria, Italy and Germany. In this connection the construction programme, cost management, planning, geological and hydrological simulations as well as findings obtained so far from the Mauis, Wolf, Ahrental and Ampass access tunnels and the Innsbruck-Ahrental and Ampass as well as Innsbruck-Ahrental and Aicha-Mauls (reutilisation of excavated material) (Fig. 1) exploratory tunnels and consequences for this major European construction project were dealt with.

Conflict Management and resolving Disputes for large and small public Construction Projects

According to Prof. Purrer the BBT represents a symbol for cooperation in structural engineering at

a variety of levels, e.g. between Austria, Italy and Germany, rail and road construction and of course between clients, contractors and engineering offices. The Brenner Congress is geared to advancing collaboration at all these levels. Towards this end conflict management and resolving disputes are elements for improving cooperation in structural engineering.

Various methodical approaches for professional conflict management in an international comparison were presented in a large number of papers. For instance de-escalation strategies were put forward under juristic, technical, economic as well as socio-cultural aspects and examined on the basis of concrete findings from practice (Fig. 2).

According to Prof. Purrer, who chaired the ensuing debate, conflict management and resolving disputes require a different approach for typical problems. Thus soft skills in conjunction with technical competences are far more significant than is normally assumed. The term "ARS competences" refers to aspects, which were previously only dealt with peripherally in the construction industry but have since been properly acknowledged and discussed. Georg-Michael Vavrovsky (ÖBB) touched on the significance of trust for the everyday work of the construction engineer, trust as "recollection of the past" and "Investment for the future" thus opening chances for the contractual partners – serving as the "guiding principle" for successful conflict management thus contributing towards the effectiveness of accomplishing construction projects.



Prof. Dr. Konrad Bergmeister, BBT SE-Vorstand, Universität Wien, auf dem BrennerCongress 2012 in Innsbruck

Prof. Konrad Bergmeister, BBT SE board, University of Vienna at the 2012 Brenner Congress at Innsbruck

Streitschlichtung Elemente zur Verbesserung der Kooperation im Bauwesen.

In zahlreichen Fachvorträgen wurden unterschiedliche methodische Ansätze eines professionellen Konfliktmanagements im internationalen Vergleich erörtert. So wurden Deeskalationsstrategien unter juristischen, technischen, wirtschaftlichen aber auch soziokulturellen Aspekten durchleuchtet und anhand von konkreten Praxiserfahrungen dargestellt (Bild 2).

Nach Prof. Dr. Purrer, der die anschließende Podiumsdiskussion leitete, erfordern Konfliktmanagement und Streitschlichtung einen anderen Denkansatz für typisch technische Problemstellungen. Kompetenzen (soft skills) sind im Zusammenspiel mit den technischen Kompetenzen viel bedeutender als üblicherweise angenommen. Der Begriff „ARS-Kompetenzen“ bezeichnet dabei Inhalte, die in der Bauwirtschaft bisher nur am Rande behandelt wurden, nunmehr aber als maßgebend erkannt und diskutiert werden. Georg-Michael Vavrovsky (ÖBB) stellt die Bedeutung von Vertrauen zwischen den beruflichen Alltag des Bauingenieurs; Vertrauen als „Erinnerung an die Vergangenheit“ und „Investition für die Zukunft“ eröffnen Chancen für die Vertragspartner und dienen als „Führungsprinzip“ in erfolgreichem Konfliktmanagement, tragen somit zur Effektivität der Bauprojektentwicklungen bei.

Die Regeln für die Abwicklung von kleinen Bauprojekten können dadurch einfacher gestaltet werden; das Management von Großprojekten sollte



Blick in den Messesaal beim BrennerCongress 2012 in Innsbruck während des Symposiums

View of the hall for the 2012 Brenner Congress during the symposium at Innsbruck

mehr Aktivitäten in die Bildung von Vertrauen und weniger in komplizierte Regeln der Zusammenarbeit setzen, die eher von gegenseitigem Misstrauen beherrscht werden; das ist am Besten für ein erfolgreiches Konfliktmanagement.

Den Bauunternehmern wird vielfach unterstellt, dass sie rein an wirtschaftlichen Erfolgen interessiert sind und dementsprechend eindimensional handeln. Dieser Einstellung ist zu widersprechen, denn der Nutzen für die Gesellschaft hat einen hohen Stellenwert bei allen Aktivitäten der Bauunternehmer. Wirtschaftlicher Erfolg ist dafür eine notwendige Voraussetzung. Unlösbare Konflikte entstehen vor allem dann, wenn der Unternehmer als nur Ausführer von Vorgaben des Auftraggebers gesehen wird und die Motivation, ein Bauwerk zu errichten, das einen Nutzen für die Gesellschaft bringt, nicht gesehen wird.

As a consequence the rules for settling minor construction projects can be drawn up in a more straightforward fashion; the management of major projects should concern itself more with engendering trust and less with complicated rules for cooperation, which if anything create mutual mistrust; this is best for successful conflict management.

Construction companies are often accused of solely pursuing economic successes and according act one-dimensionally. This attitude must be contradicted for all the activities of the construction companies are in the interests of society. Towards this end economic success represents a necessary prerequisite. Unsolvable conflicts arise first and foremost when the contractor is only seen to be fulfilling the client's bidding and the motivation of setting up a structure, which is of use to society, is disregarded.

Dr. Anton Egli, a lawyer from Lucerne, presented a very posi-

tive report on the Swiss model for resolving disputes – as applied during the building of the Lötschberg and Gotthard Base Tunnels. He does not feel there is any danger of loss of competence for directly overcoming conflicts on site providing that construction site decision-making processes are properly recognised in arbitration. Should this be the case experience shows that the outcome is improved cooperation rather than any loss of competence on the part of those involved in the project on site.

Engineering offices too show themselves to be motivated to place the construction project's benefit to society in the foreground in the event of conflicts thus ameliorating resolving the conflict and cooperation. A major success factor in this respect is seen to be concentrating on solving the problem itself rather than searching for the „culprit“, who caused the problem, should complications occur.

Dr. Anton Egli, Rechtsanwalt aus Luzern, berichtete sehr positiv über das Schweizer Streitschlichtungsmodell – nach Anwendung beim Bau des Lötschberg- und Gotthard-Basistunnels; die Gefahr des Kompetenzverlustes zur direkten Konfliktbewältigung auf der Baustelle sieht er nicht, wenn in der Schlichtung dem Baustellenentscheidungsweg der entsprechende Stellenwert zugeordnet wird. Ist dies der Fall, so zeigt die Erfahrung eine Verbesserung der Kooperation und keinen Kompetenzverlust der Projektbeteiligten auf der Baustelle.

Auch Ingenieurbüros zeigen sich motiviert, bei Konflikten den Nutzen für die Gesellschaft durch das Bauprojekt in den Vordergrund zu stellen und damit die Konfliktlösung und die Kooperation zu verbessern. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor wird darin gesehen, bei auftretenden Problemen die Konzentration weniger auf die Suche nach dem Verursacher oder „Schuldigen“ anstelle der Suche nach der Lösung des Problems zu legen.

TBM – Tunnelbautechnik in den Alpen

Nach Einzelheiten über die TBM-Maschinenteknik für wechselndes Gebirge wurden für TBM im druckhaften Gebirge Berechnungs- und Prognosemodelle erläutert sowie Planungsgrundsätze und bautechnische Umsetzung für TBM unter schwierigen Einsatzbedingungen gebracht. Außerdem wurde über die Entwicklung eines neuen Modells (ABROCK) zur Vorhersage von Eindringen und Meißelverschleiß für TBM-Vortriebe im Festgestein berichtet.

Exkursionen

Am letzten Tag wurden die BBT-Erkundungsstollen in die Sillschlucht besichtigt und der Ausbau der neuen Unterinntalbahn.

Weitere Einzelheiten enthält der Tagungsband [10], erhältlich beim Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, D-10245 Berlin.

Die erfolgreiche Verbindung Congress und Messe wird zeitgleich mit der 9. Viatic (Bild 3) vom 21. bis 22. Februar 2013 in Bozen stattfinden. (www.brennercongress.com). G.B. 



Viatic, Fachmesse für Verkehrsinfrastruktur und Transportlogistik im alpinen Bereich, gemeinsam mit dem BrennerCongress 2012 in Innsbruck

Viatic, International Fair for Infrastructure Products in the Alpine Region, staged jointly with the 2012 Brenner Congress at Innsbruck

TBM – Tunnelling Technology in the Alps

Following details relating to TBM engineering technology for changing rock, computational and prognosis models were examined for TBMs in squeezing rock as well as planning principles and technical applications of TBMs under tricky conditions. In addition a report on the development of a new model (ABROCK) for predicting penetration and cutter wear for TBM drives in solid rock was provided.

Excursions

On the final day an excursion was organised to the BBT exploratory tunnels in the Sillschlucht and the new Lower Inn Valley Railway project.

Further details are to be found in the Proceedings [10], available from the Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, D-10245 Berlin.

The tried-and-tested congress + fair concept will be repeated during the 9th Viatic (Fig. 3) from February 21 till 22, 2013 in Bolzano. (www.brennercongress.com). G.B. 

Stahlübbringe, Wehrhahnlinie, Düsseldorf, Deutschland



Maschinen
und
Stahlbau



Dresden
Niederlassung der Herrenknecht AG

Der Spezialist für Ihren

Tunnelbau

Weitere Projekte finden Sie auf unserer Homepage www.msd-dresden.de

Tübbingzange, Mont Sion, Frankreich



10. Internationale Fachtagung

Alpbach 2012: Neue Entwicklungen in der Spritzbetontechnologie

10th International Conference

Alpbach 2012: new Developments in Shotcrete Technology



Blick in den Vortragssaal im Congress Centrum Alpbach in Tirol während der Internationalen Spritzbeton-Fachausstellung
View of the lecture hall at the Alpbach Congress Centre in Tyrol during the International Shotcrete Exhibition

Der Einladung von Prof. Dr. Wolfgang Kusterle von der FH Regensburg zur 10. Internationalen Spritzbeton-Tagung am 12. und 13. Januar 2012 folgten etwa 350 interessierte Fachleute aus Forschung und Praxis – davon über die Hälfte aus Alpbach/Tirol. Mitveranstalter waren die Hochschule Regensburg, die TU Wien (Interdisziplinäres Bauprozessmanagement), die Ruhr-Universität Bochum (Baustofftechnik, Tunnelbau und Baubetrieb), die Universität Innsbruck (Materialtechnologie), die Montanuniversität Leoben, die Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVBB), Beton Marketing Süd, die International Tunnelling Austria (ITA), die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) Infrastruktur AG und die Brenner Basistunnel

AG (BBT SE). Die erste Spritzbeton-Tagung fand Anfang 1985 in Innsbruck-Igls statt und die letzte 2009 in Alpbach/Tirol [1].

Die diesjährige Tagung leitete wieder Prof. Kusterle und schilderte die Entwicklung des Spritzbetons, die vor gut 100 Jahren in Amerika seinen Anfang nahm, als der Bildhauer Carl Ethan Akeley die erste Maschine zum Spritzen von plastischen Massen erfand und sich patentieren ließ. Das war der Beginn einer äußerst fruchtbaren Beziehung zwischen dem Bauwesen und dem neuen Baustoff Spritzbeton [2,3].

Die aktuelle Entwicklung des Spritzbetons

Die großen Neuerungen bei den Ausgangsstoffen für Spritzbeton in den letzten Jahren waren

le Regensburg, the TU Vienna (Interdisciplinary Construction Process Management), the Ruhr University Bochum (Construction Material Technology, Tunnelling and Construction Management), Innsbruck University (Material Technology), Leoben Montan University, the Austrian Association for Concrete and Construction Technology (ÖVBB), Beton Marketing Süd, International Tunnelling Austria (ITA), Austrian Federal Railways (ÖBB) Infrastruktur AG and the Brenner Basistunnel AG (BBT SE). The first ever Shotcrete Conference took place at Innsbruck-Igls in early 1985 and the last one 2009 in Alpbach/Tyrol [1].

Prof. Kusterle chaired this year's conference once more and described the development of shotcrete, which began in America well over 100 years ago when the sculptor Carl Ethan Akeley invented the first machine for spraying plastic masses and had it patented. This marked the start of an extremely fruitful relationship between the construction industry and the new material shotcrete [2, 3].



Fachausstellung zur Spritzbeton-Tagung

The exhibition accompanying the Shotcrete Conference

- die alkalifreien Erstarrungsbeschleuniger,
- synthetische Fließmittel der letzten Generation, sowie beim Verarbeiten und in der Ausführung
- die Verwendung vorwiegend von Nassspritzbeton/-mörtel statt Trockenspritzbeton/-mörtel

Nassspritzbeton ist das wichtigste Sicherungsmittel des modernen Tunnelbaus. Durch die Entwicklung alkalifreier Erstarrungsbeschleuniger konnte die Qualität des erhärteten Spritzbetons deutlich gesteigert werden; dies zeigt sich im Wesentlichen in einer höheren Druckfestigkeit und einer geringeren Porosität, die wiederum das Auslaugen von Calciumcarbonat und damit die Versinterungsneigung von Drainagen verringert. Gleichzeitig werden die Arbeitsbedingungen an der Einbaustelle durch eine verringerte gesundheitliche Belastung verbessert.

Neue Entwicklungen beschäftigen sich mit Polymermodifizierungen für Spritzbeton im Tunnelbau. Vermehrt werden die Anforderungen aus der Tunnelentwässerung [4,5], die nachhaltig die Spritzbetonzusammensetzung beeinflussen und verstärkt zur Wahl anderer Ausgangsstoffe führen.

Stand der Entwicklung in der Anwendung

Die Möglichkeit der Prüfung und Steuerung des Erhärtungs- und Ansteifungsverhaltens sowie der Frühfestigkeiten von Spritzbetonen sind für die Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT) maßgebende Verfahrensmerkmale (im Labor und auf der Baustelle), mit möglichst vor Baubeginn bekannten Kennwerte;

sie war eine entscheidende Innovation zur Verbesserung und Optimierung des Einsatzes von Spritzbeton im Tunnelbau. Inzwischen wurden entsprechende Regelwerke für Spritzbeton geschaffen [6 bis 9] und Lösungen für den Brandschutz [10,11] entwickelt. Günstige geologische und hydrologische Verhältnisse erlauben eine „einschalige Tunnelbauweise“, das heißt ohne zweite Betoninnenschale. Solche Bedingungen sind zum Beispiel im Londoner Ton gegeben und haben zu innovativen Bauweisen geführt. Eine interessante Ergänzung für diese Bauweise können auch spritzbare Abdichtungen sein. Für einschaligen Tunnelausbau ist die Wasserundurchlässigkeit des Betons wichtig. Durch Zugabe von langen Stahlfasern und Polymerzusatz lassen sich auch Mikrorisse wesentlich verringern.

In vielen Ländern ist Spritzbeton in der Regel ein faserbewehrter Spritzbeton [12,13]. Neue Kunststoffasertypen, Kombinationen von Stahlfasern und Kunststofffasern oder auch mit textilen Bewehrungen, abgestimmt auf die Rezepturen, ergeben Spritzbetone und -mörtel mit erstaunlichen Eigenschaften.

Im Tunnelbau können bei druckhaftem Gebirge Verformungen auftreten, die kein üblicher Spritzbeton aufnehmen kann – auch kein kunststoffmodifizierter; dann werden meist Schlitzte mit Verformungselementen ausgeführt. Jetzt wird ein komprimierbarer Spritzbeton (COMGUN) erprobt, wobei Erfahrungen mit dem komprimierbaren Ringspaltmörtel (COMPEX) für den TBM-Vortrieb genutzt wurden, und dazu ein entsprechendes Prüfverfahren entwickelt wurde.

The current Development of Shotcrete

Major innovations with regard to the basic materials used for shotcrete in recent years were

- non-alkaline accelerators and
- synthetic plasticisers of the latest generation as well as
- the application of wet sprayed concrete/mortar instead of dry sprayed concrete/mortar during processing and execution.

Wet sprayed concrete represents the most important supporting material in modern tunnelling. Thanks to the development of non-alkaline accelerators it was possible to substantially increase the quality of the set shotcrete. This is by and large reflected in higher compressive strength and lower porosity, which reduce the leaching out of calcium carbonate and thus the proclivity of scale deposits in drainage systems. At the same time the working conditions at the installation point have been improved through a reduced health risk. New developments are concerned with polymer modifications for shotcrete in tunnelling. Demands stemming from tunnel drainage [4, 5] are more in evidence, which in the long term influence the composition of shotcrete and lead increasingly to other basic materials being selected.

State of Development in Application

There is the possibility of testing and controlling the setting and stiffening behaviour and the early strengths of shotcretes for determining process characteristics for the New Austrian Tunnelling Method (NATM) (in the lab and on site) with

parameters already known prior to the start of construction. This represented a decisive innovation for improving and optimising the application of shotcrete in tunnelling. In the interim, corresponding codes of practice have been drawn up for shotcrete [6-9] as well as solutions for fire protection [10, 11]. Favourable geological and hydrological conditions allow a “monocoque tunnelling method” i.e. without a second concrete inner shell. Such conditions exist in London Clay for instance and have led to innovative construction methods. Sprayable seals can also be an interesting follow-up to this method of construction.

The water tightness of the concrete is important for single-shell tunnel support. By adding long steel fibres and a polymer additive micro-cracks can be substantially reduced.

In many countries shotcrete generally takes the form of a fibre-reinforced shotcrete [12, 13]. New types of plastic fibres, steel fibre and plastic fibre combinations or provided with textile reinforcements geared to the recipes, result in shotcretes and mortars with outstanding properties.



Prüfung von Spritzbeton im Labor
Testing shotcrete in the lab



Sika AF, Zürich

Ferngesteuerter Spritzarm Sika-PM 407 zur Felssicherung mit Spritzbeton im Untertagebau

Remote-controlled spraying boom Sika-FM 407 for securing rock with shotcrete when tunnelling underground

Bei Instandsetzungen mit Spritzbeton und -mörteln ist die Abstimmung der Mörtel­eigenschaften auf den Untergrund von größter Wichtigkeit für Funktionalität und Dauerhaftigkeit der Maßnahmen [14]. Hauptproblem ist hierbei meistens ein ungünstiges Zusammenspiel von Schwindverhalten und Steifigkeit des Mörtels; viele Dauerhaftigkeitsprobleme lassen sich darauf zurückführen.

Neu sind Tunnelauskleidungen mit weißem geschliffenem Spritzmörtel anstelle des üblichen hellen Anstrichs auf Straßentunnelwänden zum Verringern des Unfallrisikos; damit lassen sich auch die Wartungskosten verringern.

Spritzbeton beim Bauablauf

In vielen Fällen wird Spritzbeton heute mit Hilfe von Spritzbetonmanipulatoren

eingebaut – zur Produktionssteigerung und projektspezifisch entworfen, rechtzeitig geplant und in Nachläufer-systeme für Spreng- und ma-

In tunnelling deformations can occur in the event of squeezing rock, which do not accept conventional shotcrete – not even plastic-modified varieties; then usually slots with deformation elements are applied. Now a compressible shotcrete (COMGUN) is being tried out, based on findings with the compressible annular gap mortar (COMPEX) used for TBM drives and a corresponding test method developed.

When carrying out repairs with shotcrete and sprayed mortar it is essential that their properties are compatible with the surface to ensure that the measures function properly and are sustainable [14]. In this case the main problem is usually an unfavourable co-action between the creeping behaviour and the stiffness of the mortar; many problems relating to durability can be attributed to this.

Tunnel linings with a white sprayed mortar finish instead of the customary bright finish on road tunnel walls to reduce the

risk of accidents are a novelty; in this way maintenance costs can be reduced.

Shotcrete during the Construction Process

Nowadays in many cases shotcrete is placed by means of spraying manipulators – designed to increase production and for a specific project, timely planned and installed in the back-up systems for drill+blast and mechanised tunnel drives [15, 16], i.e. TBMs with shotcrete robots. In spite of constricted space conditions in the tunnel and other jobs taking place at the same time, such spraying robots must possess maximum availability as well as opportunities for servicing and cleaning them. Certainly the norms and guidelines for ensuring quality is adhered to, however in the end just how construction is executed is largely determined by the nozzle operator; consequently his training must not be neglected (EFNARC



Neumann

Ferngesteuerte Spritzarme zur Felssicherung mit Spritzbeton im Tunnelbau im Sprengvortrieb

Remote-controlled spraying booms for securing rock with shotcrete when tunnelling via drill+blast

schinelle Tunnelvortriebe installiert [15,16], also TVM mit Spritzbetonrobotern. Trotz beengter Platzverhältnisse im Tunnel und gleichzeitig anderer Arbeiten muss eine maximale Verfügbarkeit, Wartungs- und Reinigungsmöglichkeit dieser Spritzbetonroboter bestehen.

Mit Sicherheit stellen vor allem die Normen und Richtlinien einen wichtigen Bestandteil zum Halten der Qualität dar, jedoch wird letztlich die Bauausführung maßgeblich durch den Düsenführer bestimmt; seine Schulung darf deshalb nicht vernachlässigt werden (EFNARC-Düsenführer-Zertifizierungsprogramm).

Spritzbetonarbeiten erfordern in der Regel auch eine ausgefallene Logistik im Bauablauf. Dazu müssen alle Projektbeteiligten optimal miteinander kommunizieren, um ideale Lösungen für das jeweilige Projekt zu finden. Mut zum Umsetzen von reibungslos ablaufenden Alternativlösungen und zur persönlichen Verantwortungsübernahme dürfen in dem überregelten Vertragsumfeld dabei nicht zu kurz kommen. Das führt zu neuen Formen der Zusammenarbeit zwischen Forschung, Prüflabor und Baupraxis.

Fachausstellung

Begleitend zum Tagungsprogramm mit über 20 Fachbeiträgen über Weiterentwicklungen in der Spritzbetontechnologie (Baustoff und Betonierverfahren in Forschung und Praxis) und zahlreichen Diskussionen bot die Fachausstellung Bauherrn, Planern, Bauunternehmern, Betontechnologen, Maschinenbauern und Baustoffherstellern aus der Instandhaltung und



TVN-Nachläufer mit Spritzbetonroboter für maschinellen Tunnelvortrieb
TBM back-up system with shotcrete robot for mechanised tunnel driving

dem Tunnelbau die Möglichkeit zum Austausch und Erweitern ihrer Kenntnisse.

Die Spritzbeton-Tagung 2012 gab einen Blick in die Zukunft des modernen Spritzbetons; die nächste Spritzbeton-Tagung wird 2015 wieder in Alpbach stattfinden. Alle Beiträge der Veranstaltung sind auf einer Tagungs-CD wiedergegeben, die bei Prof. Wolfgang Kusterle, Dörreweg 5, A-6173 Oberperfuss (spritzbeton@kusterle.net) zu erhalten ist. Die Kurzfassungen sind unter www.spritzbeton-tagung.com einzusehen. G.B.



nozzle operator certification programme). Shotcreting activities furthermore call for exceptional logistics for the construction process. For this purpose all those involved in the project must communicate optimally with each other so that ideal solutions for the project in question are found. In this connection the courage to implement alternative solutions, which can be applied unproblematically and to take on personal responsibility is vital within the scope of the contract. This leads to new forms of cooperation between research, the test lab and construction practice.

Exhibition

Accompanying the conference programme with more than 20 specific papers on further developments in shotcrete technology (Construction Material and Concreting Methods in Research and Practice) and numerous discussions, the exhibition provided clients, planners, construction companies, concrete technologists, mechanical engineers and construction material manufacturers from maintenance and tunnelling the possibility to exchange and consolidate their knowledge.

The 2012 Shotcrete Conference provided an insight into the future of modern shotcrete. The next Shotcrete Conference will again be held in Alpbach in 2015. All papers presented at the 2012 event are contained on a Conference CD available from Prof. Wolfgang Kusterle, Dörreweg 5, A-6173 Oberperfuss (spritzbeton@kusterle.net). The abstracts are available under www.spritzbeton-tagung.com.

G.B.



Literatur / References

- [1] Alpbach 2009: Neue Entwicklungen in der Spritzbetontechnologie. Tunnel 8/2009, pp. 58-61
- [2] Teichert, P.: Die Geschichte des Spritzbetons. Schweizer Ingenieur und Architekt (SIA) 47/1979, pp. 949-960
- [3] Brux, G.; Linder, R.; Ruffert, G.: Spritzbeton, Spritzmörtel, Spritzputz. Herstellung, Prüfung und Ausführung. Verlagsges. Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld, 1981, 280 S.
- [4] Richtlinie Tunnelentwässerung, ÖVBB, Wien 4/2010
- [5] Kusterle, W.; Pichler, W.; Saxer, A.,: Prüfverfahren zum Bestimmen des Versinterungspotentials von Spritzbeton – Einflussfaktoren. Beton- und Stahlbetonbau 12/2011, pp. 847-852
- [6] ÖNORM EN 14487-1: Spritzbeton – Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität. 6/2008
- [7] ÖNORM 14488-2-2: Prüfung von Spritzbeton – Teil 2: Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton. 6/2006
- [8] Richtlinie Spritzbeton. ÖVBB, Wien 12/2009
- [9] DIN 18551: Spritzbeton – Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen. 2/2012
- [10] Adlertunnel – Sanierung mit Brandschutz, Tunnel 5/2012
- [11] Brand im Simplontunnel – Neuartige Sanierung und Ursachenfindung. Tunnel 2/2012, pp. 55-58
- [12] Richtlinie Faserbeton. ÖVBB, Wien 2008
- [13] Richtlinie Stahlfaserbeton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Berlin 3/2012, p. 47
- [14] Richtlinie Instandsetzung von Tunnelinnenschalen. ÖVBB, Wien 4/2009
- [15] Belloli, A.; Jenni, H.: Hohe Mechanisierung für den konventionellen Hauptvortrieb des Ceneri-Basistunnels. Tunnel 4/2011, pp. 48-54
- [16] Jenni, H.; Meyer, C.M.: Kraftwerk-Projekt Linthal 2015. Tunnel 8/2012, pp. 37-42

Betonzusatzstoffe

Flugasche im Beton – neue Herausforderungen

Seit über 50 Jahren wird Flugasche zum Herstellen von Beton eingesetzt; in dieser Zeit ist durch Erkenntnisse aus Forschung und praktischer Erfahrung nachgewiesen und bestätigt worden, dass durch den gezielten Einsatz von Flugasche leistungsfähige Betone mit guter Verarbeitbarkeit und verbesserter Dauerhaftigkeit trotz widriger äußerer Einflüsse wirtschaftlich hergestellt werden können. Das gilt insbesondere auch für den Tunnelbau für Straßen und Eisenbahnen [1,2]. Zur Nachhaltigkeit leistet Flugasche als Betonzusatzstoff einen entscheidenden Beitrag. Zu neuen Herausforderungen für Flugasche als Betonzusatzstoff hat die Energiewende geführt. Bei geringer werdender Produktion an Flugasche hat das bei gleichbleibendem Bedarf zur Entwicklung von wirkungsvollerer Verwendung und Änderung der Regelwerke geführt.

Die VGBN PowerTech und der Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK) führten zum 8. Mal [1,2] gemeinsam eine gut besuchte Fachtagung über Baustoffe aus Kohlekraftwerken mit Schwerpunkt Flugasche am 1. Dezember 2011 in Frankfurt am Main durch, und zwar zum Thema „Flugasche im Beton – neue Herausforderungen“; das beruht im Wesentlichen auf den durch die Energiewende geänderten politischen Randbedingungen zum Herstellen von Flugasche als industrielles Nebenprodukt der Stromerzeugung aus kohlebefeuchten Kraftwerken. Die für die Bauindustrie wichtige

Planungssicherheit wird damit nicht einfacher [4]. Keines der im Bau befindlichen Steinkohlekraftwerke ist bisher fristgerecht ans Netz gegangen; dazu kommt, dass der Betrieb solcher Kraftwerke zunehmend von der Erzeugung erneuerbarer Energie aus Wind und Sonne beeinflusst wird. In den Kraftwerken erfordert das Herstellen von Qualitätsasche deshalb höhere Aufmerksamkeit.

Neues aus den Regelwerken

Für die Flugasche gibt es neue Herausforderungen aber auch vor dem Hintergrund neuer und geänderter Regelwerke.

Auf europäischer Ebene wurde die Norm für Flugasche für Beton (EN 450-1) überarbeitet; diese wird künftig höhere Anteile an Mitverbrennungstoffen regeln, wozu langjährige Erfahrungen mit höheren Anteilen an Biomasse besonders in den Niederlanden geführt haben. Für die anderen Mitverbrennungstoffe sind wegen unverändert bleibender Grenzwerte keine höheren Anteile als bisher möglich. Einzig beim Glühverlust wurden die unteren Grenzen gestrichen.

Aus Sicht der Kraftwerksbetreiber stellt die Mitverbrennung ebenfalls eine große Herausforderung dar, denn wegen des geringeren Energieinhaltes ist mehr Brennstoff für die Energieerzeugung erforderlich. Die dafür höheren Lagerungskapazitäten und problemlosen Transportmöglichkeiten beschränken die Option der Mitverbrennung jedoch auf wenige Standorte; außerdem

Concrete Additives

Fly Ash in Concrete – new Challenges

Fly ash has been used in the production of concrete for more than 50 years. During this time thanks to findings obtained from research and practical experience it has been proved and confirmed that high-quality concrete that is easy to process possessing improved sustainability can be produced economically in spite of adverse external influences thanks to the targeted application of fly ash. This applies especially for road and rail tunnelling [1, 2]. Fly ash contributes decisively towards sustainability as a concrete additive. The modification in energy policy has led to new challenges for fly ash as a concrete additive. As less fly ash has been produced this has also resulted in more effective application and changes to the code of practice whilst the demand has stayed unchanged.

The VGBN PowerTech and the Federal Association for Power Plant By-Products Inc. (BVK) jointly staged a well attended congress on construction materials from coal-fired power stations for the eighth time [1, 2] concentrating on fly ash on December 1, 2011 in Frankfurt/Main dealing specifically with Fly Ash in Concrete – new Challenges“. By and large it was based on the changed political general conditions for producing fly ash as an industrial by-product for generating energy from coal-fired power stations resulting from the modified energy policy. As a result the basis for planning that is so important for the construction industry has not become any easier [4]. Not one of the hard coal power stations under construction has so far been commis-

sioned as scheduled; furthermore the operation of such power plants is increasingly influenced by the generation of sustainable energies from wind and sun. As a consequence the production of quality ash must be accorded great attention in power plants.

New Features in the Code of Practice

There are also new challenges against the background of new and altered specifications. At European level the norm for fly ash for concrete (EN 450-1) has been revised; in future this will govern higher proportions of co-combustion materials, resulting from long-standing experience with higher proportions of biomass particularly in the Netherlands. For the other co-combustion materials the proportions remain unchanged as the limit values have remained the same. However the minimal values for the loss on ignition have been eliminated.

As far as the power plant operators are concerned co-combustion also represents a major challenge for more fuel is needed for generating energy on account of the reduced energy content. The higher storage capacities and unproblematic means of transportation required restrict the option for co-combustion to a few locations. Furthermore “green” fuel is expensive given rising prices as demand increases.

The concrete standard (EN 206-1) has also been revised including amending the regulations for applying additives:

- firstly the K-value concept applied in most European

ist der „grüne“ Brennstoff teuer mit steigenden Preisen bei zunehmender Nachfrage.

Überarbeitet wird auch die Betonnorm (EN 206-1) und unter anderem die Anwendungsregeln für Zusatzstoffe erweitert:

- zum Einen wird das in den meisten europäischen Ländern angewandte K-Wert-Konzept auch auf Hütten sandmehl ausgedehnt, wobei ein K-Wert auf nationaler Ebene festgelegt werden muss,
- zum Anderen werden sogenannte Performancekonzepte in die Norm mit aufgeführt, die in den Niederlanden für Betone oder

in Großbritannien für Bindemittel gleicher Leistungsfähigkeit seit Jahren angewendet werden.

Für eine bessere Nutzung des Reaktionsvermögens von Flugasche sind diese Konzepte zu nutzen.

Mit der Chemikalienverordnung REACH (Registration, Authorisation and Restriction of Chemicals; Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien) (EC 453), dem umfangreichsten Regelwerk der Europäischen Union (EU), sollen Mensch und Umwelt besser als bisher vor möglichen Risiken beim Umgang mit Chemikalien geschützt werden. Beton

countries has been extended to include blast furnace slag with the K-value having to be set at national level,

- secondly what are known as performance concepts are included in the standard; these have been applied in the Netherlands for concretes or in the United Kingdom for binding agents of the same efficacy for years now.

These concepts are to be used for more adequately exploiting the reaction capacity of fly ash. By means of the chemicals ordinance REACH (Registration, Authorisation and Restriction of Chemicals) (EC 453), the European Union's extensive code of practice, man and the environ-

ment are to be better protected from possible risks in dealing with chemicals than has hitherto been the case. Concrete as a mixture has to be classified and labelled by the manufacturer. Fly ash for producing cement or concrete (concrete additive) is registered in accordance with REACH and is devoid of dangerous characteristics [5].

Manner of Working

The fly ash first of all acts as a result of its fine-grained nature, the largely spherical form and favourable grain distribution and secondly through increasing compaction of the binding agent structure as well as hydration products comparable with the setting of cement. This inter-

krampe harex[®]

Stahlfasern | steelfibres | Strahlmittel | abrasives

Zeit für Lösungen

KrampeHarex[®] Stahl- und Kunststofffasern

Tunnelbau

Schneller:

Bis zu 2,5-mal schneller als bei konventioneller Betonstahlbewehrung.

Besser:

Fasern erhöhen Betonfestigkeiten und den Brandschutz.

Wirtschaftlicher:

Geringere Material- und Lohnkosten sorgen für Vorteile in Kalkulation und Angebot.

als Gemisch ist durch den Hersteller einstufig- und kennzeichnungspflichtig. Flugasche für die Herstellung von Zement oder Beton (Betonzusatzstoff) wurde nach REACH registriert und weist keine gefährlichen Eigenschaften auf [5].

Wirkungsweise

Die Flugasche wirkt einerseits durch Feinkörnigkeit, überwiegend kugelige Form und günstige Korngrößenverteilung, andererseits durch zunehmende Verdichtung des Bindemittelgefüges sowie Hydratationsprodukte vergleichbar mit der Erhärtung von Zement. Dieses Zusammenwirken im Beton ergibt nach Forschungsergebnissen und Erfahrungen

- Einsparungen beim Zement, geringere Hydratationswärme, verringerten Wasseranspruch und höhere Nacherhärtung,
- bessere Verarbeitbarkeit, Verdichtungswilligkeit und Pumpfähigkeit,
- verringerte Wasserabsonderung und Sedimentation sowie weniger Ausblühungen und Risseneigung,
- höhere Dauerhaftigkeit von Beton und Bewehrung – insbesondere bei Chlorid- und Sulfatangriff, sowie
- stark vermindertes Risiko von Alkali-Kieselsäure-Reaktionen.

Die Einstellung aller Eigenschaften setzt eine entsprechende Abstimmung aller Beteiligten voraus – ebenso den Nachweis durch Eignungsprüfung.

Praxisbeispiele

Beton mit Flugasche wird im Tunnelbau angewandt als Spritzbeton, für Tübbing, den

Tunnelausbau und die Feste Fahrbahn, und zwar in Straßen- und Eisenbahntunneln überwiegend in Deutschland, Österreich und der Schweiz; einige Ausführungsbeispiele: Katzenbergtunnel [2], Ramholtunnel [6], Engelbergtunnel [7], Tunnel Burgholz [8] und Rennsteigtunnel.

Neu sind die Herausforderungen auch bei den Baustoffen für dauerhafte Bauwerke aus Beton, wie Textilbeton mit Flugasche (100 kg Flugasche/m³ Beton C55/67, XF4-beständig). Beim Bau von 3 Kohlekraftwerken (Bohrpfahl-, Unterwasser- und Fundamentbeton, sowie im Gleitschalungsbau für Silobauten für Flugasche usw.) wurden über 1/2 Mio. m³ Beton mit 35 bis 90 kg Flugasche/m³ eingebaut.

Blick in die Zukunft

Die Herausforderungen für Steinkohlenflugasche im Beton sind

- die Umstellung auf Importkohle mit wechselnder Zusammensetzung mit teilweise höherem Aschegehalt und künftig höherem Anteil von Mitverbrennungstoffen,
- Änderungen bei den Kohlekraftwerken durch wechselnden Strombedarf infolge der Energiewende (Ersatz der Kernkraftwerke durch nicht so stetige Solar- und Windenergie).

Weitere Einzelheiten enthält der Tagungsband [9], der unter TB 708-11 bei der VGB PowerTech (mark@vgb.org) bezogen werden kann.

G.B. 

action in the concrete produces according to research results and findings

- a decreased use of cement, reduced hydration heat, a diminished need for water and higher subsequent hardening
- improved processibility, compaction capacity and pumpability
- reduced water discharge and sedimentation as well as less efflorescence and a tendency to crack
- higher durability of concrete and reinforcement – especially when attacked by chloride and sulphate
- a greatly reduced risk of alkali-silica reactions.

The application of all properties depends on all those involved properly cooperating – this also applies to verification by means of a suitability test.

Practical Examples

Concrete with fly ash is used in tunnelling as shotcrete, for segments, the tunnel lining and the solid slab track for both road and rail tunnels mainly in Germany, Austria and Switzerland. Some examples: Katzenberg Tunnel [2], Ramholtunnel [6], Engelberg Tunnel [7], Burgholz Tunnel [8]

and the Rammsteig Tunnel. The challenges for construction materials for sustainable buildings made of concrete such as textile concrete with fly ash (100 kg of fly ash/m³ of concrete C55/67, XF4-resistant) are also new. To construct 3 coal power plants (drilled piling, underwater and foundation concrete as well as slip form construction for silo structures for fly ash etc.) in excess of 1/2 million m³ of concrete with 35-90 kg of fly ash/m³ was installed.

Prospects

The challenge for hard coal fly ash in concrete is first of all

- the transition to imported coal with varying components with in part higher ash content and a future higher share of co-combustion materials,
- changes to coal power plants given altering power requirements brought on by the change in energy policy (replacing nuclear power plants by solar and wind energy that is not as constant).

Further details can be obtained from the Proceedings [9], which can be obtained from the VGB PowerTech (mark@vgb.org) under TB 708-11.

G.B. 

Literatur / References

- [1] Flugasche im Beton – Neue Erkenntnisse für Gründungen, Brücken- und Tunnelbau. Tunnel 05/2005, pp. 34 – 37
- [2] Flugasche im Beton – Neue Erkenntnisse für den Industrie-, Straßen-, Tunnel- und Wasserbau. Tunnel 8/2008, pp. 59 -62
- [3] Lutze, D.; vom Berg, W.: Handbuch Flugasche in Beton. Grundlagen der Herstellung und Verwendung. Verlag Bau+Technik, Düsseldorf, 2009; 176 Seiten
- [4] Backes, H.-P.: Versorgungssicherheit versus Planungssicherheit. Beton 4/2012, m p. 101
- [5] Thamm, H.: Die Auswirkungen von REACH auf Beton am Beispiel von Flugasche. Beton 4/2012, pp. 116-121
- [6] Mehr Platz für die Bahn im Ramholtunnel. Tunnel 6/2008, pp. 4-5
- [7] Inbetriebnahme des Engelbergtunnels. Tunnel 2/2011, pp. 7-9
- [8] Friese, M. u.a.: Neubau der L418 – Tunnel Burgholz – in Wuppertal. Tunnel 1/2004, pp. 21-28
- [9] Flugasche im Beton – Neue Herausforderungen. 1. Dezember 2011 in Frankfurt/Main. BVK/VGB-Fachtagung. 130 Seiten, ISBN 978-3-86875-047-8. www.bvkk-online.org



Herausforderung Tunnelsanierung

Generalüberholung des Rendsburger Kanaltunnels

Der Kanaltunnel Rendsburg unter dem Nord-Ostsee-Kanal wurde im Jahre 1961 dem Verkehr übergeben. Seitdem ist der Kanaltunnel ein wichtiges, geradezu unverzichtbares Teilstück der Nord-Süd-Achse entlang der B77 durch Schleswig-Holstein, das von bis zu 50.000 Autos täglich genutzt wird. Nach 50 Jahren steht nun, trotz kontinuierlicher Instandhaltungsmaßnahmen, eine Generalsanierung an. Dabei werden Verschleißerscheinungen beseitigt, die nicht mehr durch regelmäßige Arbeiten und bei laufendem Verkehr ausgebessert werden können. Um die 3 Jahre soll die Sanierung dauern, die in 3 Pha-



sen abgewickelt werden soll. Die Konzeption der Betoninstandsetzung wurde von der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bau- forschung an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen erarbei-

Challenge in Tunnel Redevelopment

General Renovation of the Rendsburg Canal Tunnel

The Rendsburg Canal Tunnel under the North-Baltic Sea Canal was opened for traffic in 1961. Since then the canal tunnel has been an important, practically indispensable part-section of the north-south axis along the B77 through Schleswig-Holstein – used by around 50,000 vehicles per day. After 50 years it is now time to thoroughly renovate the structure in spite of continuous maintenance measures over this period. In the process signs of wear will be removed, which could not be remedied through regular operations while traffic is still running. Redevelopment is scheduled to last 3 years. It is to be tackled in 3 phases. The conception for repairing the

concrete was devised by the Federal Waterway Engineering and Research Institute (Bundesanstalt für Wasserbau) in Karlsruhe in conjunction with the Institute for Construction Research at the RWTH – Aachen University. The execution of planning for engineering and road construction as well as the production and plant engineering was provided by the Ingenieurbüro Pöyry Infra, Hamburg; the planning for restoring the concrete by the Ingenieurbüro Oemig und Partner from Kiel. Construction is being carried out by the Hamburg branch of the JV Züblin-Wisag.

The Rendsburg Tunnel is no sole instance: an increasing number of tunnels and bridges

tet. Die Ausführungsplanung für Ingenieur- und Straßenbau sowie die Betriebs- und Anlagentechnik wurde vom Ingenieurbüro Pöyry Infra, Hamburg, erstellt, die Planungen der Betoninstandsetzung vom Ingenieurbüro Oemig und Partner aus Kiel. Die Bauausführung erfolgt durch die Arbeitsgemeinschaft Züblin-Wisag, Niederlassungen Hamburg. Der Rendsburger Tunnel ist kein Bauwerk, das allein steht: immer mehr Tunnel und Brücken kommen in ein Alter, in dem eine Generalsanierung unumgänglich ist. Hernani Esteves, Gruppenleiter Kathodischer Korrosionsschutz der Ed. Züblin AG, ist an führender Stelle bei der Sanierung des Rendsburger Kanaltunnels im Einsatz. Er erläutert in einem Gespräch die Aufgaben, Herausforderungen und Erkenntnisse, die sich für alle an der Sanierung dieses Bauwerkes Beteiligten ergeben.

Einen Kanaltunnel zu sanieren, ist eine besondere Aufgabe: was ist die technische Herausforderung, das Besondere an der Sanierung des Rendsburger Tunnels?

Die Sanierung eines Tunnels unter laufendem Betrieb ist an sich schon eine Herausforderung. Dazu kommt, dass es zahlreiche Gewerke unter einen Hut zu bringen gilt. Neben der Betonsanierung und dem Einsatz von kathodischem Korrosionsschutz für die Bewehrung im Beton kommen Signaltechnik, Entwässerung, Lüftung und Beleuchtung. Im gerade einmal 1,20 m breiten Betriebsgang herrschen dabei zudem noch enge Platzverhältnisse, die die Arbeit oft zu einer Herausforderung werden lassen.



Inwieweit ist Züblin als ausführendes Unternehmen an der Konzeption, beispielsweise der Betonsanierung, mit beteiligt?

Die Ausschreibung der Tunnel-sanierung wurde vom Generalplaner Pöyry Infra GmbH erarbeitet und als solche dann mit allen erforderlichen Leistungen vom Auftraggeber ausgeschrieben. Die Züblin hat einen Teil dieser Leistung gewonnen und ist an der Konzeption als ausführendes Unternehmen nicht beteiligt.

Was muss man sich unter dem „speziellen Brandschutzmörtel“, der auf die Tunnelwände aufgebracht wird, vorstellen? Ist es eine Neuentwicklung? Haben Sie damit bereits Erfahrungen?

Um den Brandschutz sicherzustellen ist es üblich, in Tunneln Brandschutzmörtel zu verwenden. Dies kennen wir bereits schon aus vorangegangenen Projekten. Die Hauptaufgabe eines Brandschutzmörtels besteht darin, als äußerste Lage

are reaching an age signifying that general redevelopment is essential. Hernani Esteves, the Group Manager for Cathodic Corrosion Protection at the Ed. Züblin AG has a key role to play in redeveloping the Rendsburg Canal Tunnel. He now explains the tasks, challenges and recognitions, which resulted for all those involved in restoring the structure.

Redeveloping a canal tunnel represents a special task: what is the technical challenge, the special factor relating to the redevelopment of the Rendsburg Tunnel?

Redeveloping a tunnel with traffic still running is in itself a challenge. Furthermore various activities have to be coordinated. Apart from restoring the reinforcement in the concrete and the application of cathodic corrosion protection, signal technology, drainage, ventilation and lighting have to be dealt with. Furthermore very constricted space conditions prevail in a service passage, which is only some

1.20 m wide – something which makes work a real challenge.

Just how far is Züblin as the responsible contractor involved for instance in the concrete renovation?

The tunnel redevelopment conception was worked out by Pöyry Infra GmbH as general planner and then appropriate tenders were invited by the client. Züblin was commissioned to fulfil a part of the contract and as responsible contractor is not involved in the conception.

What is to be understood under the term “special fire protection mortar”, which is to be placed on the tunnel walls? Is this some new development? Have you already gained experience with it?

It is customary to apply fire protection mortar in tunnels to safeguard fire protection. This is already known from past projects. The main task of a fire protection mortar is to secure a concrete covering on top of the steel reinforcement in the

die Betondeckung über der Stahlbewehrung in den Tunnelwänden sicherzustellen. Dadurch kann der Tunnel einem Feuer konstruktiv über eine vorgegebene Zeit widerstehen, wodurch für die Betroffenen die Möglichkeit zur Flucht gegeben ist. Diese speziellen Mörtel müssen nach DIN 4102, Teil 4, getestet werden. Dabei wird der Mörtel in einem Brandversuch getestet, wobei sich Dauer und Temperatur nach einer speziellen Brandkurve richten.

Was ist unter „kathodischem Korrosionsschutz“ zu verstehen? Können Sie dieses Verfahren bitte kurz erläutern? Weshalb hat man sich dafür entschieden?

Kathodischer Korrosionsschutz, kurz KKS, ist ein elektro-chemisches Verfahren, bei dem durch eine Fremdstromanode ein Schutzstrom in den Beton eingespeist wird, der die im Beton eingebundene Stahlbewehrung dauerhaft vor Korrosion schützt. Dabei wird die Anode an den positiven und die Bewehrung an den negativen Pol einer Gleichrichtereinheit angeschlossen. Durch die anliegende Spannung erfolgt die Einspeisung des Schutzstroms, Korrosion wird auf ein vernachlässigbar kleines Maß reduziert oder gänzlich unterbunden.

Tunnel sind in die Kritik geraten, weil sich im Gefahrenfall – beispielsweise bei einem

tunnel walls as the outermost layer. In this way the tunnel is able to withstand a fire structurally over a given period, so that those affected are given the time to escape. Special mortars of this kind have to be tested according to DIN 4102, Part 4. Towards this end the mortar is tried out in a fire test – with the duration and temperature geared to a special fire curve.

What does “cathodic corrosion protection” actually mean? Can you please briefly explain this method? Why was it decided to apply it?

Cathodic corrosion protection is an electro-chemical method, a protective current is fed into the concrete by means of an electric

current anode, which protects the steel reinforcement integrated in the concrete permanently from corrosion. Towards this end the anode is connected to the positive pole of a rectifier unit and the reinforcement to the negative one. The protective current is fed in by the surrounding tension; corrosion is either reduced to a negligible amount or prevented entirely.

Tunnels have been criticised because in the event of danger – for example during a fire – the persons located in the tunnel find it rather difficult to be evacuated safely: it is often practically impossible to find one’s way on account of smoke, the air becomes bade,



VARIOKIT, the engineering construction kit with rentable, standardised components, is the solution for numerous requirements in tunnel construction.

- Maximum reduction in the number of special parts
- Perfect adjustment to project requirements
- Wide range of system components
- Open system for numerous other applications

Cost-effective VARIOKIT solutions with standardised components

PERI®

**Formwork
Scaffolding
Engineering**

www.peri.com

Brand – die im Tunnel befindlichen Menschen nur schlecht oder schwer in Sicherheit bringen können: durch Rauch ist die Orientierung oft nahezu unmöglich, die Luft wird schlecht, der Sauerstoff reicht nicht bis zum Tunnelausgang. Welche Maßnahmen hat man im Rendsburger Tunnel getroffen, um diese Gefahrensituationen zu entschärfen?

Durch Neuerung in der Belüftungs- sowie der Beleuchtungstechnik werden nach Abschluss der Sanierung Fluchtwege klar gekennzeichnet sein und durch kontinuierliche Video- und Luftqualitätsüberwachung kann die Belüftung der Tunnelröhren auch auf eine Notfallsituation zielgerichtet eingestellt werden. Sicherheitstechnisch wird der Tunnel generalüberholt und entspricht dann dem heutigen Stand der Technik.

Der Rendsburger Tunnel ist mit einem Alter von rund 50 Jahren sicher nicht mehr auf dem aktuellen Stand. Wie viele Tunnel ähnlichen Alters und ähnlicher Ausstattung gibt es noch in Deutschland, die ebenfalls saniert werden sollten? Wird man durch die Arbeit am Rendsburger Tunnel Erfahrungen sammeln können, die bei weiteren anstehenden Sanierungen helfen?

Wieviele Tunnel ähnlichen Alters und Typs es momentan in Deutschland gibt, entzieht sich meiner Kenntnis. Sicherlich wird aber durch die Arbeit am Rendsburger Tunnel ein Erfahrungsschatz angesammelt, der bei zukünftigen ähnlichen Projekten hilfreich sein wird. Schon hier profitieren wir von den Erfahrungen, die wir an abgeschlossenen Tunnelprojekten sammeln durften.

Wieviele muss nach Ihrer Erfahrung im Schnitt in eine Tunnelanierung investiert werden? Wie lange dauert sie voraussichtlich?

Die Kosten für eine Tunnelanierung richten sich nach Größe, Alter und der Frage, wie tiefgreifend saniert wird. Für die Maßnahmen am Straßentunnel Rendsburg ist eine Sanierungsdauer von 3 Jahren eingeplant.

Nehmen Sie, nimmt Ihr Unternehmen an der Ingenieurbauemesse econstra im Oktober in Freiburg teil? Was erwarten Sie sich davon?

Ja, Züblin wird dabei sein. Neben dem Austausch von Know-how mit anderen Fachleuten hoffen wir, interessierten Besuchern Einblicke in unsere Welt geben zu können und hier eine Möglichkeit zu bieten, Fragen direkt zu beantworten und interessante Diskussionen zu führen. 

there's not enough oxygen to reach the tunnel exit. Which measures have been taken in the Rendsburg Tunnel in order to ameliorate such hazardous situations?

By renovating the ventilation as well as the lighting technology escapeways will be clearly designated following the redevelopment phase and the ventilation in the tunnel bore can be adjusted to cope with an emergency situation as well thanks to continuous video and air quality monitoring. In safety technical terms the tunnel will be generally restored thus corresponding to the latest state of the art.

The Rendsburg Tunnel now some 50 years old is certainly not the latest state of the art. How many tunnels of similar age and similarly furnished are there still in Germany, which also require to be renovated? Will it be possible to gather findings through working on the Rendsburg Tunnel, which will help with further projected redevelopments?

I really couldn't say exactly how many tunnels of a similar age and type there are in Germany at present. However a wealth of experience will certainly become available through the work on the Rendsburg Tunnel, which will be useful for similar projects in future. Here in fact we are profiting from experience we were able to gather from completed tunnel projects.

How much would you say has to be invested on average in redeveloping a tunnel? How long is it expected to take?

The costs for redeveloping a tunnel depend on the site, age and the question as to just how

thorough the renovation process is. A period of some 3 years has been allocated to restore the Rendsburg Tunnel.

Are you, is your company taking part in the econstra construction engineering fair in Freiburg in October? If so what are you expecting from it?

Yes, Züblin's taking part. Apart from, exchanging know-how with other experts we hope to be able to provide interested visitors with insights of our world and present an opportunity to respond to questions directly and conduct interesting discussions. 

www.econstra.de



Dr. Thomas Eppler [5]

Halbseitig gesperrter Tunnel für die Sanierungsarbeiten, links 4 Ankerkopfnischen

Tunnel closed on one side for the redevelopment work, 4 anchor head recesses on the left

Brandschutzmörtel

Adlertunnel – Sanierung mit Brandschutz

Anforderungen

Die bewehrten Betonriegel und die Felsankerköpfe mussten im Brandfall gemäß ISO 834-Brandkurve für 60 Minuten geschützt werden, so dass die Tunnelinnenschale und Widerlagerkörper nach diesem Zeitraum die Temperatur von 200°C und die Ankerköpfe 120°C nicht überschreiten; im späteren Betriebszustand müssen die Ankerkopfnischen jederzeit leicht zum Überwachen und Nachspannen der Anker zugänglich sein.

Zum Einhalten des Lichtraumprofils wurde ein Brandschutzsystem gewählt, das mit nur 3 cm Schichtdicke den Anforderungen genügt. Außerdem muss es den Belastungen durch Sog- und Druckkräfte aus dem Zugverkehr im Tunnel standhalten, weshalb von der Brandschutzschicht mindestens 4 kN/m² Festigkeit gefordert wurden. Weil eine

Sperrung des gesamten Tunnels für die Ausführung der Brandschutzmaßnahmen nicht möglich war, blieb der Bahnbetrieb immer einspurig.

Wahl des Systems

Wegen der geschilderten Anforderungen an den Brandschutz wurde der Brandschutzmörtel Sikacrete-213F verwendet, ein hydraulisch gebundener Spritzmörtel mit Vermiculit als Füllstoff, der in seiner geblähten Form eine außerordentliche Wärmedämmung bietet. Dieser Mörtel zeichnet sich durch seine einfache Anwendung aus, und zwar durch eine dünne Schichtdicke und die Möglichkeit zur Beschichtung; er ist nach ISO 834 geprüft und erfüllt bei einer Schichtdicke von nur 25 mm die Anforderungen der noch viel strengeren niederländischen Bemessungskurve RWS während 2 Stunden.



Sika Schweiz AG [6]

Applikation des Brandschutzmörtels im Spritzverfahren

Application of the fire protection mortar via the spraying method

Fire Protection Mortar

Adler Tunnel – Renovation with Fire Protection

Requirements

The reinforced concrete bars and the rock anchor heads had to be protected for 60 minutes in accordance with the ISO 834 fire curve in the event of fire so that the tunnel inner shell and abutment zone do not exceed the temperature of 200 °C and the anchor heads 120 °C after this period. In their subsequent operational state the anchor head recesses have to be accessible at all times for monitoring purposes and retensioning the anchors.

A fire protection system was selected for maintaining the clearance profile, which complied with requirements although only 3 cm thick. In addition it had to be capable of withstanding the suction and pressure forces caused by train services in the tunnel, so that a minimal strength of 4 kN/m² is demanded from the fire protection layer. Trains continued operating on a

single track throughout as it was not possible to close the tunnel completely in order to carry out the fire protection measures.

Choice of System

The fire protection mortar Sikacrete-213F was applied on account of the requirements posed on fire protection. This is a hydraulically bonded spraying mortar with Vermiculite used as filler, which affords effective thermal insulation when swollen. This mortar is easy to handle catering for a thin layer thickness and coating; it is tested according to ISO 834 and fulfils the even stricter Dutch dimensioning curve RWS over 2 hours given a layer thickness of only 25 mm.

This fire protection system was also chosen on account of the findings obtained during the extensive fire protection redevelopment of the Wien Mitte Metro station in mid-2009 [4]; 2,200 m² was protected against

Die Wahl auf dieses Brandschutzsystem fiel auch aufgrund der damit bei der umfangreichen Brandschutzsanie rung der U-Bahnstation Wien Mitte 2009 gemachten Erfahrungen [4]; dort wurden 2200 m² mit Sikacrete-213F bei 25 mm Schichtdicke gemäß EN 13501 (REI 180) vor Brand geschützt. Bei diesem Brandschutzmörtel, der nur mit Wasser angemacht wird und keinen Beschleuniger benötigt, ist die Verarbeitung äußerst einfach.

Bauausführung

Zunächst wird der Beton mit Hochdruckwasserstrahl zum Erreichen einer optimalen Haftung mit dem Untergrund aufgeraut und danach ein Drahtgitter auf die zu schützende Fläche aufgebracht; diese Bewehrung (Bekaert Armanet FP) erhöht die Dauerhaftigkeit des Brandschutzsystems – auch im Hinblick auf die Beanspruchung durch vorbeifahrende Züge. Danach wird der Brandschutzmörtel im Nassspritz-/Dichtstromverfahren (Schneckenpumpe) appliziert; seine Oberfläche kann spritzrau belassen, geglättet oder zunächst beschichtet werden; hier wurde die Oberfläche geglättet. In den Bereichen der Ankerköpfe wurden auswechselbare Brandschutzplatten zum Erleichtern der Überwachung und des Nachspannens der Anker angebracht.

Wegen des laufenden Bahnbetriebes wurde der Brandschutzmörtel abschnittsweise eingebaut: zuerst im Firstbereich und danach im Bereich der Widerlager, dann die Bahnspur gewechselt und die gleichen Arbeiten auf der anderen Tunnelseite ausgeführt.



Schichtaufbau Brandschutzmörtel mit Stahlnetzbe wehrung

Layer set-up of the fire protection mortar with steel mesh reinforcement

Für die Sanierung wurden insgesamt rund 750 m² Sikacrete-213F verarbeitet. Die durchschnittliche Auftragsmenge liegt bei 6 kg/m² je 10 mm Schichtdicke; bei diesem Nassspritzmörtel wird ohne Beschleuniger gearbeitet. Die Applikation des Brandschutzsystems wurde von Viktor Wyss ausgeführt, Hauptunternehmer war die Marti Unternehmung AG und Projektverfasser für die Instandsetzung die Basler & Hofmann AG.

G.B.



fire there with Sikacrete-213F given a 25 mm layer thickness in keeping with EN 13501 (REI 180). This fire protection mortar, which is only mixed with water without needing an accelerator, is extremely simple to process.

Executing Construction

First of all the concrete is roughened by high pressure water jet

to attain optimal adhesion with the foundation and then wire meshing is placed on the area to be protected. This reinforcement (Bekaert Armanet FP) enhances the service life of the fire protection system – also regarding its resistance to the strain produced by passing trains. Then the fire protection mortar is applied by the wet spraying /thick flow method (screw pump); its surface can be left rough, smoothed or initially coated; in this case the surface was smoothed. Replaceable fire protection plates were installed in the vicinity of the anchor head to facilitate monitoring and retensioning the anchors.

The fire protection mortar was placed section-by-section on account of ongoing train services: first of all in the roof zone and then at the abutments, then the activities were moved to the other track and the other side of the tunnel tackled.

Altogether some 750 m² of Sikacrete-213F was used for the redevelopment scheme. On average 6 kg/m² per 10 mm layer thickness was applied; no accelerator was utilised for this wet sprayed mortar. The fire protection system was applied by Viktor Wyss; the main contractor was the Marti Unternehmung AG and the Basler & Hofmann AG the project compiler for the redevelopment.

G.B.



Literatur / References

- [1] Müller, R.: Baubeginn am Adlertunnel. Tunnel 2/1995, pp. 32-36
- [2] Hentschel, H.: Schwieriger Start am Adlertunnel. Tunnel 1/1997, pp. 8-12 und 3/1999, p. 8
- [3] Adlertunnel mit Bahntechnik ausgerüstet. Tunnel 8/2001, pp. 60-61
- [4] Jahn, M.: Brandschutzsanie rung der U-Bahnstation Wien Mitte 2009. Spritzbeton-Tagung 2009, Alpbach/Tirol
- [5] Befahrung Adlertunnel. Sanierung von 40 lfm Tunnel im Anhydritbereich des Gipskeupers. Fachteamsitzung Tunnel, 22. April 2010, Muttentz
- [6] Rieger, C.: Sanierung Adlertunnel mit Brandschutzmörtel. Infrastruktur- und Tunnelbau (INT) 1/2012, p. 98

tunnel *now as* *eMagazine!*

Your advantages at a glance:

- available worldwide
- benefit from the lucid presentation in the familiar layout of the printed issue
- easy full text search
- straightforward navigation on individual pages or items
- the provided links enable you to obtain more details on corresponding topics in a jiffy
- no delays due to protracted dispatch



**Subscribe
now -
98.50 EUR
per year!**



Go online wherever you are!

www.tunnel-online.info

Baku International Congress

Tunnelling and Underground Infrastructure in Urban Areas

10th to 11th plus 12th September 2012, Baku, Azerbaijan Conference, Exhibition, Technical Site Visit

JW Marriott Absheron Hotel, Baku, Azerbaijan

Information:

AzTA – Azerbaijan Tunnelling Association

Organizing Committee, Chairwoman Kamala Muradova

E-Mail: contact@azta-asso.com
E-Mail: baku.conference2012@azta-asso.com

azta-asso.com

www.azta-asso.com

InnoTrans 2012

18. – 21. September 2012, Berlin

Messe Berlin GmbH

Messedamm 22, 14055 Berlin

Kontakt: Kerstin Schulz

Tel.: +49 30 / 3038-2032

Fax: +49 30 / 3038-2190

E-Mail: k.schulz@messe-berlin.de

E-Mail: innotrans@messe-berlin.de

www.innotrans.de

www.virtualmarket.innotrans.de

The Tunnel Connects

First Eastern European

Tunnelling Conference

18th – 21th September 2012,

Budapest, Hungary,

Information:

Hungarian Tunnelling Society

Dr. Tibor Horvath, President

E-Mail: geovil@geovil.hu

E-Mail: info@ita-hun.hu

www.ita-hun.hu

8. Österreichischer Tunneltag 2012

10. Oktober 2012, Salzburg/A

61. Geomechanik-Kolloquium 2012

50 Jahre NATM

11.+12. Oktober 2012, Salzburg/A

Exkursion: 13. Oktober 2012

Österreichische Gesellschaft für Geomechanik

Bayerhamerstraße 14, 5020 Salzburg/A

Tel.: +43 662 / 875519

Fax: +43 662 / 886748

E-Mail: salzburg@oegg.at

www.oegg.at

2012 National Conference in Montreal/Canada

17th – 20th October 2012,

Montreal/Canada

Conference, TAC 2012 Annual Meeting, Exhibition, Project Tour

Hyatt Regency Hotel, Montréal, Québec, Canada

Information:

TAC – Tunnelling Association of Canada

E-Mail: info@tac2012.ca

www.tac2012.ca

Wayne Gibson, P.Eng.

Conference Manager

c/o Gibson Group Association Management

8828 Pigott Rd, Richmond BC V7A 2C4

Phone: +1 (604) 241-1297

Fax: +1 (604) 241-1399

econstra 2012

Fachmesse für Ingenieurbau und Bauwerksinstandsetzung

25. – 27. Oktober 2012,

Freiburg im Breisgau

Informationen

Neue Messe Feiburg

Hermann-Mitsch-Straße 3/ Europaplatz 1

79108 Freiburg im Breisgau

Tel.: +49 761 / 3881-3120

Fax: +49 761 / 3881-3006

E-Mail: info@messe.freiburg.de

www.econstra.de

Deutsches tunnel-Forum 2012

Dienstag, 6. November 2012, Stuttgart, Le Meridien

Mittwoch, 7. November 2012, München, Best Western Hotel Christal

jeweils von 9.30 bis 16.45 Uhr

Seminarreihe zum Thema

Design-Aspekte bei Verkehrs-Tunneln

2012: Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss

2013: Licht, Farbe und soziale Sicherheit

2014: Architektur und Technik

Veranstalter: tunnel und STUVA

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack

Informationen, Programm

und Anmeldung:

Roland.Herr@Bauverlag.de

BrennerCongress 2013

Internationales Symposium Brenner Basistunnel

21.+22. Februar 2013,

Bozen/Italien,

Wissenschaftliche Leitung:

Univ.-Prof. Konrad Bergmeister, Universität für Bodenkultur Wien/A

Univ.-Prof. Walter Purrer, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften der Leopold Franzens Universität Innsbruck/A

Informationen:

www.brennercongress.com

28. Christian Veder Kolloquium

mit Fachausstellung

4.+5. April 2013, Graz/A

Institut für Bodenmechanik und Grundbau

Ao.Univ.-Prof. Dr. techn. Helmut F. Schweiger, M.Sc.

TU Graz, Rechbauerstraße 12,

8010 Graz/A

Tel.: +43 316 / 873-6234

Fax: +43 316 / 873-6232

E-Mail: helmut.schweiger@tugraz.at

www.cvk.tugraz.at

bauma 2013

München/D, 15.-21. April 2013

Messe München/VDMA e.V.

Neue Messe München, Messengelände, 81823 München/D

Tel.: +49 89 / 949-11348

Fax +49 89 / 949-11349

www.bauma.de

39th ITA/WTC with Swiss Tunnel Congress in Geneva/Switzerland

Underground – the way to the future!

31th May – 7th June 2013

Geneva/Switzerland,

Information:

WTC 2013 Congress Chair

Felix Amberg

Phone: +41 (0) 844 310513

Fax: +41 (0) 81725 3102

E-Mail: info@wtc2013.ch

www.wtc2013.ch

STUVA-Tagung '13

STUVA Conference '13

27. – 29. November 2013,

ICS Stuttgart, Stuttgart/D,

27. – 28. November 2013:

Vortragsveranstaltung mit

begleitender Fachausstellung

29. November 2013:

Besichtigungen

STUVA e.V.

Mathias-Brüggen-Straße 41

D-50827 Köln

Tel.: +49 221 / 59795-0

Fax: +49 221 / 59795-50

E-Mail: info@stuva.de

www.stuva.de

Christian-Veder-Kolloquium 2012

Planung und Ausführung von Abdichtungsmaßnahmen in der Geotechnik

27. Christian Veder Kolloquium, Graz, 12. und 13. April 2012 TU Graz, Gruppe Geotechnik Graz. Herausgeber: M. Diestel, S. Kieffer, R. Marte, W. Schubert, H.F. Schweiger. 325 Seiten (DIN A5) mit 220 Abb./Tab. und 90 Quellen. ISBN 978-3-900484-63-7. Geb. 35 Euro, Heft 46, Institut für Bodenmechanik und Grundbau, TU Graz.

Die Beherrschung des Grundwassers stellt besonders im Bauzustand oftmals hohe Anforderungen an die Planung und Ausführung technisch zielführender und wirtschaftlicher Baumaßnahmen in der Geotechnik und im Tunnelbau.

Die Vielfalt der in den 18 Beiträgen behandelten Aufgabenstellungen und Lösungsmöglichkeiten zeigt die Komplexität des Zusammenwirkens von Baugrund, Wasser und Baumaßnahme – auch wieder an Beispielen aus dem internationalen Baugeschehen, wie über die unkonventionelle Abdichtung der Innenschale eines über 10 km langen Wasserumleitungsstollens mit 14,4 m gebohrtem Durchmesser mit 60 cm dicker

unbewehrter Betonschale beim Ausbau eines Wasserkraftwerks in Kanada, die Abdichtung mit Baugrundvereisung beim Bau von 2 U-Bahnhöfen in Amsterdam und Schadensfälle bei Abdichtungsmaßnahmen von Baugruben beim Bau des 6 km langen, zweigleisigen Eisenbahntunnels für die Citybanan in Stockholm. Beispiele werden auch für Wasserhaltungs- und Abdichtungsmaßnahmen im Zuge der Bauausführung gebracht und für ungewöhnliche Injektionsmaßnahmen zur Abdichtung von tiefen Baugruben, Baugrubenabdichtung mittels Bodengefrieretechnik (zum Beispiel beim Bau des City-Tunnels in Leipzig: Haltepunkt Markt) und Herstellen von dichten Schächten im Düsenstrahlverfahren. Gebracht werden auch Sonderlösungen, wie der Einsatz von „BioSealing“ zur Abdichtung von Leckagestellen, und Vorschläge zur Qualitätskontrolle und Beurteilung des Langzeitverhaltens von Abdichtungsmaßnahmen in der Geotechnik. G.B.



Christian-Veder-Kolloquium 2012

Planning and Executing Sealing Measures in Geotechnics

27th Christian Veder Colloquium, April 12 and 13, 2012 – TU Graz, Geotechnics Group Graz. Edited by: M- Diestel, S. Kieffer, R. Marte, W. Schubert, H.F. Schweiger. 325 pp. (DIN A5) with 220 Ills./Tab. and 90 Sources. ISBN 978-3-900484-63-7. Bound, 35 euros. Issue 46, Institut für Bodenmechanik und Grundbau, TU Graz.

Mastering groundwater often poses high demands on the planning and executing of technically oriented and more economic construction measures in geotechnics and tunnelling especially in construction state.

The variety of the problem complexes and possible solutions dealt with in the 18 contributions reveals the complexity of the interaction of subsoil, water and construction measure – also providing examples taken from international building activities such as the unconventional approach to seal the inner shell of a more than 10 km long water diversion tunnel with 14.4 m bored diameter with 60 cm thick unreinforced concrete shell during the development of a hydro-power station in Ca-

nada; sealing involving subsoil freezing when building 2 Metro stations in Amsterdam and cases of damage during waterproofing measures for construction pits during the production of the 6 km long, twin-track railway tunnel for the Stockholm Citybanan. Examples are also provided for drainage and sealing measures during the execution of construction and for unusual grouting measures employing ground freezing technology (for example during the building of the City Tunnel in Leipzig: Markt halt) and the production of tight shafts using the jet grouting method. Special solutions such as the application of „BioSealing“ to seal leaks and proposals for quality assurance and assessment for the long-term behaviour of sealing measures in geotechnics were also provided. G.B.

G.B.



PROFIL
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG
fachbuchtipp

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



Tunnelbau 2012

Hrsg.: DGGT Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.
36. Jahrgang
Gebunden, 400 S. m. zahlr. Abb., 15,5 cm, 283g
2011 VGE-Verlag
ISBN 978-3-86797-122-5
EUR 32,00

In der neuen Ausgabe 2012 setzen Fachbeiträge aus dem Gebiet des Tunnelbaus in geschlossener Bauweise sowie den Rubriken „Tunnelbetrieb und Sicherheit“ und „Instandsetzung und Nachrüstung“ zeitgerechte Schwerpunkte.

Bestellen Sie online unter: www.profil-buchhandlung.de

Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum / D	www.astbochum.de	5
Atlas Copco MCT GmbH, Essen / D	www.atlascopco.com	3
Brugg Contec AG, Romanshorn / CH	www.bruggcontec.com	23
Devo-Tech AG, Ziefen/Basel / CH	www.devo-tech.ch	25
Dräger Safety AG & Co. KGAA, Lübeck / D	www.draeger.com	31
ELA Container GmbH, Haren / D	www.container.de	5
Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, Stadtlohn / D	www.duecker.de	29
Herrenknecht AG, Schwanau / D	www.herrenknecht.de	U2
KrampeHarex GmbH & Co. KG, Hamm / D	www.krampeharex.com	53
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden / D	www.msd-dresden.de	47
Peri GmbH, Weißenhorn / D	www.peri.de	57
Sandvik Mining and Construction Central Europe GmbH, Essen / D	www.sandvik.com	U4
TechnoBochum, Bochum / D	www.techno-bochum.de	17
The Robbins Company, Kent / USA	www.TheRobbinsCompany.com	7

bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 31. Jahrgang / 31st 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:
Dipl.-Ing. Roland Herr
Phone: +49 (0) 5241 80-88730
Fax: +49 (0) 5241 80-9650
E-Mail: roland.herr@bauverlag.de
(verantwortlich für den redaktionellen Inhalt/
responsible for the editorial content)

Redaktionsbüro / Editors Office:
Ursula Landwehr
Phone: +49 (0) 5241 80-1943
E-Mail: ursula.landwehr@bauverlag.de
Gaby Porten
Phone: +49 (0) 5241 80-2162
E-Mail: gaby.porten@bauverlag.de

Layout:
Sören Zurheide
E-Mail: soeren.zurheide@bauverlag.de

Anzeigenleiter / Advertisement Manager:
Christian Reinke
Phone: +49 (0) 5241 80-2179
E-Mail: christian.reinke@bauverlag.de
(verantwortlich für den Anzeigenteil/
responsible for advertisement)
Rita Srowig
Phone: +49 (0) 5241 80-2401
E-Mail: rita.srowig@bauverlag.de
Maria Schröder
Phone: +49 (0) 5241 80-2386
E-Mail: maria.schroeder@bauverlag.de
Fax: +49 (0) 5241 80-62401

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 30 vom 1.10.2011
Advertisement Price List No. 30 dated 1.10.2011 is currently valid

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

Italien/Italy:
Vittorio Camillo Garofalo
ComediA di Garofalo, Piazza Matteotti, 17/5,
I-16043 Chiavari
Phone: +39-0185-590143,
Mobil: +39-335 346932,
E-Mail: vittorio@comediasrl.it

Russland/CIS:
Dipl.-Ing. Max Shmatov, Event Marketing Ltd.
PO Box 150 Moskau, 129329 Russland
Phone: +7495-7624834,
Fax: +7495-7377289,
E-Mail: shmatov@event-marketing.ru

USA/Canada:
Detlef Fox, D. A. Fox Advertising Sales, Inc.
5 Penn Plaza, 19th 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 (0) 5241 80-2476

**Verlagsleiter Anzeigen und Vertrieb /
Director Advertisement Sales:**
Dipl.-Kfm. Reinhard Brummel
Phone: +49 (0) 5241 80-2513

Herstellungsleiter / Production Director
Olaf Wendenburg
Phone: +49 (0) 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 (0) 5241 80-90884
E-Mail: leserservice@Bauverlag.de
Fax: +49 (0) 5241 80-690880

**Marketing & Vertrieb /
Subscription and Marketing Manager:**
Michael Osterkamp
Phone: +49 (0) 5241 80-2167
Fax: +49 (0) 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 € 147,00

Studenten / Students € 88,20

Ausland / Other Countries € 157,20

(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag/
with surcharge for delivery by air mail)

Einzelheft / Single Issue € 24,00

(inklusive Versandkosten / including postage)

eMagazine € 98,50

Mitgliedspreis STUVA / Price for STUVA members

Inland / Germany € 109,80

Ausland / Other Countries € 117,60

Kombinations-Abonnement Tunnel und tHIS

jährlich inkl. Versandkosten:

€ 188,40 (Ausland: € 195,00)

Combined subscription for

Tunnel + tHIS including postage:

€ 188,40 (outside Germany: € 195,00).

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 gesetz-
lichen Bestimmungen in das alleinige Veröffent-
lichungs- 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 Na-
men gekennzeichnete Beiträge übernimmt

der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen
werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Bei-
träge und Abbildungen sind urheberrechtlich
geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zu-
gelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Ver-

vielfältigung ohne Zustimmung des Verlages
strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und
Übertragen in Form von Daten. Die allge-
meinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages
finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

Publications:

Under the provisions of the law the pub-
lishers acquire the sole publication and pro-
cessing rights to articles and illustrations
accepted for printing. Revisions and ab-
ridgements are at the discretion of the
publishers. The publishers and the editors
accept no responsibility for unsolicited ma-
nuscripts. The column "STUVA-News" lies in the
responsibility of the STUVA. The author assumes
the responsibility for the content of articles in-
dentified 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 copy-
right. With the exception of the cases permitted
by law, exploitation or duplication without the
content of the publishers is liable to punish-
ment. This also applies for recording and trans-
mission 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



Das neue
Sonderheft von

Instandhaltung von Hoch- und Ingenieurbauwerken

Schützen – Instandsetzen – Verbinden – Verstärken

Das Themenspektrum

- » Betoninstandsetzung und -sanierung
- » Brückenübergänge und Brückenkappen
- » Korrosionsschutz und Beschichtungen
- » Injektionsverfahren
- » Traggerüste, Kappengerüste und Absturzsicherung
- » Instandsetzungsverfahren
- » Bauwerksabdichtung
- » Brandschutz
- » Verkehrssicherung
- » Ausbildungsstandards

Sichern Sie sich jetzt Ihr persönliches, kostenloses
Exemplar von diesem neuen Sonderheft
und schicken eine kurze eMail an:

Michael Osterkamp

Fon +49 5241-802167

instandhaltung@bauverlag.de

Weitere Informationen zu Ihrer Anzeige in dem neuen Sonderheft
erhalten Sie von:

Christian Reinke

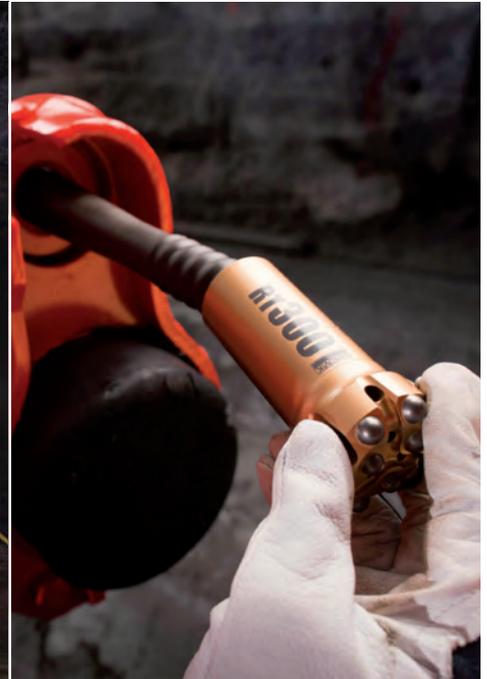
Fon +49 5241-802179

christian.reinke@bauverlag.de

Der
Anzeigenschluss
ist am **17.09.2012**

Die erste Ausgabe
erscheint am
18.10.2012

Sandvik Maschinen für den Sprengvortrieb ...



Kompetenz im Tunnelbau

... und Teilschnittmaschinen

Sandvik – Ihr zuverlässiger Partner für den Tunnelbau

Gewinnen Sie mit uns den Wettlauf gegen die Zeit!

Gemeinsam finden wir die für Ihre Anwendung passende Vortriebsmethode.

Basierend auf unserem umfassenden Wissen und langjähriger Erfahrung im Tunnelbau mit Sprengvortrieb oder mit Teilschnittmaschinen können wir Sie bestmöglich bei Ihren Tunnelbauprojekten beraten und unterstützen.

Sandvik – Kompetenz im Tunnelbau!

SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION CENTRAL EUROPE GMBH D-45356 ESSEN DEUTSCHLAND
TEL +49 (0) 201-1785-300 www.construction.sandvik.com

