tunnel

7
November
2012

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

www.tunnel-online.info

EPB TBMs: Advances in Cutting Tool Quality
Denmark: Innovative Groundwater Management
Himalaya: Highly Mechanized Heading Installation

bauverlag
Wir geben Ideen Raum

ITALY: THE WORLD'S LARGEST EPB SHIELD CELEBRATES ITS FIRST BREAKTHROUGH IN SPARVO.

"With the largest TBM in the world we are accustomed to records, two of the record-winning features are its size and its tunnelling speed", said Alfonso Toto, chairman of the management board and manging director of Toto Costruzioni Generali during the first breakthrough celebrations in the construction of the Sparvo Tunnel at the end of July. The Herrenknecht Earth Pressure Balance Shield with the world-record diameter (15.55m) did not even need 12 months for the construction of the 2,413 meter long tunnel. The tunnel provides space for two lanes in each tube with a hard shoulder each. With the TBM Martina, Herrenknecht set new standards for tunnel boring machines with respect to the equipment for specially gaseous soils.

SPARVO | ITALY

PROJECT DATA	CONTRACTOR
S-574, EPB Shield Drilling diameter: 15,615mm Installed power: 12,000kW Tunnel length: 2,494m Geology: clay, argillaceous slate and sandstone	TOTO Costruzioni Generali S.p.A.

Herrenknecht AG
D-77963 Schwanau
Phone +49 7824 302-0
Fax +49 7824 3403
marketing@herrenknecht.com

www.herrenknecht.com

HERRENKNECHT
Tunnelling Systems

tunnel 7/12

Offizielles Organ der STUVA
www.stuva.de

Tunnelquerschnitt des Liefkenshoek-Tunnels im Bereich der Querschläge mit Vereisung, Seite 13ff.

Tunnel cross-section of the Liefkenshoek Tunnel at the cross-passages with ground freezing, see pp13.

Title

Hochmechanisierter konventioneller Vortrieb – Rohtang Pass Highway Tunnel, Indien

Highly mechanized conventional heading installation – Rohtang Pass Highway Tunnel, India

(Photo: Rowa Tunnelling Logistics AG)

Aktuelles / Topical News 2

Hauptbeiträge / Main Articles

Minimierung des Bohrkopfverschleißes an EPB-Tunnelbohrmaschinen 17
Reducing the Cutterhead Wear at EPB Tunnel Boring Machines
Desiree Willis

Metro Cityringen Kopenhagen: Innovatives Grundwassermanagement 26
Metro Cityringen Copenhagen: Innovative Groundwater Management
Helena Demel, H. Koers, T. Röder

Alpine Tunnelbauerfahrung für hochmechanisierten konventionellen Vortrieb im Himalaja 36
Application of Alpine Tunnelling Experience for Highly Mechanized Conventional Heading in the Himalaya
A. Belloli, J. Wenk

STUVA-Nachrichten / STUVA News 44

Baumaschinen / Construction Equipment

Solevereisung für Querstollen im Tunnel Liefkenshoek 49
Brine Freezing for Cross-Passages in the Liefkenshoek Tunnel

Spezielle Anbaufräsen für komplexes Tunnelprojekt 50
Special Cutting Units for a complex Tunnel Project

Spritzbeton / Shotcrete

Citytunnel Waidhofen/Ybbs 52

Buchbesprechung / Book Review

Festlegung des verringerten Versinterungspotentials für die Tunnelentwässerung 53
Established reduced Sintering Potential for Tunnel Drainage

Informationen / Information

Veranstaltungen 55
Events

Inserentenverzeichnis 56
Advertising list

Impressum 56
Imprint

Schweiz

Umfahrung Küblis: Tunnel über 60 % ausgebrochen

Das Vorhaben Umfahrung Küblis gehört zum Projekt Dalvazza-Selfranga. Zuerst wurde 2005 die Umfahrung Klosters und danach 2011 die Umfahrung Saas in Betrieb genommen; als Dritte wird jetzt die 3.350 m lange Umfahrung Küblis zwischen Delvazza und Prada im Kanton Graubünden gebaut, um den Ort vom Durchgangsverkehr zu entlasten; dabei beträgt der Tunnelanteil 73 %. Der Küblistunnel beginnt im Westen von Dalvazza, unterquert die Trasse der Rhätischen Bahn (RhB). Den Felsrücken Parsaura und die Sohle des Schanielatobels und mündet im Bereich Prada in die Straßenanlagen Richtung Klosters. Dabei steigt der Tunnel bis zum Ostportal um über 4 % und die größte Gebirgsüberdeckung beträgt 140 m.

Derzeit wird der 2.266 m lange Küblistunnel gebaut und talwärts im Abstand von 30 m ein 2.070 m langer Sicherheitsstollen mit lichter Breite und Höhe von 2,80 m und etwa alle 250 m durch Querstollen mit dem Tunnel verbunden. Der Tunnel mit 2 Fahrspuren im Gegenverkehr, beidseitig 1,40 m breiten Randwegen und Ausstellbuchten hat ein 5,70 m hohes Hufeisenprofil mit Lüftungskanal von 15 m² für die Luftabsaugung im Brandfall oberhalb der Zwischendecke. An beiden Portalen befinden sich Lüftungszentralen.

Tunnel und Sicherheitsstollen werden im Fels im Sprengvortrieb – der Tunnel mit Kalottenvortrieb, Strossenabbau und Sohleneinbau – mit stahlfaserbewehrtem Nassspritzbeton zur Gebirgssicherung aufgefahren, in Lockergesteinsstrecken in Dalvazza und Prada im Tagbau und bei der Querung des Schanielabaches unter einer Stahlbetonplatte, die wegen der sehr geringen Überdeckung in Deckelbauweise erstellt wurde. Das Ausbruchmaterial gelangt nach Aufbereitung über Förderband zur Deponie (rd. 0,5 Mio. m³) ins Schanielatobel.

Mit dem Bau des Küblistunnels wurde Ende September 2010 begonnen; nach dem derzeitigen Stand der Bauarbeiten – über 60 % der Tunnelröhre und des Sicherheitsstollens sind bereits ausgebrochen – soll der Durchschlag 2013 erreicht und die Umfahrung Küblis wie geplant 2016 in Betrieb genommen werden. Die Gesamtaufwendungen für das Projekt Umfahrung Küblis erfordern 210 Mio. CHF (130 Mio. EUR), davon 82 % für den Küblistunnel und den Sicherheitsstollen.

G.B.

Literatur / References
[1] Küblistunnel für Ortsumfahrung. Tunnel 2/2008, p. 8
[2] Küblistunnel: Sprengvortrieb mit Erschütterungsmessung. Tunnel 7/2009. pp. 10-11
[3] Umfahrung von Küblis: Tunnelanschlag. Tunnel 3/2011, p. 14

Switzerland

Küblis Bypass: More than 60 % of Tunnel excavated

The Küblis Bypass scheme belongs to the Dalvazza-Selfranga project. Firstly the Klosters Bypass was opened in 2005 and then the Saas Bypass in 2011; now the 3,350 m long Küblis Bypass between Dalvazza and Prada in the Canton of Graubünden is being produced to relieve the town of through traffic. 73 % of the route will be tunnelled. The Küblis Tunnel starts in the west of Dalvazza, passing beneath the Rhaetian Railway (RhB) route. It runs through the Parsaura ridge and the floor of the Schanielatobel before linking up with the road system towards Klosters. In the process the tunnel rises by more than 4 % towards the east portal with the greatest rock overburden amounting to 140 m.

At present the 2,266 m long Küblis Tunnel is being produced along with a 2,070 m long safety tunnel towards the valley at a gap of 30 m with a clear height and width of 2.80 m joined up to the tunnel every 250 m by lateral passages. The tunnel is equipped for 2-way traffic, 1.40 m hard shoulders at each side and lay-bys. It possesses a 5.70 m high horseshoe profile with 15 m² ventilation duct above the intermediate ceiling for extracting air in the event of fire. Ventilation control centres are set up at both portals.

The tunnel and safety tunnel are driven by drill+blast through the rock – the tunnel with a crown drive, bench removal and installation of the floor - with steel fibre reinforced wet shotcrete to secure the rock. Cut-and-cover is applied in soft ground sections at Dalvazza and Prada and work is undertaken beneath a reinforced concrete plate to cross the Schanielabach, which was produced by dig-and-cast on account of the extremely shallow overburden. After preparation, the excavated material is transferred via belt conveyor to the dump (roughly 0.5 million m³) in the Schanielatobel.

Work on the Küblis Tunnel commenced at the end of September 2010. In accordance with the latest state of construction – more than 60 % of the tunnel bore and the safety tunnel has been excavated – the breakthrough is planned for 2013 and the Küblis Bypass will be opened as scheduled in 2016. A total of 210 million CHF (130 million euros) has been earmarked for the Küblis Bypass project – with 82 % accounted for by the Küblis Tunnel and the safety tunnel. G.B.

Schweiz

Südumfahrung Visp: Tunnel Eyholz

Die Umfahrung ist ein wichtiges Teilstück der zukünftigen von Lausanne bis Brig-Glis durchgehenden richtungsgetrennten Nationalstr. A9 im Kanton Wallis; von den 8,8 km sind rd. 7 km Tunnelbauwerke einschließlich 5 unterirdische Verzweigungsbauwerke: der 4,2 km lange Tunnel Eyholz, der bereits zu einem großen Teil ausgebrochen ist, und der 3,2 km lange Tunnel Visp, der 2012 begonnen werden soll, wobei der seit 1996 in Betrieb stehende Vispertaltunnel zur Südröhre des Tunnels Visp ausgebaut wird.

Der Tunnel Eyholz besteht aus 2 Röhren im Abstand von rd. 30 m bei maximal 820 m Überdeckung. Je nach geologischen Verhältnissen haben die beiden Tunnelröhren je einen Ausbruchquerschnitt von rd. 110 bis 130 m² entweder in Hufeisenform oder zum Ring geschlossen; darin ist Raum für 2 Fahrstreifen mit beidseitig 1 m breiten Randwegen, einen Lüftungskanal von 13 m² für die Luftabsaugung im Brandfall oberhalb der Zwischendecke sowie einen begehbaren Werkleitungskanal (2,90 x 2,00 m) in der Sohle. An beiden Portalen befinden sich Lüftungszentralen. Die unterirdischen Verzweigungen sind rd. 280 m (Nordröhre: Ausfahrt) und 445 m (Südröhre: Einfahrt) lang.

In der Lockergesteinsstrecke wurde teilweise im Schutze von Rohrschirmen und Sicherung der Ortsbrust mit 20 m langen Lamellenankern (GFK) und Versiegelung mit Stahlfaserspritzbeton gearbeitet sowie im Bereich des Hangfußes mit Jet-Grouting.

Im Frühjahr 2012 waren die Vortriebe abgeschlossen; nach Ausführung der Ausbauarbeiten ist die Inbetriebnahme des Tunnels Eyholz für 2015 vorgesehen und die des Tunnels Visp voraussichtlich 2019. Die Kosten für den Tunnel Eyholz sind mit 700 Mio. CHF (580 Mio. EUR) veranschlagt. G.B.

Literatur / References

[1] Schneider, A.; Tanner, S.: A9 Umfahrung Visp – Anspruchsvolle Tunnelvortriebe im Lockergestein und Fels. Swiss Tunnel 2008, pp. 59-66, Tunnel 2/2009, pp. 48-50

[2] Guirguis, Ph.: Stahlfaserspritzbeton im Tunnelbau. Stand der Technik und Beispiele. Tunnel 7/2011, pp. 20 – 30; Tunnel Eyholz pp. 28-30

Switzerland

Visp South Bypass: Eyholz Tunnel

The bypass represents an important part-section of the future A9 national highway in the Canton of Valais leading from Lausanne to Brig-Glis with directionally separated traffic. Some 7 of the total 8.8 km are tunnels including 5 underground branch structures: the 4.2 km long Eyholz Tunnel, which has largely been excavated, and the 3.2 km long Visp Tunnel, which is to be embarked on in 2012 – with the Vispertal Tunnel, which has been in service since 1996 being developed to form the southern bore of the Visp Tunnel.

The Eyholz Tunnel comprises 2 bores set some 30 m apart with maximum overburden of 820 m. Depending on the geological conditions the 2 tunnel bores each have an excavated cross-section of roughly 110 to 130 m² either with a horseshoe or circular shape. This provides room for 2 lanes with 1 m wide shoulders at both sides, a 13 m³ ventilation duct for removing air in the event of fire above the intermediate ceiling as well as an accessible service duct (2.90 x 2.00 m) in the floor. Ventilation centres are set up at both portals. The underground forks are some 280 m long (northern bore: exit) and 445 m long (southern bore: access).

In the soft ground section work in part progressed protected by pipe umbrellas and the face was secured by means of 20 m long laminated anchors (GFK) and sealed by steel fibre shotcrete with jet grouting applied at the foot of the slope.

The drives were concluded in spring 2012. Once the development work is completed it is intended to commission the Eyholz Tunnel in 2015 with the Visp Tunnel following in 2019. 700 million CHF (580 million euros) has been earmarked for producing the Eyholz Tunnel. G.B.

LANZ – die sichere Kabelführung für Metro-, Bahn- und Strassentunnel zu international konkurrenzfähigen Preisen:

LANZ Produkte für den Tunnelbau sind 3-fach geprüft
1. auf Erdbebensicherheit SIA 261 Eurocode 8 (EMPA)
2. auf Schocksicherheit 1 bar Basisschutz (ACS Spiez)
3. auf Funktionserhalt im Brandfall 90 Minuten (Erwitte)

Für die Kabelführung in Tunnel 3-fach geprüft sind:
- die LANZ G-Kanäle für kleine und mittlere Kabelmengen. Schraubenlos montierbar. Stahl PE-beschichtet und Stahl A4
- die LANZ Weitspann-Multibahnen (Kabelleiter nach IEC 61537). Für grosse Kabelmengen, hohe Belastung und weite Stützabstände. Stahl tauchfeuerverzinkt und Stahl rostfrei A4 WN 1.4571 und 1.4539
- die LANZ MULTIFIX C-Profilschienen mit eingerollter 5-mm-Verzahnung zur Befestigung u. a. von Rohren, Leuchten, Schildern.

Für die Stromversorgung in Tunnel 3-fach geprüft sind:
- die LANZ HE Stromschienen/Schienenverteiler IP 68 400–6000 A. 4-, 5- und 6-Leiter Alu und CU. Korrosionsfest giessharzvergossen.

Risiken vermeiden. Sicherheit erhöhen. LANZ montieren.

Rufen Sie LANZ an für Referenzen, Beratung, Muster und Offerten:
lanz oensingen ag CH-4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com

Schweiz

Weinbergtunnel Zürich: Einbau der Bahntechnik

Der rd. 4,8 km lange, zweigleisige Weinbergtunnel Zürich ist außer dem unterirdischen Durchgangsbahnhof Löwenstraße das Kernstück des SBB-Projektes Durchmesserlinie (DML), die den Züricher Hauptbahnhof mit dem Bahnhof Oerlikon verbinden wird. Er wurde auf der rd. 4,38 km langen Hartgesteinsstrecke mit einer Tunnelbohrmaschine aufgefahren, die für den letzten Abschnitt bis zum Zielschacht im Züricher Hauptbahnhof zum Mixschild (S-451 Herrenknecht AG) mit 11,24 m Durchmesser umbauen musste.

Nach dem Tunneldurchschlag Ende 2012 und Fertigstellung der Rohbauarbeiten werden seit Juli 2012 im Weinbergtunnel zwischen dem neuen unterirdischen Durchgangsbahnhof Löwenstraße und dem Bahneinschnitt Oerlikon sowie im parallelen Flucht- und Rettungsstollen die bahntechnischen Anlagen eingebaut.

Das Hauptbaulos für die bahntechnischen Arbeiten an der neuen Bahnstrecke wurde 2011 an die Arge Bahntechnik DML aus Rhomberg Bau AG, St. Gallen (federführend), Implenia Bau AG, Wallisellen, und Cablex AG, Ostermundigen, vergeben.

Zu den Hauptarbeiten gehören der Einbau des Masse-Feder-Systems im Gleisunterbau zum Verringern der Erschütterungen durchfahrender Züge, der gesamten Gleisanlagen in Fester Fahrbahn (Typ Low Vibration Track), die aus Betonblöcken mit Gummischuhen besteht, der Elektro- und Telekommunikationstechnik und verschiedener Sicherheitsinstallationen, wie eine Löschwasserleitung, beidseitig Handläufe, die Türen zum Flucht- und Rettungsstollen und die Fluchtstollenbelüftung. Begonnen wurde mit dem Bau einer Löschwasserleitung und dem Verlegen von Kabeln. Ab Anfang 2013 folgt dann der Einbau der Festen Fahrbahn. Bis Ende 2013 sollen alle bahntechnischen Anlagen eingebaut sein. Die Inbetriebnahme der DML ist im Juni 2014 vorgesehen. G.B.

Literatur / References
[1] Durchschlag am Weinbergtunnel in Zürich. Tunnel 2/2011, pp. 5 – 6
[2] Durchmesserlinie Zürich: Weinbergtunnel – Limmatquerung. Tunnel 5/2010, p. 3
[3] Finanzierung zur Durchmesserlinie Zürich. Tunnel 4/2009, p. 2 und 3/2010, pp. 6 – 7
[4] Börker, M.; Ceriani, M.; Moser, S.: Weinbergtunnel Zürich: Alle Vortriebe laufen. Tunnel 5/2009, pp. 10 – 17 und pp. 59 – 61
[5] Börker, M.; Ritzenthaler, U.; Zabel, T.: Weinbergtunnel: Zentraler Abschnitt der Durchmesserlinie Zürich. Tunnel 4/2008, pp. 59 – 71

Switzerland

Zurich Weinberg Tunnel: Installing the Rail Technology

Along with the underground through station – Löwenstraße – the roughly 4.8 km long, twin-track Weinberg Tunnel in Zurich forms the core of the SBB Zurich Cross Rail (DML) project, which connects Zurich Central Station with Oerlikon Station. The approx. 4.38 km long hard rock stretch was driven using a tunnel boring machine, which had to be converted to a Mix-shield (Herrenknecht S-451) for the final section leading to the target shaft at Zurich Central.

After the tunnel was broken through at the end of 2010 and completion of the roughwork operations, work has concentrated on installing the rail technical equipment in the Weinberg Tunnel since July 2012 between the new Löwenstraße underground station and the Oerlikon railway cutting as well as in the parallel evacuation and rescue tunnel.

The main contract section for the rail engineering activities on the new rail link was awarded to the Bahntechnik DML joint venture consisting of Rhomberg Bau AG, St. Gallen (responsible), Implenia Bau AG, Wallisellen and Cablex AG, Ostermundigen.

The main operations include the installation of the mass-spring system for the track substructure to reduce vibrations caused by passing trains, the complete track facilities in solid slab form (low vibration track), which comprise concrete blocks with rubber shoes, the electrical and telecommunications technology and various safety installations such as an extinguishing water pipeline, handrails at both sides, the doors for the evacuation and rescue tunnel ands the evacuation tunnel ventilation. Work has started on producing an extinguishing water pipeline and laying cables. As from early 2013, the solid slab track will be laid. By the end of 2013 it is intended to have the rail engineering facilities installed. The DML is due to start operating in June 2014. G.B.

Schweiz

Sanierung des Simplontunnels

Der 19,80 km lange Simplontunnel zwischen Brig/CH und Iselle/I hat zwei eingleisige Röhren, die mit 46 Querschlägen im Abstand von rd. 500 m miteinander verbunden sind, und zwei Weichenverbindungen in Tunnelmitte, die einen Gleiswechsel von einer in die andere Tunnelröhre ermöglichen. Er liegt etwa je zur Hälfte in Italien und der Schweiz und dient sowohl dem Personen- als auch dem Güterverkehr. Der 1906 bis 1922 erbaute Tunnel, seinerzeit der längste Eisenbahntunnel der Welt und auf den neuesten Stand, entspricht nicht mehr den heutigen Anforderungen an Sicherheit und Technik. Deshalb werden die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) den Simplontunnel umfangreich sanieren; dafür sollen ab März 2012 bis 2015 in verschiedenen Arbeitsschritten und abschnittsweise rd. 170 Mio. CHF /rd. 140 Mio. EUR) investiert werden.

Um die Selbstrettung sicherzustellen, werden in beiden Tunnelröhren für die Gehwege Handläufe, Notbeleuchtung und Fluchtwegbeschilderungen eingebaut. Außerdem werden die Querschläge zwischen beiden Tunnelröhren mit neuen Abschlusstoren und Beleuchtung versehen, sowie drei zusätzliche Querschläge gebaut. Die Entwässerung und der Gleisoberbau werden teilweise erneuert, so die Weichen im Gleiswechselbereich und auch das Stellwerk in Tunnelmitte. Die Hochspannungskabel werden ausgetauscht und in Kabelblöcken verlegt, gegebenenfalls werden auch noch Folgeschäden aus dem Brand im Simplontunnel 2011 beseitigt.

Während der gesamten Bauzeit wird jeweils eine Hälfte der beiden Tunnelröhren gesperrt, teilweise sogar die ganze Länge einer Tunnelröhre bei eingleisigem Betrieb zwischen Brig und Iselle. G.B.

Literatur / References
[1] Brand im Simplontunnel: Neuartige Sanierung und Ursachenerkundung. Tunnel 2/2012, pp. 55 – 58
[2] Jordi, R.; Chabot, J.D.: Tunnelerhaltung und -erneuerung bei der SBB. Vortrag am 14.09.2011, IUT 2011, pp. 32 – 40
[3] Mehr Sicherheit im Simplontunnel. Tunnel 6/2007, p. 7

Switzerland

Redeveloping the Simplon Tunnel

The 19.80 km long Simplon Tunnel between Brig/CH and Iselle/I possesses 2 single-track bores, which are connected by 46 cross-passages set roughly 500 m apart and 2 sets of points in the middle of the tunnel, which enable changeovers to be made from the one bore to the other. Roughly one half of the tunnel is located in Italy, the other in Switzerland and it is used by both goods and passenger trains. The tunnel was built between 1906 and 1922. It was at one time the world's longest tunnel and technically up-to-date. Now it no longer complies with current safety and technical standards. As a result the Swiss Federal Railways (SBB) intend redeveloping the Simplon Tunnel extensively. Between March 2012 and 2015 around 170 million CHF (some 140 million euros) will be invested in various working stages.

Handrails, emergency lighting and evacuation route signs will be installed in both bores to safeguard self-rescue. In addition, the cross-passages between the 2 tunnel bores will be provided with new closing gates and lighting and 3 extra cross-passages constructed. The drainage and the track superstructure will be partially renovated as well as the sets of points in the track changeover zone and the control centre in the middle of the tunnel. The high-voltage cables will be replaced and laid in cable blocks; if necessary damage resulting from the fire in the Simplon Tunnel in 2011 will be rectified.

During the complete construction phase, at least part of if not the whole of one of the tunnel tubes will be closed with single-track services operating between Brig and Iselle. G.B.

Sie messen sich täglich mit den Besten.
Zeit, dass wir Sie dafür auszeichnen!

TIEFBAU. HOCHBAU. INGENIEURBAU. STRASSENBAU

tHIS

Das Fachmagazin für erfolgreiches Bauen

reddot design award

product design

Das Fachmagazin tHIS und das Designzentrum NRW vergeben gemeinsam den reddot design award in folgenden Kategorien:

› Baumaschinen
› Anbaugeräte und Zubehör
› Baunutzfahrzeuge
› Baugeräte und Werkzeuge

Anmeldeunterlagen unter: www.red-dot.de/Anmeldung

Österreich

Brenner Basistunnel: Fensterstollen Ampass

Nach dem Bau des 1,8 km langen Fensterstollens Mauls wird derzeit an den Fensterstollen Wolf und Ahrental (2,4 km) gearbeitet. Anfang Mai 2012 wurde nun nach umfangreichen Vorarbeiten mit dem Bau des 1,4 km langen Fensterstollens Ampass begonnen; zuvor hatte man den Portalbereich auf etwa 15 m Länge in Deckelbauweise für die Unterquerung der Landstraße L283 errichtet. Wegen seines geringen Ausbruchquerschnitts von etwa 35 m² werden in diesem Fensterstollen 2 Ausweich- und 2 Wendenischen aufgefahren. Die ersten 300 m des Stollens durchqueren Lockergestein, werden deshalb im Baggervortrieb ausgebrochen und mit Spritzbeton und Ankern gesichert. Danach geht es im Sprengvortrieb weiter durch den Innsbrucker Quarzphyllit. G.B.

Literatur / References
[1] Bergmeister, K.: Brenner Basistunnel – Realisierungsstand. Tunnel 2/2011, pp. 18 – 20 und 7/2011, pp. 10 – 15
[2] Bergmeister, K.: Brenner Basistunnel im Bau. Tunnel 1/2012, pp. 18 – 30 und 5/2012, pp. 45 – 47

Austria

Brenner Base Tunnel: Ampass Access Tunnel

Following completion of the 1.8 km long Mauls access tunnel, working is currently forging ahead on the Wolf and Ahrental (2.4 km) access tunnels. After lengthy preparations, work commenced on the 1.4 km long Ampass access tunnel at the beginning of May 2012. Prior to this the portal zone was produced by dig-and-cast for undertunnelling the L283 highway. Two lay-bys and 2 turning recesses were driven on account of the small excavated cross-section. The first 300 m of the tunnel penetrates soft ground, which was consequently tackled by excavators and secured by shotcrete and anchors. Then drill+blast is applied to negotiated Innsbruck quartz phyllite. G.B.

Österreich

Umfahrung St. Pölten: Anschlag Pummersdorfer Tunnel

Der 3.485 m lange, zweigleisige Pummersdorfer Tunnel wird als letzter bergmännisch im Sprengvortrieb im Zuge des viergleisigen Ausbaus der Westbahn zwischen Wien und Linz aufgefahren, in den Portalbereichen in offener Bauweise. Der Tunnel verläuft etwa 500 m hinter der Anschlussstelle St. Pölten bis nach Föllerndorf. Den Auftrag dazu erteilte die ÖBB der Bauunternehmung Alpine. Die Investitionskosten für den Tunnel und einen 12,5 km langen Streckenabschnitt werden 75 Mio. EUR betragen. Der einröhrige Tunnel wurde Ende Juni 2012 angeschlagen, erhält eine unbewehrte Ortbetoninnenschale und sechs Notausgänge. Er soll bis Ende 2014 fertig gestellt sein und die insgesamt 22 km lange Umfahrung St. Pölten 2017 in Betrieb genommen werden; dann wird der Hauptbahnhof St. Pölten durch die Umfahrung vom Güterverkehr entlastet. G.B.

Austria

St. Pölten Bypass: Work starts on Pummersdorf Tunnel

The 3,485 m long, twin-track Pummersdorf Tunnel is the last one to be tackled by mining means via drill+blast as part of upgrading the western route (Westbahn) forming 4 tracks between Vienna and Linz. Cut-and-cover is applied in the portal zones. The tunnel runs from roughly some 500 m behind the St. Pölten junction to Föllerndorf. The ÖBB commissioned the Alpine construction company to carry out the project. The investment costs for the tunnel and a 12.5 km long connecting section will amount to 75 million euros.

The single-bore tunnel was started on in June 2012 and will be provided with an unreinforced in situ inner shell and 6 emergency exits. It is scheduled to be completed by late 2014 so that the altogether 22 km long St. Pölten Bypass can become operational in 2017. This will result in St. Pölten Central Station being relieved of goods traffic. G.B.

Literatur / References
Neubaustrecke Wien-St. Pölten gut im Plan. Tunnel 1/2006, p. 2

Österreich

Lainzer Tunnel: Bauarbeiten abgeschlossen

Der 12,8 km lange, zweigleisige Lainzer Tunnel ist das Kernstück der Verbindungsstrecke zwischen West-, Süd- und Donauländebahn in Wien und dient als Zubringer zum Wiener Hauptbahnhof. Die Tunnelstrecke beginnt beim Bahnhof Wien-Hadersdorf der Westbahn; dort entsteht auch ein Verknüpfungsbauwerk zur neuen Hochleistungsstrecke nach St. Pölten. Die Tunnelstrecke läuft im Westen Wiens unterhalb des Lainzer Tiergartens in Speising nahe der bestehenden Verbindungsbahn und mündet vom Bahnhof Wien-Meidling in die Südbahnstrecke und in Altmannsdorf in die Donauländebahn.

Der Tunnel wurde von zwei Startschächten aus jeweils in beiden Richtungen bergmännisch im Sprengvortrieb (25 m^2) aufgefahren und hat eine 50 cm dicke, wasserdichte, bewehrte Ortbetoninnenschale; eingebaut wurde selbstverdichtender Beton mit PP-Fasern zur Verbesserung des Brandwiderstandes. Der Tunnel bietet mit 28 Sicherheitsausstiegen, beidseitigen Löschwasserleitungen mit Entnahmestellen und beleuchtetem Handlauf auf den Fluchtwegen ein hohes Maß an Sicherheit.

Die Lage des Tunnels im städtischen Gebiet erfordert ein hohes Maß an Bürgerbeteiligung (Anrainerverfahren). Über die Hälfte der rd. 3 Mio. m^3 Ausbruchmaterial wurde mit der Bahn abgefahren, um die Belastung des städtischen Verkehrs zu verringern.

Nach Baubeginn 1999 sind jetzt die Bauarbeiten abgeschlossen. Nach Probefahrten wird der Lainzer Tunnel gemeinsam mit der Neubaustrecke Wien-St. Pölten Ende 2012 für den Güterverkehr in Betrieb genommen. Der Personenverkehr folgt Ende 2014 mit der Eröffnung des Wiener Hauptbahnhofs. In dieses Projekt wurden gemäß Rahmenplanung rd. 1,3 Mrd. EUR investiert. G.B.

Austria

Lainzer Tunnel: Construction Work concluded

The 12.8 km long, twin-track Lainzer Tunnel represents the core of the link between the western, southern and DanubeLand lines in Vienna and serves to access Vienna Central Station. The tunnel as such begins at Vienna-Hadersdorf Station on the western route; a connecting structure is being set up there for the new high-speed route to St. Pölten. The tunnel stretch runs through the west of Vienna beneath the Lainzer Tiergarten in Speising close to the existing junction line and links up with the southern line at Vienna-Meidling Station and with the DanubeLand route at Altmansdorf.

The tunnel was driven from 2 starting shafts in both directions employing mining means by drill+blast (25 m^2) – and possesses a 50 cm thick, watertight, reinforced in situ concrete inner shell; self-compacting concrete with PP fibres was installed to improve fire resistance. The tunnel offers a high degree of safety with 28 safety exits, extinguishing water lines with extraction points at both sides and illuminated handrails along the evacuation paths.

The tunnel's urban location calls for a high amount of involvement by local citizens (residential proceedings). More than the half of the roughly 3 million m^3 of excavated materials was removed by rail in order to reduce the impact on road traffic.

Work on the scheme started in 1999 and has now been concluded. After trial runs, the Lainzer Tunnel together with the new Vienna-St. Pölten route will be open for goods service at the end of 2012. Passenger services will follow in late 2014 when the new Vienna Central Station is to be opened. Some 1.3 billion euros was invested in this project in keeping with the scope of planning. G.B.

Literatur / References
[1] Lainzer Tunnel: Innenschale aus brandbeständigem, wasserdichtem selbstverdichtendem Beton, Tunnel 5/2010, pp. 4 – 5
[2] Lainzer Tunnel durchschlagen. Tunnel 8/2008, p. 5
[3] Spezial-Tunnelausbauprodukte für den Lainzer Tunnel, Wien/A. Tunnel 5/2007, pp. 56-57
[4] Mobile Schalungen im Lainzer Tunnel. Tunnel 6/2005, pp. 66-67

Azerbaijan

Baku International Congress 2012

Nicht erst seit dem Eurovision Song Contest ist Baku ein Begriff, sondern vor allem weil die Region und damit auch Azerbaijan eine beeindruckende wirtschaftliche Entwicklung aufweisen kann. Mehr als 300 Fachleute aus dem In- und Ausland trafen sich am 10. und 11. September 2012 in der quirligen Hauptstadt Azerbaijans, um anlässlich des ersten Internationalen Congresses „Tunnelling and Underground Infrastructure in Urban Areas" fast 40 Vorträgen und Reden zuzuhören. Begleitet wurde die Veranstaltung von einer Ausstellung mit über 25 Firmen, die besonders in den Vortragspausen gut besucht war.

In seiner Begrüßungsansprache umriss Shaig Efendiyev, Vorsitzender von Azer Tunnel-Metro Tikinti JSC und Präsident der Azerbaijan Tunneling Association, die Rahmenbedingungen für den Tunnelbau in Azerbaijan. Aufgrund des starken Anstiegs an Fläche und Bevölkerung entwickelt sich Baku zu einer Metropole mit einer modernen Infrastruktur. Wachsende Beschäftigung und damit verbundener Wohlstand sowie steigende Beliebtheit bei Touristen führen zu einer notwendigen Verbesserung der Infrastruktur der Metropole am Kaspischen Meer. Um den ausufernden Verkehrsstaus entgegenzuwirken, wurden und werden die Hauptzugangsstraßen ausgebaut und neue Umgehungsstraßen, Kreisverkehre und Tunnel geplant und gebaut. Dazu wurden von der Regierung 2 Programme ins Leben gerufen: Das Programm zur Entwicklung der Metro

Azerbaijan

Baku International Congress 2012

volving more than 25 companies, which turned out to be particularly popular during the breaks.

In a welcoming address Shaig Efendiyev, the chairman of Azertunel/Metro Tikinti JSC and president of the Azerbaijan Tunneling Association, outlined the general conditions for tunnelling in Azerbaijan.

On account of the rapid increase in area and population Baku is developing into a metropolis with a modern infrastructure. Growing employment and in turn, prosperity as well as the ability to attract more and more tourists lead to a need to improve the infrastructure of the

Baku did not simply come into the news on account of the European Song Contest. It was making the headlines before that on account of the impressive economic development enjoyed by the region and Azerbaijan as a whole. More than 300 experts from home and abroad came together on September 10 and 11, 2012 in Azerbaijan's lively capital to witness around 40 lectures and speeches during the first International Congress on "Tunnelling and Underground Infrastructure in Urban Areas". The event was backed up by an exhibition in-

city on the Caspian Sea. The main access roads have been or are being developed and new bypass routes, roundabouts and tunnels planned and constructed. The government has introduced 2 programmes towards this end: the programme to develop the Baku Metro 2011 till 2015 and the development scheme for Baku's Metro lines. The international conference organised by Azertunel/Metro Tikinti JSC and the Azerbaijan Tunneling Association with ITA backing represents an important milestone in this respect.

Baku 2011 bis 2015 und das Entwicklungskonzept für die Metrolinien Bakus. Die Internationale Konferenz, organisiert von AzerTunel/Metro Tikinti JSC und der Azerbaijan Tunneling Association mit Unterstützung der ITA ist dabei ein wichtiger Meilenstein.

Prof. In-Mo Lee (Präsident der ITA) unterstützte dabei die Veranstaltung ebenso mit einem Vortrag wie Olivier Vion (Executive Director ITA-AITES), Dr. Martin Herrenknecht (Vorstandsvorsitzender Herrenknecht AG) oder Rick Lovat (Präsident L2 Advisors Inc.), um nur einige wenige der zahlreichen bekannten nationalen und internationalen Referenten zu nennen.

Abgeschlossen wurde die zweitägige Veranstaltung mit einem Seminar der Azerbaijan University of Architecture and Construction für Studenten zum Thema „Urban Tunnel Construction" am 12. September 2012. Hier wurden neue Tunnelbaumethoden ebenso vermittelt wie neueste Technologien beim unterirdischen Bauen. Ausserdem wurden Erfahrungen beim unterirdischen Bauen in verschiedenen europäischen Städten vermittelt. Als Referenten standen Fachleute und Professoren aus Industrie und Bauunternehmen verschiedener Länder zur Verfügung.

R.H.

Prof. In-Mo Lee (ITA president) provided a paper at the event as well as Olivier Vion (ITA-AITES executive director), Dr. Martin Herrenknecht (chairman of the board Herrenknecht AG) or Rick Lovat (president L2 Advisors Inc.) – to mention just a few of the many well-known national and international speakers present.

The 2-day event wound up with a seminar on September 12, 2012 by the Azerbaijan University of Architecture and Construction for students dealing with "Urban Tunnel Construction". New tunnelling methods were presented here along with the latest technologies applied in underground construction. In addition, experiences gained in underground

construction in various European cities were put forward. Experts and professors from industry and construction companies from a number of countries were available to present papers.

R.H.

Deutschland

Neuer Bebenrothtunnel: Ortbetoninnenschale mit besonderem Zement

Unmittelbar neben dem alten 935 m langen, zweigleisigen Bebenrothtunnel (1872/75) bei Witzenhausen zwischen den Bahnhöfen Oberrieden und Eichenberg auf der Bahnstrecke Frankfurt/Main-Fulda-Bebra-Göttingen entsteht ein neuer 1030 m langer, eingleisiger Tunnel. Nach Fertigstellung desselben Ende 2012 wird der alte Tunnel erneuert, so dass ab 2016 dann die Züge durch 2 eingleisige Tunnelröhren fahren, und zwar durch den erneuerten alten und den neuen Bebenrothtunnel, die beide durch einen Flucht- und Rettungsstollen verbunden werden. Die Investitionen betragen insgesamt rd. 68 Mio. EUR.

Nach Anschlag im Juli 2010 beim Nordportal und bergmännischem Vortrieb mit bewehrtem Spritzbeton (25/35 cm; C25/30) war der Durchschlag im März 2011. Danach folgte der Ausbau mit Ausführung der Tunnelinnenschale (17.600 m^3; C25/30), wobei ein neuartiger Zement (CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R-AZ) mit Anwendungszulassung im Einzelfall und erstmals im Tunnelbau verwendet wurde. Mit diesem Portlandkompositzement, in dem die Zusatzstoffe Steinkohlenflugasche und Kalksteinmehl enthalten sind, hat man die geforderte Ausschalfestigkeit (3 bis 7 N/mm^2 nach 12 Stunden) bei gleichzeitig

Germany

New Bebenroth Tunnel: In Situ Concrete Inner Shell with special Cement

A new, 1,030 m long single-track tunnel is being produced directly alongside the existing 935 m long, twin-track Bebenroth Tunnel (1872/75) at Witzenhausen between Oberrieden and Eichenberg stations on the Frankfurt/Main-Fulda-Bebra-Göttingen rail route. After completion at the end of 2012, the old tunnel is to be renovated in order to enable trains to run through 2 single-track bores – the upgraded old and the new Bebenroth tunnels, which are linked by an evacuation and rescue gallery. Investments will total some 68 million euros.

Following the start-up in July 2010 at the north portal and driving by mining means with reinforced shotcrete (25/35 cm; C25/30), the breakthrough took place in March 2011. Then supporting was undertaken with the execution of the tunnel inner shell (17,600 m^3; C25/30) with a novel cement (CEM II/B-M (V-LL) 32.5 R-AZ) with individual approval being applied for the first time in tunnelling. This Portland composite cement containing hard coal fly ash and limestone powder attained the required stripping strength (3 to 7 N/mm^2 after 12 hours) given low hydration heat development. A 10 m long vault block was produced daily with roughly 100 m^3 of cement using a formwork carriage. Depending on the varying geolo-

niedriger Hydratationswärmeentwicklung erreicht. Mit Schalwagen wurde täglich mit etwa 100 m³ Beton ein 10 m langer Gewölbeblock erstellt; dabei betrugen die Stahlbeton-Innenschalendicken in Abhängigkeit von den unterschiedlichen geologischen Verhältnissen 35 bis 40 cm. Der für die Innenschale (Gewölbe) verwendete Beton zeichnet sich durch ein gutes Arbeitsverhalten (Konsistenzhaltung, Zusammenhaltevermögen, geringe Entmischungsneigung und geringe Wasserabsonderung) und ausreichend hohe Ausschalfestigkeit aus. G.B.

gical conditions the reinforced concrete inner shell thicknesses veered from 35 to 40 cm. The concrete used for the inner shell (vault) is distinguished by good working properties (consistency behaviour, cohesion capacity, low demixing propensity and low bleeding). G.B.

Literatur / References
[1] Neuer Bebenrothtunnel. Tunnel 1/2011, p. 9
[2] Kranert, W.; Walther, St.; Frankhauser, M.: Neubau des Tunnels Bebenroth; erfolgreicher Einsatz von CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R-AZ für den Ausbau der Tunnelinnenschale. Beton-Informationen 2/2012 (Juli), pp. 15 - 21

Österreich

Semmering-Basistunnel neu: Bau begonnen

Der 27,3 km lange Semmering-Basistunnel neu, der Mürzzuschlag in der Steiermark mit Gloggnitz in Niederösterreich verbindet, ist eines der größten Infrastruktur-Projekte in Europa. Nach Erlangung der Baugenehmigung vor 1 Jahr wurde nun im April 2012 mit dem Bau begonnen. Die ersten baulichen Maßnahmen finden im Portalbereich Gloggnitz statt; dazu gehören außer Bauten für den Hochwasserschutz auch der Bau von mehreren Eisenbahn- und Straßenbrücken sowie Baustellenflächen für die Tunnelvortriebe.

Der neue Semmering-Basistunnel erhält 2 parallele eingleisige Tunnelröhren mit etwa 10 m Durchmesser, die alle 500 m über begehbare Querschläge miteinander verbunden werden. Etwa in Tunnelmitte wird zwischen den beiden Röhren eine Nothaltestelle eingerichtet. Der Tunnel soll über die beiden Portale, Münzzuschlag und Gloggnitz, und 2 Zwischenangriffen im Fröschnitzgraben und Göstritz aufgefahen werden, und zwar im zyklischen (Spritzbetonbauweise) als auch kontinuierlichem (mit TVM) Vortrieb. Der erste Tunnelvortrieb ist 2014 geplant. Dem weitere 2015 und 2016 folgen werden. Die Vortriebsarbeiten sollen bis 2021 abgeschlossen sein; nach Einbau der Tunnelausrüstung wird mit der Inbetriebnahme des neuen Semmering-Basistunnels Ende 2024 gerechnet und insgesamt mit einem Investitionsvolumen von etwa 3,1 Mrd. EUR. G.B.

Literatur / References
[1] Planung für den Semmering-Basistunnel. Tunnel 3/2006, p. 2
[2] Koralm- und Semmering-Basistunnel, Südbahntagung. Tunnel 5/2009, pp. 50-54
[3] Neuer Semmering-Basistunnel: Erkundungsphase abgeschlossen. Tunnel 3/2010, p. 12
[4] Semmering-Basistunnel: Bau genehmigt. Tunnel 7/2011, p. 16

Austria

New Semmering Base Tunnel: Work commences

The 27.3 km long new Semmering Base Tunnel, which will link Mürzzuschlag in Styria with Gloggnitz in Lower Austria, is one of Europe's biggest infrastructure projects. After obtaining permission for building a year ago, work started in April 2012. The first construction activities are taking place at the Gloggnitz portal zone; these include the building of a number of rail and road bridges as well as site yards for the tunnel drives in addition to structures for protection against flooding.

The new Semmering Base Tunnel will be provided with 2 parallel single-track tunnel bores with a diameter of roughly 10 m, which will be linked every 500 m by negotiable cross-passages. An emergency stop will be set up between the 2 bores approx. at the middle of the tunnel. The tunnel is to be driven via the 2 portals, Mürzzuschlag and Gloggnitz – and 2 intermediate points of attack at Fröschnitzgraben and Göstritz – both cyclically (shotcreting) and continuously (TBM). The first tunnel drive is scheduled for 2014. Others will take place in 2015 and 2016. Driving operations are to be completed by 2021. Once the tunnel is furnished, the new Semmering Base Tunnel is planned to become operational in late 2024 involving a total investment of around 3.1 billion euros. G.B.

Belgien

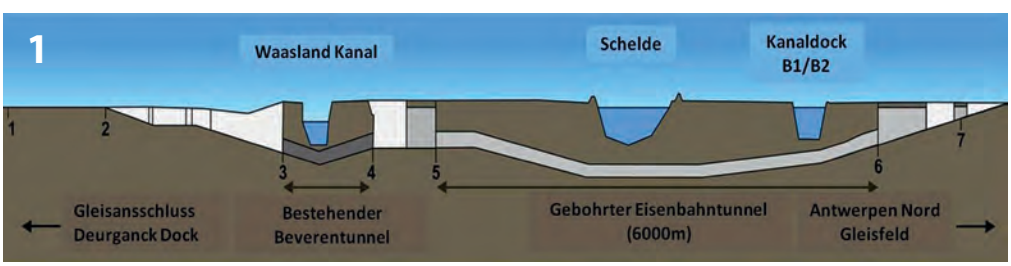
Eisenbahntunnel Liefkenshoek in Antwerpen: Vortrieb beendet

Im Seehafen Antwerpen wird derzeit der rund 6 km lange Liefkenshoek-Tunnel mit 2 eingleisigen Röhren zum Verbinden der beiden Ufer der Schelde gebaut, womit ab 2013 die bestehende Fahrstrecke für täglich über 100 Güterzüge um 22 km kürzer wird. Die Tunnelvortriebe mit Unterquerung der Schelde und des Kanaldocks (Bild 1) sind beendet und mit den Ausbauarbeiten ist begonnen worden.

Über das Projekt „Liefkenshoek Rail Link Project (LHVSV)", eines der größten Infrastrukturprojekte in Belgien, wurde bereits ausführlich berichtet [1,2]. Den Bauauftrag für das Eisenbahnprojekt Liefkenshoek erhielt die belgisch-französisch-deutsche Arbeitsgemeinschaft THV LocoBouw, bestehend aus MBG und CFE/B, BAM CEI-de Meyer/B, Vinci Construction Grands Projets/F und Wayss & Freytag Ingenieurbau AG/D.

Eisenbahntunnel Liefkenshoek

Den Schwerpunkt dieses großen Infrastrukturprojektes bildet der Neubau des 5.970 m langen Eisenbahntunnels Liefkenshoek mit seinen beiden eingleisigen Tunnelröhren mit 8,10 m Außendurchmesser. Sie wurden mit 2 Mixschilden (S-532 und S-533; Herrenknecht AG, Schwanau/D) mit 8,40 m Schilddurchmesser aufgefahren. Die rund 100 m langen Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) haben je etwa 1.000 t Gewicht. Für den einschaligen Tunnelausbau wurden 53.000 Tübbinge (7+1/Ring) von 40 cm Dicke und 1,80 m Breite vorgefertigt; dafür benötigte man 120.000 m³ Beton mit PP-Fasern für den Brandschutz und ca. 10.000 t Bewehrungsstahl.



Längsschnitt des Projekts mit Querung der Schelde und des Kanaldocks B1-B2

Longitudinal section of the project with undertunnelling the Schelde and the Canal Dock B1-B2

Unterquerung der Schelde

Die beiden Tunnelvortriebe haben maximal 1,25 % Neigung und die größte Überdeckung liegt bei rund 34 m; die maximale Wassersäule über der Tunnelsohle beträgt ungefähr 40 m und der zu berücksichtigende Gezeitenunterschied bis zu 7,50 m. Zum größten Teil liegt die Tunneltrasse in tertiären Sanden. In einem ca. 1.000 m langen Abschnitt musste jedoch der verklebungsanfällige Boomse Ton durchfahren werden.

Bei der Unterquerung der rund 1.000 m breiten Schelde betrug die Mindestüberdeckung 9,70 m; auch musste wegen der infolge der Gezeiten raschen Veränderungen des Wasserstandes der Schelde der Stützdruck der

Belgium

Drive concluded for the Liefkenshoek Tunnel in Antwerp

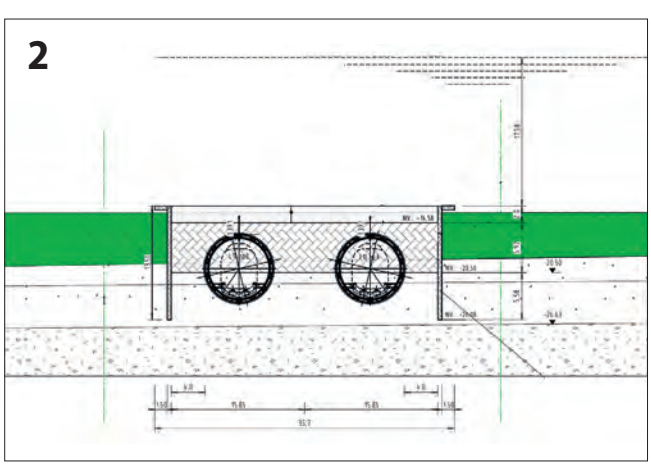
At present the roughly 6 km long Liefkenshoek Tunnel with 2 single-track bores to connect the 2 banks of the Schelde is being produced so that as from 2013 the existing route catering for up to more than 100 goods trains per day will be shortened by 22 km. The tunnel drives involving undercutting the Schelde and the canal dock (Fig. 1) have been concluded and lining operations have begun.

Extensive reports have already dealt with the "Liefkenshoek Rail Link Project" (LHVSV), one of the biggest infrastructure projects in Belgium [1, 2]. The contract to build the Liefkenshoek Rail Link Project was awarded the Belgian-French-German joint venture THV LocoBouw comprising MBG and CFE/B, BAM CEI-de Meyer/B, Vinci Construction Grands Projets/F and Wayss & Freytag Ingenieurbau AG/D.

The Liefkenshoek Rail Tunnel

Constructing the 5,970 m long Liefkenshoek Rail Tunnel with its 2 single-track tunnel bores with an external diameter of 8.10 m represents the core of this major infrastructure project. The bores were driven by 2 Mixshields (S-532 and S-533; Herrenknecht AG, Schwanau/D) with 8.40 m shield diameter. The roughly 100 m long tunnelling machines (TBMs) each weigh some 1,000 t. 53,000 segments (7+1/ring) each 40 cm thick and 1.80 m wide were cast for the monocoque tunnel lining. For this purpose 120,000 m³ of concrete with PP fibres for fire protection and roughly 10,000 t of reinforcing steel were used.

The 2 tunnel drives possess a maximum gradient of 1.25 % and the greatest overburden amounts to some 34 m. The maximum water column for the tunnel floor amounts to



Unterfahrung des Kanaldocks (Querschnitt)

Undercutting the Canal Dock (cross-section)

Bentonitsuspensionen in den Mixschilden kontinuierlich angepasst werden.

Um eine sichere Unterquerung des Flusses bei dem sehr kleinen Sicherheitsspielraum zu gewährleisten wurden die beiden Mixschilde unmittelbar vor der Flussquerung besonders gewartet sowie die Schelde in verschiedene Zonen eingeteilt, die sich auf den unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad beziehen, mit dem jeweils besondere Maßnahmen verbunden waren.

Unterquerung des Kanaldocks B1-B2

Obwohl man den Tunnel so tief wie möglich gelegt hatte, war nur eine äußerst geringe Überdeckung im Kanaldock möglich. Es bestand die Forderung, das Kanaldock jederzeit für den Schiffsverkehr freizuhalten; der Wasserstand musste also während der Bauarbeiten immer beibehalten werden. Da der vorhandene Boden im Kanaldock aus einer Schlamm-/Schluffschicht bestand, die bis zur Tunnelachse heruntereichte, musste dieser Boden ausgewechselt werden.

Nach einem Sondervorschlag für den Bodenaustausch im Kanaldock wurde vor den Tunnelvortrieben außer einem umfassenden Bodenaustausch mit Magerbeton noch eine 2,10 m dicke Platte aus stahlfaserverstärktem Unterwasserbeton zwischen 2 seitlich angeordneten 270 m langen Spundwandreihen eingebaut (Bild 2). Die Platte im Abstand von weniger als 1,30 m oberhalb der beiden Tunnelröhren musste während der Bauphase den nach oben gerichteten Lasten aus den Stützdrücken der beiden TVM und den Drücken aus der Ringspaltverpressung widerstehen und dient in der Nutzungsphase als Auflast auf die Tunnelröhren sowie als Anker- und Aufprallschutz für die Hochseeschifffahrt im Kanaldock.

Innerhalb der 270 m langen und 35 m breiten Spundwandbaugrube wurden unter Wasser rund 62.000 m³ Schlamm ausgehoben und der untere Teil durch 25.000 m³ Magerbeton aus 120 Mischern innerhalb von 4 Tagen kontinuierlicher Betonierarbeit mit einer Leistung bis zu 4000 m³/h ersetzt. Danach folgte der Einbau der 2,10 m dicken Platte aus 16.500 m³ Stahlfaserbeton (Stahlfasern RC 80/60 BN Dramix/m³ in 18 m Wassertiefe innerhalb von 4 aufeinanderfolgenden Tagen (insgesamt 88 Stunden) bei einer Leistung bis zu 290 m³/h; dafür waren 60 Betonmischer (9 m³) in 4 verschiedenen Betonwerken und 4 leistungsfähige Betonpumpen eingesetzt (Bild 3).

approx. 40 m and the tidal difference that had to be taken into consideration up to 7.50 m. The tunnel route lies mainly in tertiary sands. However Boomse Clay that is prone to clogging was encountered over a roughly 1,000 m long section.

Undercutting the Schelde

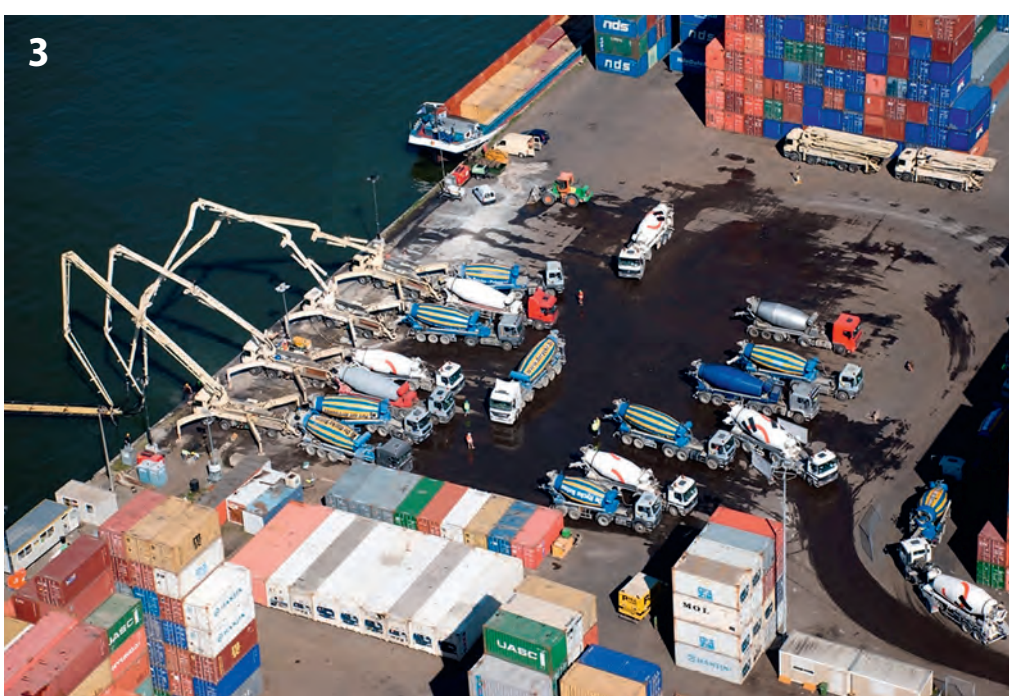
The minimum overburden for undercutting the roughly 1,000 m wide Schelde amounted to 9.70 m. Rapid changes in the Schelde's water level caused by the tides also meant that the supporting pressure of the slurry suspensions in the Mixshields had to be continuously adapted.

In order to assure the river was safely underpassed given such a low safety margin, the 2 Mixshields were serviced meticulously prior to tunnelling and the Schelde divided into various zones, relating to the given degrees of difficulty – which were associated with particular measures.

Undercutting Canal Dock B1-B2

Although the tunnel was located as deep as possible, the overburden in the Canal Dock was still extremely shallow. It was essential to ensure that the Canal Dock was kept open to shipping at all times; in other words the water level had to be maintained during construction activities. As the soil prevalent in the Canal Dock consisted of a mud/silt layer, which extended to the tunnel axis, this soil had to be replaced.

In keeping with a special proposal for replacing the soil in the Canal Dock it was exchanged for lean concrete prior to installing a 2.10 m thick slab of steel fibre reinforced underwater concrete between two 270 m long series of pile walls located at the sides (Fig. 2). The slab set at a distance of less than 1, 30 m above the 2 tunnel bores had to resist the upward loads resulting from the supporting forces from the 2 TBMs and the pressures caused



Einbau von Magerbeton als Bodenersatz im Kanaldock

Replacing the soil in the Canal Dock with lean concrete

Schwimmende Leitungen vom Ufer zum Ponton im Kanaldock zum Einbau der Stahlfaserunterwasserbeton-Platte

Floating lines from the bank to the pontoon in the Canal Dock for installing the steel fibre concrete underwater slab

Sowohl der Magerbeton als auch der Stahlfaserbeton wurde von einem schwimmenden Ponton (Bild 4) aus unter Wasser eingebaut, der nacheinander von beiden Ufern aus durch 4 bis zu 250 m lange schwimmende Leitungen versorgt wurde. Vom Ponton aus gelangte der Beton über 2 Stutzen (Dobber) fortlaufend bis 18 m unter der Wasseroberfläche in Rastern von 3 x 3 m (+0/-10cm) bei Überwachung durch Taucher.

Die Fließfähigkeit des Stahlfaserbetons unter Wasser wurde mit einem ausreichend hohen Ausbreitmaß von S5 und genügendem Entmischungswiderstand durch einen hohen Feinstanteil sowie Flugasche, feine Sande und 16 mm Größtkorn erreicht sowie durch Zugabe eines Verzögerers eine ausreichende Verarbeitbarkeit.

Querschläge und Rettungsschächte

Parallel zu den Tunnelvortrieben wurden 13 Querschläge zwischen den Tunnelröhren im Schutze von Bodenvereisungen (Bild 5) hergestellt, ebenso die Zugangsstollen zu den 8 bis zu 40 m tiefen Rettungsschächten. Die Gleichzeitigkeit mit den Vortrieben erforderte eine besonders anspruchsvolle Logistik. Querschläge und Schachtzugangsstollen wechseln in 300 m gegenseitigem Abstand. Im Tunnel unterhalb der Schelde sind 5 Querschläge im Abstand von rund 250 m und keine Rettungsschächte.

Bauablauf

Die Ausführung des Projektes begann im November 2008 an mehreren Stellen, wobei der erste Meilenstein die Fertigstellung des Startschachtes in der Nähe des Hafens Waasland war, der den Zusammenbau und das Anfahren der beiden Mixschilde für den Bau des Eisenbahntunnels Liefkenshoek im Februar und März 2010 ermöglichte. Im Kanaldock fand der Bodenaustausch im Mai und danach der Einbau der Betonplatte unter Wasser im Oktober 2010 statt. Nach Unterquerung der Schelde im Januar und Februar 2011 und danach des Kanaldocks im April und Juni 2011 geschah ihr Durchschlag am 16. Mai und 23.

by grouting the annular gap. During the operational phase it serves as a superimposed load on the tunnel bores as well as impact protection for vessels in the Canal Dock.

Some 62,000 m^3 of mud was removed underwater from the 270 m long and 35 m wide pile wall construction pit and the lower section replaced within 4 days of continuous concreting operations by 25,000 m^3 of lean concrete from 120 mixers at a rate of up to 4,000 m^3/h. This was followed by the installation of the 2.10 m thick slab comprising 16,500 m^3 of steel fibre concrete (steel fibres RC 80/60 BN Dramix/m^3) at a water depth of 18 m within 4 consecutive days (altogether 88 hours) at a rate of up to 290 m^3/h. For this purpose 60 concrete mixers (9 m^3) were applied at 4 different concrete plants along with 4 powerful concrete pumps (Fig. 3).

Both the lean concrete as well as the steel fibre concrete was installed underwater from a floating pontoon (Fig. 4), which was supplied consecutively from both banks through 4 floating lines up to 250 m in length. The concrete was continuously transferred from the pontoon via 2 appliances to 18 m below the water surfacein 3 x 3 (+0/-10 cm) grids under the supervision of divers.

The flowability of the steel fibre concrete underwater was attained thanks to a sufficiently high slump of S5 and adequate demixing resistance through a high proportion of sand as well as fly ash, fine sands and 17 mm maximum grain size as well as sufficient processibility through adding a retarder.

Cross-Passages and Evacuation Shafts

Thirteen cross-passages were produced between the tunnel bores protected by ground freezing (Fig. 5) parallel to the tunnel drives as well as the access tunnels to the 8 to 40 m deep evacuation shafts. Synchronisation with the drives called for particularly sophisticated logistics. The cross-passages and shaft access

Tunnelquerschnitt im Bereich der Querschläge mit Vereisung
Tunnel cross-section at the cross-passages with ground freezing

Juli 2011 im Zielschacht auf dem rechten Ufer des Kanaldocks. Mit dem Innenausbau der beiden Tunnelröhren, der neben dem Sohlbeton auch die vollständige elektromechanische Ausrüstung und einen Brandschutzspritzputz umfasst, wurde Ende August 2011 begonnen. Im November 2011 wurde bereits ein Teilbereich des Projektes vertragsgemäß an den Bauherrn übergeben. Bis Mitte 2013 wird außer den anderen baulichen Maßnahmen des Projektes auch der Eisenbahntunnel Liefkenshoek wie vorgesehen für die Inbetriebnahme fertig gestellt sein. G.B.

Literatur / References
[1] Boxheimer, S.; Mignon, J.; Eisenbahntunnel Liefkenshoek in Antwerpen. Tunnel 7/2009, pp. 25-31
[2] Boxheimer, S.; Mignon, J.: Halbzeit beim Bau des Eisenbahntunnels Liefkenshoek. Tunnel 3/2011, pp. 41-48
[3] Boxheimer, S.; Bruns, B.; Kuhn, Ch.; Stahlmann, J.; Liefkenshoek-Eisenbahnverbindung in Antwerpen: Schildvortrieb und Bodenvereisung (Querschläge). 44 Forschung+Praxis, STUVA-Tagung 2011, pp. 63-70

tunnels alternate every 300 m. In the tunnel below the Schelde 5 cross-passages are set up 250 m apart but there are no evacuation shafts in this section.

Construction Process

Work on the project commenced in November 2008 at various points. The first milestone was the completion of the starting shaft in the vicinity of WaasslandPort, which enabled the 2 Mixshields to be assembled and started up for producing the Liefkenshoek Rail Tunnel in February and March 2010. The soil in the Canal Dock was replaced in May and the concrete slab installed underwater in October 2010. After undercutting the Schelde in January and February 2011 followed by the Canal Dock in April and June 2011, the breakthrough took place in the target shaft on the Canal Dock's right bank on May 16 and July 23, 2011. Work on furnishing the interior of the 2 tunnel bores, which comprised the floor concrete as well as the complete electromechanical equipment and a sprayed-on fire-protection coating, began at the end of August 2011. In November 2011 a part-section of the project was handed over to the client commensurate with the contract. By mid-2013 in addition to the other engineering measures for the project the Liefkenshoek Rail Tunnel will be completed for operational use. G.B.

Minimierung des Bohrkopfverschleißes an EPB-Tunnelbohrmaschinen

Im folgenden Beitrag wird dargestellt, wie durch Optimierung und Konfiguration der Bohrwerkzeuge sowie anderer Maßnahmen der Verschleiß bei EPB-Tunnelbohrmaschinen minimiert werden kann.

Reducing the Cutterhead Wear at EPB Tunnel Boring Machines

The following article shows how Advances of Quality and Configuration for Cutting Tools may reduce the Cutterhead Wear at EPB Tunnel Boring Machines.

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

Große Findlinge, abrasives Erdreich und ständig wechselnde Bohrbedingungen an der Ortsbrust – widrige Baugrundverhältnisse wie diese sind es, die den Verschleiß an EPB-Bohrköpfen drastisch erhöhen und zu unnötigen Stillstandszeiten oder sogar Kostenüberschreitungen führen können. Dieses Szenario muss aber nicht zwangsläufig zur bitteren Realität werden, wenn die Bohrköpfe anforderungsgerecht verstärkt, die richtigen Additive verwendet und die eingesetzten Werkzeuge kontinuierlich überwacht werden. Fortschritte bei der Optimierung und Konfiguration der Bohrwerkzeuge, Panzerungen zum Schutz vor Verschleiß, Verschleißdetektoren sowie Chemikalien wirken heutzutage übermäßiger Bohrkopfabnutzung entgegen. Diese bewährten technischen Lösungen werden – mit großem Erfolg – auf den EPB-Tunnelbohrmaschinen von Robbins weltweit schon seit Langem und bei unterschiedlichsten Bedingungen einsetzt.

„Wenn es darauf ankommt„

Die Bodenbeschaffenheit ist die Hauptursache für eine schnelle Bohrkopfabnutzung an einer EPB-TBM. Höchst abrasives Erdreich, prognostiziert aus genauen geologischen Untersuchungen oder einem Baugrundgutachten, als auch Findlinge, wechselhaftes Hartgestein und variierende Bodenqualitäten üben hier den größten und entscheidenden Einfluss aus. Diesen vorausgesagten geologischen Verhältnissen und denen, die unerwartet hinzukommen, entgegenzutreten erfordert besondere Maßnahmen zum Schutz des Bohrkopfes vor Verschleiß. Die Prognosen über die Baugrundverhältnisse werden zusätzlich noch dafür verwendet, die zu erwartenden zeitlichen Aufwände für die Überprüfung und den Wechsel der Schneidwerkzeuge relativ genau vorauszuberechnen.

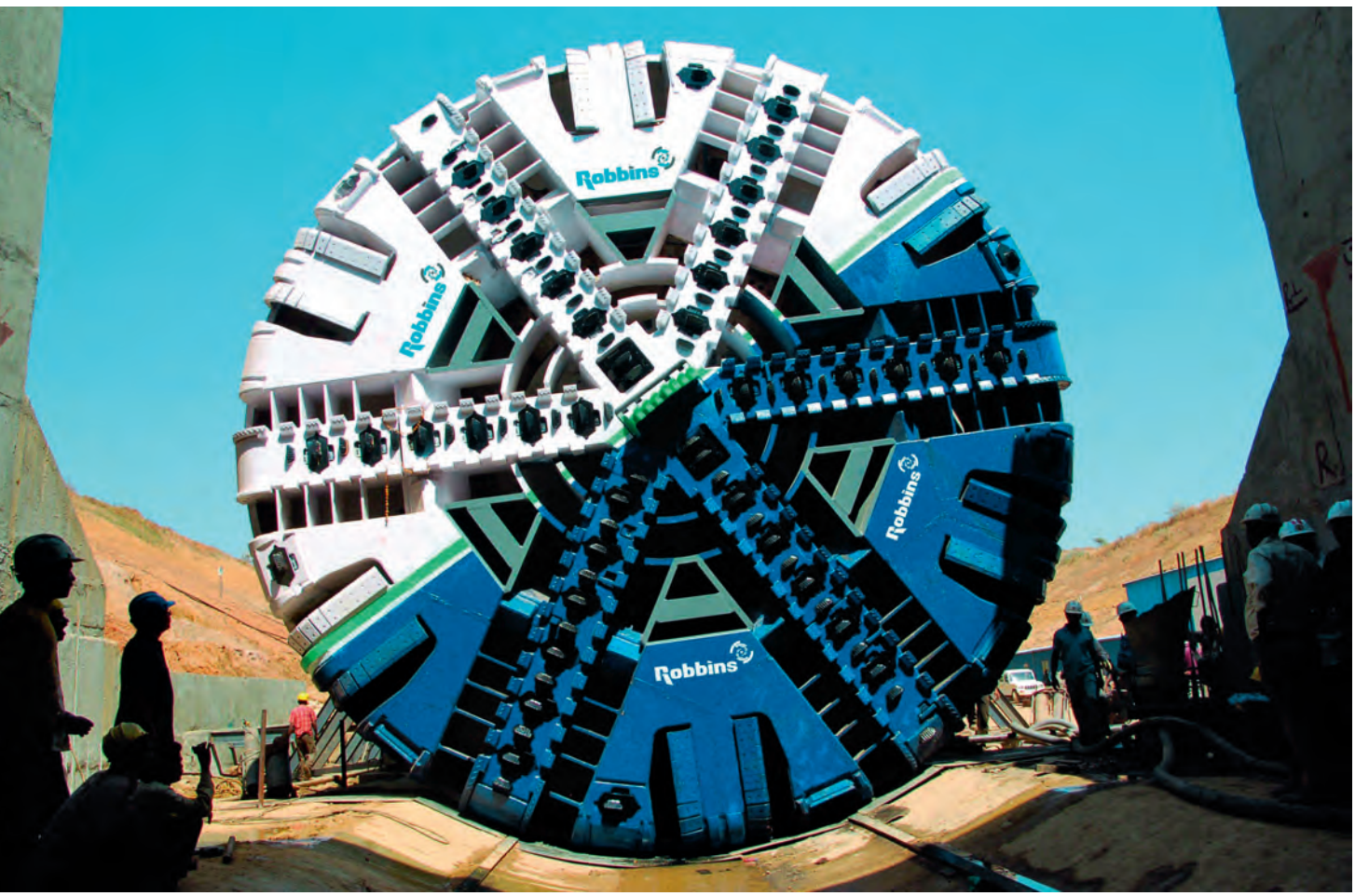
Die Ingenieure nutzen diese Erkenntnisse auch bei der grundsätzlichen Konzeption des Bohrkopfes, wenn man z.B. einen Speichenbohrkopf oder eine Konfiguration für wechselnde Bodenverhältnisse wählt. Ist in den zu erwartenden Boden-

Large boulders, abrasive ground, and continuous mixed face conditions: It's a perfect storm that can maximize wear on an EPB cutterhead and result in increased downtime or even cost overruns. This scenario need not materialize, how-ever, if proper reinforcements are made to the cutterhead, in conjunction with additives and rigorous tool monitoring. Advances in cutting tool quality and configurations, protective wear plating, wear detection devices, and chemicals now provide the necessary options to prevent excessive cutterhead wear. These practices have been used on EPB Tunnel Boring Maschines of Robbins worldwide in a wide variety of conditions, with positive results.

When the Ground gets Tough

Ground conditions are the main cause of rapid wear on an EPB cutterhead. Highly abrasive ground, as indicated from accurate geologic tests or a GBR, as well as boulders, mixed hard rock, and mixed face conditions are the major culprits. These types of geology, in addition to unexpected conditions, call for special measures to be taken for wear protection of the cutterhead. In addition, the predicted conditions can be used to give fairly accurate time estimates for replacement and inspection of cutting tools.

Robbins engineers additionally use this estimate to determine the cutterhead type - whether that be a spoke-type or mixed ground configuration. If all expected geology is under 20 MPa UCS, then disc cutters are not needed and a spoke-type cutterhead can be provided. Spoke-type cutterheads have the advantage of a much larger opening ratio compared to mixed ground cutterheads (usually 60 to 65 %, compared with mixed face designs that clock in at 30 to 35 %). This larger opening ratio means spoke-type heads experience less wear, and require less torque and thrust from the machine. Other benefits of the spoke-type cutterhead include better face pressure control and faster advance rates. However, the main disadvantage of the design is also in its openness - the larger opening ratio provides less protection for workers du-



Protective wear plating, detection devices, and additives can minimize EPB cutterhead wear in even the most extreme conditions

qualitäten mit einer ein-axialen Druckfestigkeit (UCS) von unter 20 MPa zu rechnen, kann auf den Einsatz von Rollenmeißel verzichtet und ein Speichenbohrkopf eingesetzt werden. Speichenbohrköpfe weisen im Vergleich zu Bohrköpfen für wechselnde Geologien ein viel größeres Öffnungsverhältnis auf – in der Regel 60 bis 65 % verglichen mit 30 bis 35 % bei Bohrköpfen für Wechsellagerungen.

Dieses größere Öffnungsverhältnis bedeutet eine geringere Angriffsfläche für den Baugrund und daher, dass Speichenbohrköpfe geringerem Verschleiß ausgesetzt sind und die Maschine ein kleineres Drehmoment und geringere Vorschubkräfte für den Vortrieb aufbringen muss. Weitere Vorteile eines Speichenbohrkopfes sind bessere Kontrolle des Andruckes an der Ortsbrust sowie höhere Vortriebsgeschwindigkeiten. Das einerseits vorteilhafte große Öffnungsverhältnis birgt anderseits auch ein Manko dieser Konzeption – durch die großflächigen Öffnungen sind die Mineure bei den Werkzeugwechselarbeiten unter Überdruck weniger geschützt.

Für härtere Gesteinsschichten und schwierigere, variierende Bodenbedingungen wird ein Bohrkopf für wechselnde Geologien konzipiert, der den Bohrgutfluss in den Bohrkopfraum mindert und den Einsatz von Rollenmeißeln zulässt. Der Vortrieb mit einem solchen Konzept ist auch in betont schwierigen Bodenverhältnissen sehr

ring tool changes in hyperbaric conditions.

In harder ground and more difficult mixed face conditions, a mixed ground cutterhead can be designed that limits muck flow into the cutterhead chamber and allows for the use of disc cutters. While this type of design can effectively excavate very difficult ground, it will experience greater wear without the proper reinforcement and additive application. Tool consumption estimates can additionally aid in recommending the proper chemical additives and frequency of injection needed for optimal tool wear.

Choosing the Right Tools

Of all aspects of EPB cutterhead design, none may be more imperative than the correct choice of cutting tools. Cutting tools on an EPB are not only for excavating the ground, but also for protection of the cutterhead structure. If tools are left unchecked and allowed to wear off completely, then the cutterhead structure itself will come into contact with and begin to excavate the ground. In this scenario, machine thrust rises, advance rate slows, and wear to the cutterhead structure increases substantially. Cutting tools can be replaced on the cutterhead, but repair to the cutterhead structure is very difficult, expensive, and time consuming.

Optimal primary protection for EPB cutterheads is the replaceable knife bit. These knife bits

effizient, doch geht dies mit einem höheren Verschleiß einher, wenn nicht geeignete Verstärkungen und Additive eingesetzt werden. Die Ergebnisse aus den Vorausberechnungen für den Werkzeugverbrauch können hinzugezogen werden zur geeigneten Auswahl und Anwendung chemischer Baugrundkonditionierung, um optimale Verschleißwerte für die Werkzeuge zu erzielen.

Die Wahl der richtigen Werkzeuge

Von allen bei der EPB-Bohrkopfkonzeption zu bedenkenden Aspekten ist die richtige Wahl der Bohrwerkzeuge am wichtigsten. Die Schneidwerkzeuge einer EPB-Maschine dienen nicht nur zum Vortrieb, sondern auch dem Schutz des Bohrkopfgrundkörpers. Wenn die Werkzeuge nicht überwacht und somit komplett verschlissen werden können, besteht die Gefahr, dass der Bohrkopfkörper selbst mit dem Erdreich in Kontakt kommt und beginnt es abzubauen. Als Folge dessen erhöht sich der Maschinenvorschub, die Vortriebsgeschwindigkeit sinkt und der Bohrkopf unterliegt einem wesentlich höheren Verschleiß. Die Werkzeuge am Bohrkopf können ausgetauscht werden, aber Reparaturen am Bohrkopf selbst sind nicht nur sehr schwierig, sondern auch sehr kosten- und zeitintensiv.

Optimaler und vorbeugender Schutz für EPB-Bohrköpfe sind austauschbare Schneidzähne. Diese Schneidzähne werden in Standardqualität für den Einsatz in weicheren Bodenformationen und als Hochleistungswerkzeuge für starke Beanspruchungen geliefert. Sie können relativ schnell ausgetauscht werden, wenn sie von der Bohrkopfrückseite zugänglich sind - jedoch muss für diese Wechsel der Vortrieb unterbrochen werden. Daher empfiehlt es sich, Schneidzähne der höchsten Qualität zu wählen, um Stillstandszeiten zu minimieren. Schneidzähne bestehen generell aus Hartmetalleinlagen (8 Wolframschichten), einem speziellen Schaft aus legiertem Stahl und sind komplett mit einer Hartmetallbeschichtung versehen. Diese come in standard duty and heavy duty, though standard duty is typically recommended only for softer geology. These tools are replaced relatively quickly once they are accessed from behind the cutterhead, but they require interventions to inspect and replace; thus, it is better to choose the highest quality knife bits in order to minimize interventions. Typical knife bits are composed of 8 layers of tungsten carbide inserts, a proprietary alloy steel shank, and a complete coating of hard facing. These replaceable knife bits are then welded to a base plate assembly that is wedge-locked into the cutterhead.

Engineers add shorter secondary knife bits in the same path as the primary knife bits to prevent wear from rapidly advancing to the cutterhead structure if the primary knife bits wear out. Cutterhead spokes are designed to alternate between primary and secondary knife bits. Consistent radial spacing of these primary cutting tools is efficient in the breaking up of soft ground. When hard rock or boulders are expected and a mixed ground head is used, these tools can be designed as interchangeable with disc cutters. The same radial spacing principle enables the discs to fracture and break the rock through kerf cutting.

Managing Tool Wear

While cutting tool wear is a normal process of excavation, detection of that wear can make the difference between a successful project and one that is behind schedule. The installation of wear detectors at varying heights on the face of the cutterhead can give warning of excessive wear or of the need to replace cutting tools before damage occurs. Wear detectors use hydraulic pressure that is released when a certain amount of wear occurs and the hydraulic line is sheared, sending a signal to the machine operator.

Varying cutting tool and scraper height arrangements are used on cutterheads depending on the geology, and thus detection can occur at various stages of wear. The most important detection point is at the scraper tips - if cutterhead

Rolling Stock Palomino

Maschinen Stahlbau Dresden
Niederlassung der Herrenknecht AG

Der Spezialist für Ihren

Rolling Stock

Besuchen Sie uns für weitere Lösungen unter www.msd-dresden.de

austauschbaren Schneidzähne werden auf einer Grundplatte verschweißt, die wiederum mit einem Klemmverschluss am Bohrkopf befestigt wird.

Die Ingenieure bestücken jede Schneidbahn mit kürzeren, den längeren Primärschneidzähnen nachlaufenden Sekundärschneidzähnen und wirken damit schnell auftretendem Verschleiß am Bohrkopfgrundkörper entgegen, der eintritt, wenn die Primärzähne verschlissen sind. Die Bohrkopfspeichen sind so konzipiert, dass sich Primär- und Sekundärschneidzähne abwechseln. Ein konstanter radialer Schneidbahnabstand zwischen den Primärwerkzeugen hat sich beim Aufbrechen von Weichgestein bewährt. Wird Hartgestein oder werden große Steine und Findlinge erwartet und ein Bohrkopf für wechselnde Geologien eingesetzt, sind diese Werkzeuge derart ausgeführt, dass sie im Wechsel mit Schneidrollen eingesetzt werden können. Mit den Schneidrollen angeordnet auf demselben Schneidbahnabstand wird das Gestein penetriert und gebrochen.

Mixed ground EPB cutterheads are often fitted with interchangeable knife bits and disc cutters

Erkennen und Umgang mit Werkzeugverschleiß

Verschleiß an den Bohrwerkzeugen ist eine normale Folge aus dem Bohrvortrieb: das Erkennen dieses Verschleißes kann den Unterschied ausmachen zwischen einem erfolgreichen Projekt und einem, das den Erwartungen hinterher läuft. Verschleißdetektoren auf mehreren Ebenen an der Bohrkopfvorderseite angebracht, geben Warnsignale vor übermäßiger Abnutzung und/oder zeigen die Notwendigkeit für Werkzeugwechsel an bevor Schäden eintreten. Verschleißsensoren funktionieren nach dem Prinzip des messbaren Druckverlustes in einem geschlossenen Druckkanal, der eintritt, wenn dieser Kanal geöffnet wird. Das tritt in diesem Fall bei Erreichen der Verschleißgrenze ein und dieser Druckverlust wird dem Maschinenfahrer als elektrisches Signal angezeigt.

Die Schneidwerkzeuge und Räumer werden auf Bohrköpfen, je nach geologischen Baugrundbedingungen, mit unterschiedlichen Abständen zur Grundstruktur angeordnet und so kann die Verschleißerkennung in verschiedenen Stufen erfolgen. Der wichtigste Messpunkt ist die Spitze der Räumerwerkzeuge: hat der Werkzeugverschleiß diesen Punkt erreicht, ist dies das Signal für den Maschinenfahrer, dass die Schneidwerkzeuge vollständig verschlissen sind und die Kratzer die Schneidarbeit übernehmen. Die Kratzer sind nicht für den Bodenabbau konzipiert, sie sollen das

wear reaches the scraper tips, then the operator knows the knife bits have worn out completely and that the scrapers have started taking over the work. Scrapers are not designed to excavate, but to bring in material excavated by the knife bits, therefore, they will quickly wear if the knife bits are lost. There are many scrapers on any given EPB cutterhead, and replacement of these tools can become very costly and time consuming. To avoid this scenario, wear detectors should be taller than the scraper tips to give an advance warning that knife bits are at the end of their usable life and need to be replaced.

Another very important wear detector type is the wear tube. This tube is routed along the surface of the cutterhead structure beginning in the center and extending to the outermost segments of the cutterhead. The wear tube is protected by cutterhead wear plate on all sides. During tunnelling, the wear tube detects pinpoint failures of a primary cutting tool, which can result in localized wear to the cutterhead. If, for example, a primary knife bit is lost, wear to the cutterhead structure will occur radially in the shape of a ring on the cutterhead face. The wear tube also utilizes hydraulic pressure to indicate that the cutterhead structure is in danger of becoming damaged, and to allow the crew to replace the tool and prevent such an occurence.

Armor Plating

Wear plate is one of the essential cutterhead reinforcements in abrasive mixed ground and rocky conditions. The optimal design for EPB cutterheads includes full protection with an outer layer of wear plate. Many different grades of wear plate are used, depending on several variables including expected abrasivity of the ground, project requirements, and cost. Wear plate materials may include Trimay, chromium, tungsten carbide, or boron carbide, which are not part of the cutterhead structure but are added onto it

von den Schneidzähnen abgebaute Material abtransportieren. Sie verschleißen somit schnell, sobald die Schneidzähne nicht mehr arbeiten. EPB-Bohrköpfe sind stets mit sehr vielen Kratzern versehen. Sie auszutauschen kann sehr kosten- und zeitintensiv sein. Um dies zu vermeiden, sollten Verschleißdetektoren über die Kratzerspitzen hinausragen, um rechtzeitig zu melden, dass die Schneidzähne am Ende ihrer Lebensdauer sind und ausgetauscht werden müssen.

Eine weitere sehr wichtige Vorrichtung zur Verschleißerkennung ist das Verschleißrohr. Dieses Rohr ist an der Bohrkopffrontseite angebracht in radialer Ausdehnung von der Mitte nach aussen. Das Rohr ist an allen Seiten mit Verschleißplatten abgedeckt. Während des Vortriebes werden mit Hilfe des Verschleißrohres punktuelle Ausfälle der Primärschneidwerkzeuge erfasst. Wenn beispielsweise ein Primärschneidzahn verloren gegangen ist, tritt unmittelbar darauf ringförmiger Verschleiß am Bohrkopfgrundkörper auf. Das Verschleißrohr arbeitet auch nach dem Funktionsprinzip des Druckverlustes in einem geschlossenen Druckkanal und meldet die Verschleißgefahr am Bohrkopfkörper. Damit wird dem Betreiber Gelegenheit gegeben, das verlorene Werkzeug zu ersetzen und Schäden zu vermeiden.

Panzerungen

Panzerungen sind die wichtigsten Verstärkungen an Bohrköpfen für Einsätze in wechselnden Geologien und Hartgestein. Das optimale Konzept für einen EPB-Bohrkopf weist komplette Panzerung mit einer am Umfang umlaufenden Verschleißplatte auf.

Heutzutage kommt eine Vielzahl von Panzerungen unterschiedlicher Qualitäten zur Anwendung, die mit Blick auf zu erwartetende Abrasivität des Gesteins, Projektanforderungen und Kosten ausgewählt werden. Verschleißplatten-Materialien wie Trimay, Chrom, Wolframkarbid oder Borkarbid bilden nicht Teil des Bohrkopfgrundkörpers sondern werden als Panzerung angebracht.

Für optimalen Schutz sollte die Panzerplatte die gesamte freiliegende Bohrkopfvorderseite abdecken, ausgenommen der Stellen, an denen sich Schneidwerkzeuge oder Injektionsdüsen befinden. Für abrasive Böden werden zum Schutz der äußeren Bohrkopfrandzonen Panzerungen mit Verschleißplatten und zusätzlichem Hartmetallauftrag empfohlen. Die für die Panzerplatten verwendeten Materialien sind insofern ungewöhnlich, als dass sie inhärent mit Rissen durchsetzt sind, die verfahrensbedingt beim Abkühlen des Karbidmaterials auftreten, nachdem es an den Bohrkopf geschweißt wurde. Langjährige Erfahrungswerte zeigen, dass diese Risse eine normale Erscheinung sind und keinen Mangel darstellen. Ebenso wenig weiten sie sich - selbst unter Stoßbeanspruchung - zu einer Deformation der Panzerplatte aus.

Panzerung ist eine an vielen Robbins EPB-Maschinen und Hartgesteinsbohrköpfen standardmäßig eingesetzte Methode – auch bei den 3 Maschinen für den Vortrieb in wechselndem Baugrund und mit einem Durchmesser von je 8,93 m, die beim Emisor

like armor. For optimal protection, wear plate should cover the entire exposed front surface of the cutterhead that is not shared with a cutting tool or a chemical injection port. In abrasive conditions cutterhead periphery protection, such as side protection bits and additional hard facing, are also recommended.

These wear plate materials are unusual in that they are inherently riddled with cracks - a process that occurs naturally as the carbide material cools after it has been welded to the cutterhead. Extensive experience shows that these cracks are normal and not a defect: they do not propagate, even under impact loading causing deformation to the plate.

Wear plating has been instrumental in protecting multiple Robbins EPB and hard rock cutterheads, including those of three 8.93 m diameter mixed ground machines operating at Mexico City's Emisor Oriente Wastewater Tunnel. Extensive wear plating on the cutterheads has enabled the machines to effectively excavate in some of the most difficult ground on Earth: Boulders up to 600 mm in diameter, abrasive basalt, and sticky lake clays at pressure up to 6 bar.

Additives aren't just an Add-on

Chemical additives play a critical role in protecting the EPB cutterhead, as extensive wear can and will occur even with adequate plating and cutting tools. The original chemical additive for soft ground TBMs was Bentonite, which both reduced wear and allowed a free flow of excavated material. While Bentonite is useful in nearly all geological conditions, its drawbacks include cost and toxicity - disposal of Bentonite is strictly regulated in many countries. Alternative additives such as foam, polymer, and anti-clay agents are now used quite often to provide focused ground treatment at a lower cost, and with easier removal.

To aid in additive injection, each EPB cutterhead must be designed with certain port sizes and locations. Independent injection ports on TBMs are capable of dispensing foam, polymer, Bentonite, or any mix of these, and are spaced radially from the center to the periphery of the cutterhead. Independent lines minimize the risk of clogging that can lead to uneven wear, while protection bits and hard facing placed on either side of each port minimize abrasion loss.

Hard Projects in Mixed Ground: EPB Case Studies

Great reductions in wear and increases in production have been seen when contractors utilize a custom-designed cutterhead and inject the recommended chemical additives, even in difficult conditions. Examples of EPB cutterheads that have emerged with minimal wear after kilometers of excavation have been observed on multiple projects around the world.

Challenging Chengdu

The new Chengdu Metro Line 2 stretches 31.6 km through a complex matrix of alluvial geology found nowhere else in China. In 2009, a 6.3 m diameter Robbins EPB was designed to excavate the highly permeable ground, consisting of lenses and layers of glacial boulders up to 25 cm in diameter, along with sand and stiff clay.

Oriente Wastewater Tunnel in Mexico City zum Einsatz kamen. Mit einer umfassenden Panzerplattenbewehrung an den Bohrköpfen konnten sich die TBM sehr effizient durch Bodenverhältnisse bohren, die zu den schwierigsten der Erde zählen: Findlinge mit einem Durchmesser von bis zu 600 mm, abrasives Basaltgestein sowie klebriger Ton bei einem maximalen Druck von 6 bar.

Additive sind mehr als eine schlichte Ergänzung

Chemische Additive spielen beim Schutz von EPB-Bohrköpfen eine entscheidende Rolle, da großflächige Abnutzung selbst bei entsprechender Panzerung und Einsatz geeigneter Bohrwerkzeuge unweigerlich auftritt. Anfangs wurde auf Weichgesteins-TBM Bentonit als Additiv verwendet, das sowohl den Verschleiß minderte als auch den Abtransport des abgebauten Materials unterstützte. Auch wenn Bentonit in fast allen Geologien vorteilhaft ist, so gehen dennoch Nachteile damit einher: hohe Kosten und Toxizität. Die Entsorgung von Bentonit unterliegt in vielen Ländern strengen Vorschriften. Alternative Additive wie beispielsweise Schaum, Polymere oder Ton lösende Substanzen werden heute sehr häufig eingesetzt, um eine gezielte Bodenkonditionierung zu niedrigen Kosten und bei weniger stringenten Entsorgungsvorgaben zu ermöglichen.

Um Additive in das Erdreich einzubringen, müssen an EPB-Bohrköpfen Injektionsdüsen bestimmter Abmessungen und an definierten Stellen angebracht sein. TBM von Robbins sind mit individuell angebrachten Injektionsdüsen versehen, die radial verteilt vom Zentrum zur Randzone Schaum, Polymere, Bentonit oder Mischungen daraus in den Baugrund einbringen.

Getrennte Leitungen für die Injektionsdüsen mindern die Gefahr von Verstopfungen, die wiederum ungleichmäßigen Verschleiß nach sich ziehen. Schutz durch Hartmetallauftrag und mittels Schutzblechen, der im Bereich der Injektionsdüse angebracht wird, mindert die Gefahr des Verlustes durch Auswaschung.

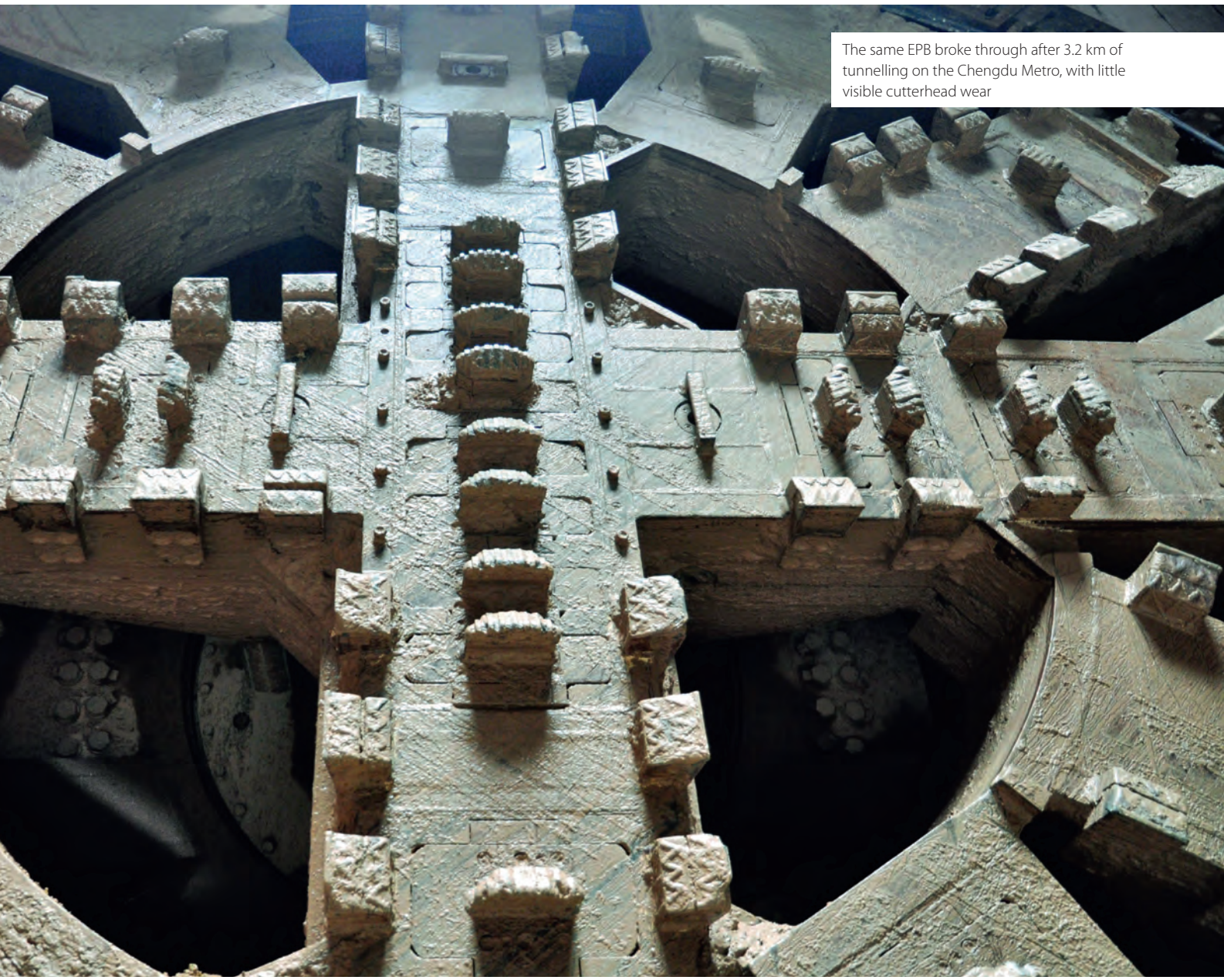
Schwierige Projekte in wechselhaften Gesteinsschichten: EPB-Fallstudien

Erhebliche Verschleißminderung und wesentliche Steigerung der Produktivität wurden beobachtet in Fällen, in denen die Bauunternehmer speziell für das Projekt konzipierte Bohrköpfe und die empfohlenen Additive verwendet haben.

To excavate in the conditions, a mixed ground cutterhead was provided, mounted with interchangeable carbide bits and seven 17-inch (432 mm) diameter disc cutters around the gauge, as well as hard facing. The large cutterhead opening ratio allowed for a smooth flow of muck into the mixing chamber. The cutterhead was powered by ten 90 kW variable frequency drives.

The machine was designed with active articulation for curves with radii as small as 500 m. The active configuration was utilized, because it engages articulation cylinders between the front and rear shields in curves to steer the machine independently of the thrust cylinders. The process allows the thrust cylinders to react evenly against all sides of the segment ring during a TBM stroke in a curve. The setup eliminates segment deformation, or racking - a common cause of project delays when passive articulation is used through curves.

At China's Chengdu Metro, a 6.3 m diameter EPB was designed for glacial boulder, clay and sand



The same EPB broke through after 3.2 km of tunnelling on the Chengdu Metro, with little visible cutterhead wear

Und dies in schwierigsten Geologien. Beispiele für EPB-Bohrköpfe, an denen selbst nach mehreren Vortriebskilometern nur ein minimaler Verschleiß auftrat, wurden bereits bei einer Vielzahl von Projekten überall auf der Welt registriert.

Chengdu - eine besondere Herausforderung

Die neue U-Bahn-Linie 2 in Chengdu führt auf einer Länge von 31,6 km durch komplexes alluviales Gestein, das einzigartig in China ist. Im Jahr 2009 wurde von Robbins eine EPB-TBM mit einem Durchmesser von 6,3 m für den Abbau von höchst durchlässigen Bodenschichten konzipiert, die durch Einlagerungen eiszeitlicher Felsbrocken mit bis zu 25 cm Durchmesser, Sand und steifen Ton gekennzeichnet sind.

Für den Vortrieb in dieser Geologie wurde ein Bohrkopf für wechselhaftes Gestein geliefert, bestückt mit auswechselbaren Hartmetallzähnen

A foam injection system was used to stabilize any running ground, with each cubic meter of foam mixture able to stabilize about 40 rings of advance. Four independent injection ports allowed for good control of foam and other additives into the ground at the face.

The TBM excavated mainly through stiff red clays under about 2 bar earth pressure, but also experienced short sections of mixed face rock and earth, particularly while tunnelling 3.5 m below Donggan River. Despite the mixed conditions, only 3 cutter changes were required during boring - 1 cutter change required 1.5 bar of air pressure, while the other 2 were done in free air because the ground was very stable.

The Robbins machine completed tunneling in December 2010, having achieved landmark rates of 129 m in one week, and 459.5 m during its best month - higher rates than at least 4 other machines working on Line 2. The

und 7 Diskenschneidrollen der Größe 17" (432 mm) im Kaliberbereich sowie Hartmetallauflagen.

Das große Öffnungsverhältnis des Bohrkopfes sicherte gleichmäßigen Bohrgutfluß vom Bohrkopf in die Abbaukammer. Der Bohrkopf wurde angetrieben von 10 Frequenzumrichter gesteuerten 90-kW Motoren.

Die TBM wurde mit einem aktiven Gelenk für Kurvenfahrt bei einem Radius von nur 500 m ausgerüstet. Die Ausrüstung mit einem aktiven Gelenk wurde gewählt, weil sie Gelenkzylinder zwischen Vorder- und Rückschild vorsieht, mit denen die Maschine bei Kurvenfahrt unabhängig von den Vorschubzylindern gesteuert werden kann. Dadurch wird gewährleistet, dass die Vorschubpressen sich auch in Kurvenfahrten gleichmäßig auf dem Tübbingring abstützen. Dieses Schildkonzept vermeidet Beschädigungen an den Tübbingen – die bei Verwendung von passiven Gelenken häufig auftreten und zu Störungen im Projektverlauf führen.

Zur Stabilisierung fließender Bodenschichten wurde eine Schaumanlage eingesetzt und unter Einsatz von 1 m³ Schaum der Vortrieb über jeweils 40 Tübbingringe dargestellt. Über 4 voneinander unabhängige Injektionsdüsen wurden Schaum und andere Additive in den Baugrund eingeleitet. Die TBM bohrte überwiegend durch standfesten Ton bei einem Erddruck von ca. 2 bar, traf aber auch Abschnitte mit Wechsellagerungen an, insbesondere bei der Unterquerung des Donggan Flusses bei einer Überdeckung von nur 3,50 m. Trotz der wechselhaften Geologien waren während des Vortriebes nur 3 Werkzeugwechsel notwendig – einer dieser Wechsel musste unter 1,5 bar Überdruck ausgeführt werden während die beiden anderen im standfesten Baugrund ohne Druckbeaufschlagung der Ortsbrust erfolgten.

Die TBM beendete den Vortrieb im Dezember 2010 und erzielte maßgebende Vortriebsleistungen von 129 m pro Woche und 459,5 m Monatsbestleistung – und mit besseren Leistungen verglichen zu mindestens 4 anderen Maschinen, die auf der Linie 2 eingesetzt waren. Erwähnenswert ist zudem, dass der Bohrkopf nach 3,2 km Vortrieb mit sehr geringem Verschleiß das Ziel erreichte.

Erkenntnisse aus dem Guangzhou-Projekt

Zwei EPB-TBM von Robbins mit einem Durchmesser von 6,3 m begannen im Januar und Februar 2009 den Vortrieb durch für China typische und komplexe Gesteinsschichten im Los 12 der Guang-Fo-Linie im Ballungszentrum Guangzhou. Das Erdreich bestand aus Schichten mit stark bis leicht verwittertem Granit, grobkörnigem Sand sowie Schluff bei Erddruckverhältnissen von bis zu 4 bar.

Die TBM wurden für wechselhaften Baugrund konzipiert und Speichenbohrköpfe mit einem Öffnungsgrad von 37 % vorgesehen. Sowohl Hartmetallschneidzähne als auch 17" (432 mm) Hartgesteinsdiskenmeißel wurden für den Vortrieb im tonigen Boden und mit Felsformationen eingesetzt.

Jeder EPB-Bohrkopf wurde von 10 frequenzgesteuerten (VFD) Elektromotoren angetrieben und war so mit einer Gesamtantriebsleistung von 900 kW installiert. Die Bohr-

At China's Guangzhou metro, a mixed ground EPB excavated 4.5 km, with little to no visible cutterhead wear

Cracks in chromium carbide wear plating are a part of the material and do not affect performance when used on an EPB cutterhead

cutterhead notably emerged after 3.2 km of excavation with very minimal wear.

Getting Results in Guangzhou

Two Robbins 6.3 m diameter EPBs began boring Lot 12 of China's Guangzhou Metro, Guang-Fo line in January and February 2009, through the country's characteristically complex soils. Ground consisted of layers of highly weathered to slightly weathered granite, coarse sand, and silt at earth pressures up to 4 bar.

The machines were designed for mixed face, variable ground using spoke-type cutterheads with a 37 % opening ratio. Both carbide bits and 17-inch (432 mm) hard rock single disc cutters were used to combat both the clay-like and rocky conditions.

kopfdrehzahl wurde nicht zu hoch gewählt (max. ca. 1,5 min^{-1}), um Belastungen auf den Baugrund und Oberflächenabsenkungen in nicht standfesten Geologien zu minimieren. Gleichzeitig wurden die TBM für hohe Drehmomente ausgelegt, um die Penetrationsrate im Weichgestein zu erhöhen.

Die TBM wurden an Stationen in offener Bauweise, die in dicht besiedelten Stadtteilen Guangzhous liegen, montiert und angefahren. Vom Vortriebsbeginn an war die Viskosität des roten, tonartigen Bodens höher als erwartet, was zwar die Erzeugung des pastösen Erdbreies vereinfachte, allerdings auch dazu führte, dass der Bohrkopf mit dem Zentrum blockierte.

Um durch diese klebrigen Schichten fahren zu können, wurde Schaum injiziert, was die Viskosität verringerte, und gleichzeitig wurde durch Injektionsöffnungen in der Personenschleuse Wasser injiziert um das Bohrkopfzentrum frei zu spülen. Dieses Verfahren wurde durch den Betrieb von 4 Schaumdüsen am Bohrkopf unterstützt.

Trotz Wechsellagerungen im Baugrund und anderer Herausforderungen wie geringe Überdeckung und Unterquerung gefährdeter Bebauung erzielten die Maschinen beste Monatsleistungen von 377 m – und dies wurde von keiner der anderen 16 Maschinen, die beim Bau der Guang-Fo-Linie in der Metro Guangzhou eingesetzt waren, übertroffen. Beide EPB-TBM beendeten den Tunnelvortrieb im September und Oktober 2009 – mehr als 1 Monat vor dem Plantermin und mit minimalem Verschleiß an den Bohrköpfen.

Fazit

EPB-TBM sind für den Vortrieb in wechselhaftem Baugrund absolut geeignet und einsetzbar –ausgerüstet mit den richtigen Schneidwerkzeugen und unter Anwendung von Additiven. Die Zusammenarbeit der Bauunternehmer mit den TBM-Herstellern ist Basis für die optimale Bohrkopfkonstruktion und die richtige Wahl der Additive und deren Zugabe mit dem Ziel, minimalen Verschleiß und beste Vortriebsleistungen zu erreichen. Wie in vielen Belangen des Tunnelbaues – der Erfolg beginnt mit der Planung und lange vor dem ersten Bohrhub.

Each EPB cutterhead was driven by 10 variable frequency drive (VFD) electric motors, for a total cutterhead power of 900 kW. Cutterhead rotation was kept low (around 1.5 rpm at maximum), in order to reduce ground disturbance and surface settlement in non-self-supporting geology. At the same time, the machines were designed with high torque to increase the rate of instantaneous penetration in soft ground.

The machines were launched from cut and cover station sites in a densely urban area of Guangzhou. From the start, the viscosity of a red, clayey soil layer was higher than expected, making the mud cake easy to form, but also prone to blocking the central area of the cutterhead. In order to pass through the sticky layer, foam was added to reduce viscosity, while reserve water injection holes inside the man-lock were used to flush any clogged soil from the central cutterhead area. The situation was aided by a system of 4 independent foam injection points on the cutterhead, which prevented clogging of multiple ports on one side of the cutterhead, which can lead to uneven wear.

Despite the mixed ground and other challenges including low cover and sensitive structures, the machines achieved a best month of 377 m - higher than any of the 16 TBMs that worked on the Guangzhou Metro, Guang-Fo Line Project. Both Robbins EPBs completed 4.5 km of tunnelling with little cutterhead wear more than a month early, in September and October 2009.

Conclusions

EPBs are fully capable of excavating highly variable and abrasive ground conditions - with the proper tools, design, and additives. Contractors who work with manufacturers and suppliers to achieve an optimal cutterhead design and a proper additive injection program can expect to experience less wear and better advance rates. As with many aspects of tunneling, success begins with planning, long before the first TBM push.

PROFIL
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG
fachbuchtipp

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.

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

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

Metro Cityringen Kopenhagen: Innovatives Grundwassermanagement

Um die Infrastruktur in der dänischen Hauptstadt zu verbessern, vergrößert Kopenhagen sein bestehendes Metro-System durch den Bau des neuen Metro-Ringes „Cityringen" um zwei Drittel. Im folgenden Beitrag wird bei der Betrachtung des Projektes im Besonderen auf das innovative Grundwassermanagement eingegangen.

Metro Cityringen Copenhagen: Innovative Groundwater Management

Copenhagen is increasing the size of its existing Metro system by two-thirds through the construction of the new "Cityringen" Metro ring in order to improve the infrastructure of the Danish capital. The following report deals with the project in general and concentrates especially on the innovative groundwater management system.

Dipl.-Geol. Helena Demel, B.Eng. Henrik Koers, Dipl.-Ing. Tim Röder;
Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D, info@hoelscher-wasserbau.de

Projektvorstellung

Der Cityringen besteht aus einem 15,5 km langen doppelröhrigen Tunnelsystem sowie 17 U-Bahn-Stationen und einem oberirdischen Wartungsbahnhof. Die führerlosen U-Bahn-Züge werden ab 2018 rund um die Uhr täglich bis zu 240.000 Menschen transportieren. Das gesamte Projektbudget des Bauherrn Metroselskabet I/S beträgt 2,87 Mrd. Euro.

Die Hölscher Wasserbau GmbH wurde vom Generalunternehmer CMT I/S mit der Ausführung des Grundwassermanagements für das Projekt beauftragt.

Der Tunnel besteht aus 2 Röhren mit jeweils 5,78 m Durchmesser und wird von insgesamt 4 gleichzeitig eingesetzten EPB-TBM aufgefahren. Die Tunnelröhren verlaufen im Kopenhagener Kalkstein in einer Tiefe von bis zu 25 m unter der Erde. Neben den TBM-Vortrieben werden insgesamt 21 Schächte mit mittleren Abmessungen von 65 x 20 m und Tiefen von bis zu 30 m hergestellt. Diese sind für die 17 Stationen sowie TBM-Startschächte und sonstige Sonderbauwerke nötig (Bild 1).

Geologie

Die für den Tunnelvortrieb relevante Boden- bzw. Felsschicht bildet der Kopenhagener Kalkstein (Copenhagen Limestone). Dieser steht ab einer Tiefe von ungefähr 10 bis 15 m unter Gelände an. Er gliedert sich im Aufbau in eine 2 bis 5 m mächtige Schicht fortgeschrittener Verwitterung „Upper Copenhagen Limestone" sowie der unterliegend bautechnisch berührten Schicht „Middle Copenhagen Limestone" und der Schicht des „Lower Copenhagen Limestone". Im Verbund mit überlagernden quartären Kiessanden aus eiszeitlicher Ablagerung mit einer Schichtdicke von rund 2 m bildet die Kalksteinformation einen Grundwasserhorizont. Dieser Aquifer ist für die Wasserhaltungsarbeiten an den Bauschächten der Metrostationen sowie den Startschächten

Project Presentation

The Cityringen comprises a 15.5 km long twin-bore tunnel system as well as 17 Underground stations and a surface maintenance depot. As from 2018, the driverless Metro trains will transport up to 240,000 passengers 24/7. The total project budget for the client, Metroselskabet I/S amounts to 2.87 billion euros.

Hölscher Wasserbau GmbH was commissioned to execute the groundwater management by the general contractor CMT I/S.

The tunnel consists of 2 bores each 5.78 m in diameter and is being produced by 4 EPB TBMs driving simultaneously. The bores run through Copenhagen Limestone down to a depth of 25 m below the surface. In addition to the TBM drives, a total of 21 shafts averaging 65 x 20 m with depths of up to 30 m are to be created. These are required for the 17 stations as well as TBM starting shafts and other special structures (Fig. 1).

Geology

Copenhagen Limestone forms the predominant ground layer through which tunnels are to be driven. This layer is to be found at a depth of approx. 10 to 15 m beneath the surface. It is divided into a 2 to 5 m thick layer of highly weathered Upper Copenhagen Limestone with Middle Copenhagen Limestone – affected by tunnelling – underneath followed by Lower Copenhagen Limestone. This limestone formation forms a groundwater horizon in conjunction with roughly 2 m thick superordinated quaternary gravel sands of glacial origin. This aquifer is critical to the water control operations at the construction shafts for the Metro stations and the starting shafts for the TBMs and the special structures. The hydraulic capability of the limestone greatly depends on the separation plane and fissure formation as well as its orientation. The average horizontal permeability is 3 to 10 times greater than the vertical one. The lower aquifer is separated by a quaternary overconsolidated marl layer from the aquifer close to the surface, which

Layout Metro Cityringen (Foto: Metroselskabet I/S)

Layout of Metro Cityringen (Photo: Metroselskabet I/S)

der TBM und den Sonderbauwerken entscheidend. Die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kalksteins ist stark von der örtlichen Trennflächen- und Kluftausbildung sowie deren Orientierung abhängig. Die mittlere horizontale Permeabilität ist im Vergleich zur vertikalen um den Faktor 3 bis 10 größer. Hydraulisch mäßig getrennt wird der untere Aquifer durch eine quartäre überkonsolidierte Mergelschicht vom oberflächennahen Aquifer, der aus jüngeren quartären geringmächtigen Kiessandlagen, Mergelschichten und Auffüllungen besteht.

Das System

Die Konstruktion der Tunnelschächte besteht aus Schlitzwänden und überschnittenen Bohrpfählen mit einer Tiefe von bis zu 46 m, die damit weit in den Kopenhagener Kalkstein einbinden. Zum Abteufen der Schächte und insbesondere zur Entspannung der Schachtsohle ist eine innen liegende Grundwasserabsenkung erforderlich. Da keine Wasser stauende Schicht ansteht, hätte dies natürlicherweise zur Folge, dass sich der Grundwasserspiegel auch außerhalb der Schächte absenkt. Eine Absenkung des normalen Grundwasserstandes ist im Kopenhagener Stadtzentrum jedoch nicht zugelassen, da es auf alten Holzpfählen gegründet ist welche auf keinen Fall trocken gelegt werden dürfen (Bild 2).

Durch Re-Infiltration von aufbereitetem Grundwasser in den Aquifer soll gewährleistest

comprises younger quaternary thin gravel sands, marl layers and fills.

The System

The tunnel shafts are designed as diaphragm walls with overcut drilled piles down to a depth of 46 m providing substantial penetration into the Copenhagen Limestone. Internal groundwater lowering is needed to allow shaft sinking and particularly to relieve the shaft floor. As there is no impermeable layer this would of course mean that the groundwater level would also drop outside the shaft. However it is not permitted to lower the normal groundwater level in the centre of Copenhagen as it is set up on old wooden piles, which must on no account be allowed to dry out (Fig. 2).

It is intended to reinfiltrate treated groundwater into the aquifer to ensure that the groundwater level does not change outside the shafts. The existing groundwater is observed at a number of defined measuring points and the required amount of water infiltrated by means of infiltration wells. For this purpose the Hölscher Wasserbau GmbH developed an innovative concept, which possesses both technical and economic advantages. The system contains water treatment plants, which enable the groundwater to be reinfiltrated once treated so that expensive drinking water is saved. In addition, the system can control the groundwater level in the city by fully automatic, computer-regulated means thus enhancing safety.

werden, dass sich der Grundwasserstand außerhalb der Schächte nicht ändert. An mehreren definierten Messpegeln wird der vorhandene Grundwasserstand beobachtet und mittels Infiltrationsbrunnen die erforderliche Menge an Wasser infiltriert. Hierzu entwickelte die Hölscher Wasserbau GmbH ein innovatives Konzept, welches sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile hat. Das konzipierte System enthält Wasseraufbereitungsanlagen, die es ermöglichen das geförderte Grundwasser nach der Behandlung wieder zu Infiltrieren und somit teures Trinkwasser einzusparen. Des Weiteren kann das System den Grundwasserstand in der Stadt vollautomatisch und computergesteuert regeln und somit die Sicherheit erhöhen.

Insgesamt besteht das Grundwassermanagementsystem für den Cityring aus ca. 600 Entnahme- und Re-Infiltrationsbrunnen sowie ca. 600 mit GPRS-Datenlogger ausgestatteten Grundwassermesspegel, 21 Wasseraufbereitungsanlagen, ca. 25 km Rohrleitung und einem vollautomatischen SCADA-System.

Aufbau der Grundwassermanagement-Anlage

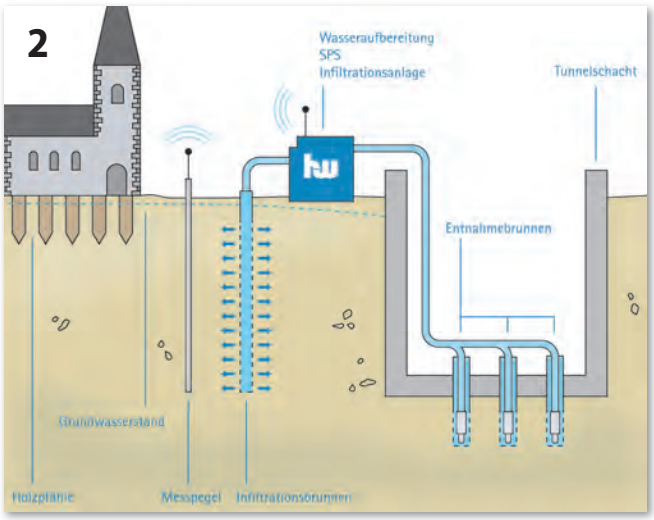
Brunnen und Brunnenherstellung

Grundvoraussetzung zur erfolgreichen Installation der Anlagen des Grundwassermanagements ist die Herstellung von funktionsfähigen Brunnen. Die Arbeiten umfassen die Herstellung von Förder-, Re-Infiltrations- und Monitoringbrunnen. Für die einzelnen Stationen und weitere Schachtbauwerke werden separate Brunnengalerien aus den genannten Brunnenarten abgeteuft. Die Brunnentiefen liegen je nach Erfordernis zwischen 15 und 45 m unter Gelände.

Gebohrt wird durchgängig mit der DTH-Methode (Hammerbohrungen mit Doppelkopfverfahren). In einem Arbeitsschritt werden Bohrgestänge und Verrohrung zusammen abgeteuft. Über den Ringraum zwischen Gestänge und gleichzeitig abgeteufter Verrohrung wird mittels Druckluft das Bohrgut gefördert. So lässt sich in dieser bohrtechnisch schwierigen Geologie mit vielen natürlichen Hindernissen im Quartär sowie der Formation des Kalkseins ein wirtschaftlicher Bohrprozess unterhalten.

An den Bohrprozess sind in Kopenhagen erhöhte Anforderungen gestellt. Um das innerstädtische Leben auch während der Bauzeit in der gewohnten Qualität zu gewährleisten, ist ein besonderes Augenmerk auf die Verkehrssicherung sowie die Emission von Schall und Abgasen zu legen. Um die Abgasbelastung zu verringern wurden alle Bohrgeräte mit Rußpartikelfiltern ausgestattet.

Die Pumpbrunnen lokalisieren sich jeweils innerhalb der Schachtbauwerke, um dort den Grundwasserspiegel des von unten unter freiem Zufluss stehenden Aquifers abzusenken. Förderbrunnen werden über die gesamte Brunnenlänge verfiltert um aus beiden Aquiferen in allen Bauphasen Wasser fassen und so die Absenkung kontinuierlich sicherstellen zu können. Es kommen PVC-Filter mit 165 mm Durchmesser zur Anwendung. Schlitzweiten der Filter und die Fraktionen von Filterkörnungen werden der jeweiligen geologischen Situation angepasst.



Prinzipskizze Grundwassermanagement

General diagram of groundwater management system

Altogether the groundwater management system for the City Ring consists of approx. 600 extraction and reinfiltration together with as around 600 groundwater measuring sensors with GPRS data loggers, 21 water treatment plants, approx. 25 km of pipeline and a fully automatic SCADA system.

Set-up of the Groundwater Management System

Wells and Well Drilling

Drilling wells capable of functioning represents the basic essential for successfully installing the system. Activities involve creating extraction, reinfiltration and monitoring wells. Separate well galleries are drilled from the various types of well mentioned for the individual stations and the further shaft structures. The well depths vary from 15 to 45 m depending on requirements.

The DTH (down-the-hole) method is applied throughout. The drill string and casing are sunk together in a single operation. The drilled material is removed by means of compressed air via the annular gap between the string and the casing. In this way an economic drilling process can be pursued in this technically difficult geology which includes many natural obstacles in the quaternary and the limestone formation.

Enhanced demands are placed on the drilling process in Copenhagen. Special attention must be paid to safeguarding traffic as well as noise and fume emission in order to ensure that the quality of life in the downtown area remains unaffected. All drilling appliances were equipped with soot particulate filters to reduce the impact of fumes.

The pump wells are in each case located within the shaft structures in order to lower the groundwater level there from the aquifer, which is freely accessible underneath. Extraction wells are filtered along the entire well length so that water is collected from both aquifers during all construction phases in order to ensure that lowering is carried out continuously. PVC filters with a diameter of 165 mm are used. The filter slot widths and the filter grain fractions are adapted to the given geological situation.

Nach Fassung und Aufbereitung des Förderwassers wird es in die außerhalb der Baugrube im Umkreis von bis zu 500 m gelegenen Re-Infiltrationsbrunnen wieder dem Untergrund zurückgegeben. Die Re-Infiltration erfolgt über Brunnen, deren Re-Infiltrationsstrecken im Kluftwasserleiter stecken. So soll der Grundwasserhorizont, dem primär das Wasser entzogen wird, wieder an sein natürliches Niveau angepasst werden. Eine dauerhafte, zeitverzögerte Beeinflussung des oberen Aquifers über die Mergelschicht, welche sich suboptimal auf die umliegend gegründete Bebauung auswirken würde, wird so verhindert. Der Ausbau erfolgt mit Voll- und Filterrohren mit 165 mm Durchmesser.

Zur Sicherstellung und Kontrolle der Absenk- und Re-Infiltrationsziele werden im weitläufigeren Umkreis Monitoringbrunnen mit Peilfiltern in beiden Aquiferen hergestellt. Hierzu werden jeweils HDPE-Rohre mit 63 mm Durchmesser mit 2 m Filterstrecke eingebaut. Bild 3 zeigt einen Auszug aus der dokumentierten Erfassung der Bohrarbeiten inklusive des Schichtenaufbaus und des Ausbaus an einem Monitoringbrunnen.

Zur Kontrolle der Leistungsfähigkeit der Brunnen, die stark von der globalen und lokalen Kluftausbildung und -orientierung des Kalksteins abhängt, werden an den Pump- und Re-Infiltrationsbrunnen Drei-Stufen-Tests und an den Monitoringbrunnen Kapazitätstests durchgeführt. Die Drei-Stufen-Tests gliedern sich in 3 direkt ineinander übergehende Pumpstufen ansteigender Pumpleistung von je 1 Stunde Zeitumfang und anschließender dreistündiger Beobachtung des Wiederanstieges. Kapazitätstests bei den Monitoringbrunnen werden mit stündlicher einstufiger Pumpleistung und Beobachtung des Wiederanstieges über 1 Stunde gefahren. Die Wasserstände während der Bepumpung und des Wiederanstieges werden elektronisch über Logger erfasst und durch Handmessungen referenziert (Bild 4).

SCADA-Steuerungsanlage

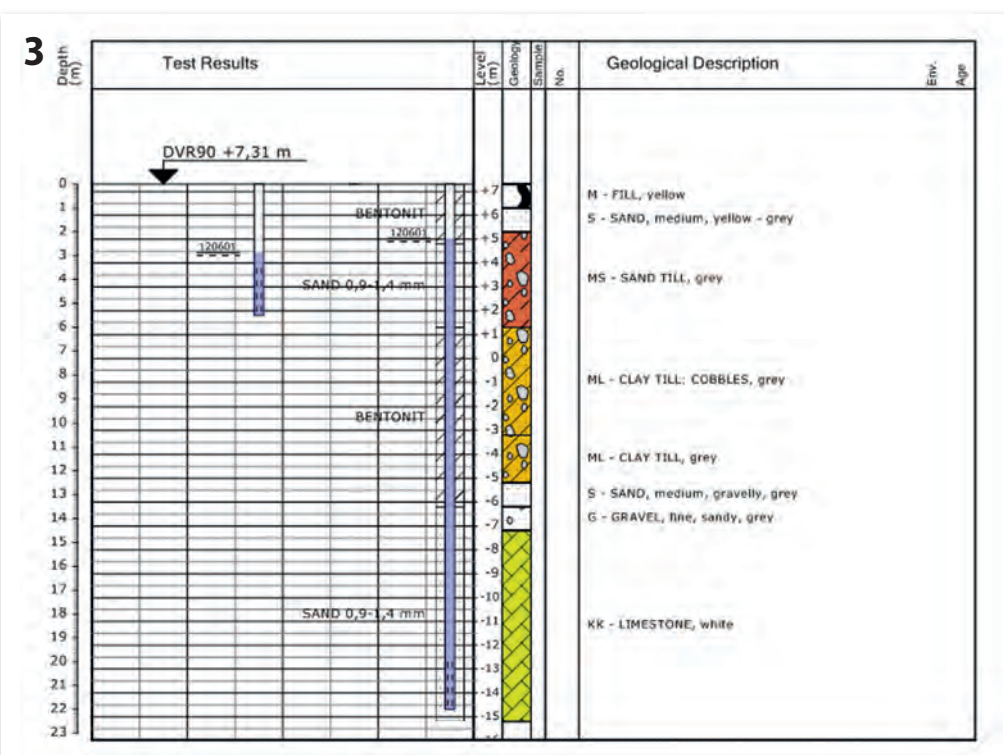
Die Grundwassermanagement-Anlage wird zentral über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SCADA) gesteuert und überwacht. Dazu wird jede der 21 lokalen Baustellen von einer Siemens-SPS gesteuert. Über die SPS werden die frequenzgesteuerten Brunnenpumpen, die Wasseraufbereitung und die Re-Infiltration geregelt und überwacht.

After the extracted water is collected and treated, it is returned to the ground via the reinfiltration wells, which are located outside the construction pit at distances of up to 500 m. Reinfiltration takes place via wells, whose reinfiltration sections are to be found in the fissure water aquifer. In this way, the groundwater horizon, from which the water is primarily extracted, is to be returned to its natural level. As a result, a permanent, time-delayed influence on the upper aquifer via the marl layer, which would exert a suboptimal effect on the surrounding structural foundations, is prevented. Supporting is undertaken by means of 165 mm diameter full and filter pipes.

Monitoring wells with piezometers are installed in the vicinity of both aquifers to secure and control the lowering and reinfiltration targets. For this purpose, 63 mm diameter HDPE pipes with a 2 m filter section are installed. Fig. 3 displays an excerpt from the documented compilation of the drilling operations including the layer structure and the lining for a monitoring well.

Three-step tests are carried out on the pump and reinfiltration wells and capacity tests on the monitoring wells to check the efficacy of the wells, which greatly depend on the global and local fissure formation and orientation of the limestone. The three-step tests comprise 3 directly integrated pump stages involving an increasing pump rate each lasting 1 hour followed by a 3-hour long rerise observation phase. Capacity tests for the monitoring wells are executed with an hourly single-stage pump rate and observation of rerising over 1 hour. Water levels during pumping and rerising are compiled electronically via loggers and referred to by manual measurements (Fig. 4).

3



Geologie mit Brunnenskizze

Geology with well diagram

Die 21 SPS-Anlagen sind über UMTS an einen Mainserver angeschlossen. Zwischen den Anlagen und dem Mainserver besteht ein ständiger Datenverkehr, über welchen die Anlagen gesteuert werden und auch Daten zur Dokumentation übertragen werden. Beispielsweise können gewünschte Grundwasser-Absenkziele über den Mainserver eingegeben werden, welche dann in "real time" über die SPS auf die frequenzgesteuerten Brunnenpumpen übertragen werden.

Die 21 Stationen werden visualisiert, wodurch die wichtigsten Betriebszustände der Anlage zu erkennen sind. Das SCADA-System generiert variabel gestaltbare Berichte der Betriebsdaten und stellt sicher, dass bei Fehlfunktionen oder Grenzwertverletzungen entsprechende Nachrichten via Onlinesystem oder SMS abgesetzt werden. Gegenwärtige Betriebsparameter können auf iPads des Wartungspersonals abgerufen werden. Ebenfalls lässt sich die Gesamtanlage

SCADA Control System

The groundwater management system is controlled and monitored centrally by means of a supervisory control and data acquisition system (SCADA). For this purpose, each of the 21 local sites is controlled by a Siemens SPS. The frequency-controlled well pumps, the water treatment and reinfiltration processes are controlled and monitored via SPS.

The 21 SPS stations are connected to a main server via UMTS. Continuous data transmission is maintained between the stations and the main server, by means of which the stations are controlled, with data being transmitted also for documentation purposes. For example, desired groundwater lowering targets can be introduced via the main server, which are then transmitted via SPS to the frequency-controlled well pumps.

The 21 stations are visualised, as a result of which the most essential operating modes for the system are identifiable. The SCADA system generates variably reproducible reports of operational data and ensures that cor-

Brunnenbohrarbeiten im öffentlichen Straßengebiet an der Metrostation "Nuuks Plads"

Well drilling activities in a public area at the "Nuuka Plada" Metro station

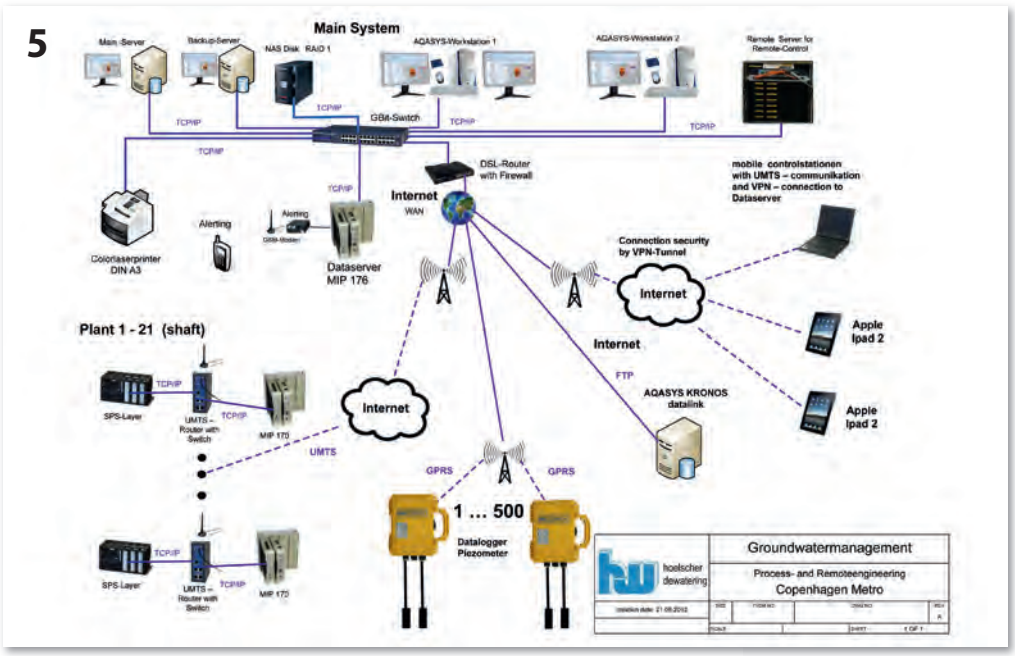
mit den iPads auch steuern. So ist es dem Wartungspersonal möglich, rund um die Uhr von jedem beliebigen Ort aus die ständige Kontrolle über die Anlage zu haben. Des Weiteren können regelmäßig geplante Wartungsvorgänge wie z.B. das Rückspülen der Wasseraufbereitungsanlagen mit einem einfachen „Klick" durchgeführt werden (Bild 5).

Kontrollpegel

Verteilt um die jeweiligen Schachtbauwerke sind ca. 600 Grundwassermesspegel herzustellen. Die Pegel werden mit einem Bohrdurchmesser von 8" hergestellt und als Doppel- bzw. Dreifachpegel ausgebaut. Die Logger in den Grundwasserpegeln zeichnen kontinuierlich den Grundwasserstand auf und übertragen die Daten zur Dokumentation sowie zur Steuerung des Grundwassermanagementsystems an das SCADA-System. Die in Schachtnähe befindlichen Pegel werden per erdverlegter Datenleitung auf die jeweilige SPS geschaltet.

Die Pegel, die sich in größerer Entfernung zu den Steuerungsanlagen befinden, sind mit batteriebetriebenen GPRS-Datenloggern ausgestattet. Die GPRS-Datenlogger übertragen die aufgezeichneten Daten über das Mobilfunknetz direkt zum SCADA-System der Grundwassermanagement-Anlage.

5



Prinzipskizze SCADA-System

General diagram of SCADA system

Monitoring

Die Überwachung der Betriebsparameter erfolgt automatisch über das SCADA-System. Im Vor-

responding messages are provided via an online system or SMS in the event of malfunctions or if limit values are not observed. Current operating parameters can be called up by service staff on iPads. The overall system can also be controlled with iPads. In this way it is possible for the service staff to control the system permanently 24/7 from any location. Furthermore maintenance procedures planned on a regular basis such as e.g. back-flushing the water treatment plants can be undertaken with a simple "click" (Fig. 5).

Monitoring Wells

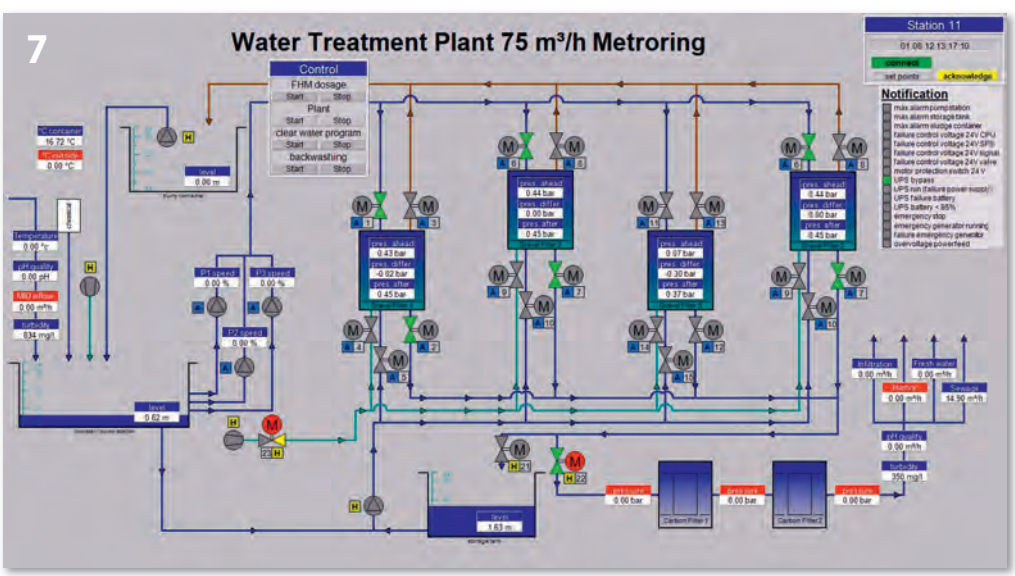
Roughly 600 groundwater monitoring wells distributed around the individual shaft structures have to be installed. These 8" diameter wells take the form of a double or triple piezometer. The loggers in the monitoring wells continuously display the groundwater level and transmit the data to the SCADA system for documentation as well as for controlling the groundwater management system. The wells located close to the shaft are connected with the appropriate SPS via a data line laid in the ground.

The wells, which are located further away from the control facilities, are equipped with battery-operated GPRS data loggers. These GPRS data loggers transmit the recorded data via the mobile communications network directly to the SCADA system of the groundwater management facility.

Monitoring

The SCADA system automatically facilitates monitoring of the operating parameters. Predetermined alarm signals are directly displayed on the system's user interface and transmitted to as many mobile phones as desired in SMS form. In order to ensure that the transmitted data corresponds with the effective groundwater levels, these are checked against manual measurements carried out at regular intervals. The data thus

Wasseraufbereitungsanlage am TBM-Startschacht "Norreproparken"
Water treatment plant at the "Norreproparken" TBM starting shaft



Steuerungsanlage für die Wasseraufbereitungsanlage "Norreproparken"
Control system for the "Norreproparken" water treatment plant

feld definierte Alarmmeldungen werden bei auftretenden Grenzwertverletzungen direkt auf der Benutzeroberfläche des Systems angezeigt und als SMS auf eine beliebige Anzahl von Mobiltelefonen übertragen. Um zu gewährleisten, dass die übertragenen Daten den tatsächlichen Grundwasserständen entsprechen, werden diese mit regelmäßig durchgeführten manuellen Messungen überprüft. Die anfallenden Daten können in das System eingegeben und zusammen mit den von den Sensoren automatisch übertragenen Daten als Diagramm angezeigt werden um einen bequemen Abgleich zu ermöglichen. Auch die Fördermengen der Pumpbrunnen werden mit regelmäßig manuell abgelesenen Zählerständen abgeglichen.

Trübesonden zeichnen die Suspensionsfracht im geförderten Wasser auf. Liegen Grenz-

obtained can be entered into the system and displayed as a diagram together with the data automatically transmitted by the sensors thus enabling a suitable comparison. The amount of water extracted by the pump wells is compared with regular manually read ratings.

Turbidity sensors indicate the amount of suspension carried by the extracted water. Should limits be exceeded, a signal is automatically initiated, which controls the valve for the reinfiltration line or the drainage system to open or close them. The turbidity sensor is calibrated when the system is commissioned. Water samples are taken at regular intervals and checked to establish their chemical components to ensure the water quality within the system and prevent any premature aging through deposits forming.

Water Treatment Plant

The pumped groundwater from the shafts is treated to provide a quality better than drinking water prior to being reinfiltrated. Towards this end, the authorities set the highest standards to make absolutely sure that the communal wells that provide drinking water, which are located in the Metro catchment area, remain unaffected by the reinfiltration process. As a result, in some cases even flocculants, which are permitted for drinking water, are not allowed to be used. Only special compositions developed jointly with the authorities are permitted for use.

The groundwater is pumped to the water treatment plant from the extraction wells in the interior of the shafts. In addition pump sumps to remove the prevailing groundwater are installed in individual shafts, in which special structures have been created by the cavern construction method. This water is first subjected to a pre-sedimentation phase on account of the relatively high sediment content. The water is cleaned to reach a sediment content of < 0.02 mg/l via plate clarifiers and gravel filters. This treated water is then combined with groundwater pumped from extraction wells and passes through to the water treatment plant.

verletzungen vor, so wird automatisch ein Signal erzeugt, das Ventile zur Re-Infiltrationsleitung oder der Kanalisation ansteuert, um diese zu öffnen oder zu schließen. Das Einmessen der Trübesonde erfolgt bei Inbetriebnahme der Anlage. Für die Gewährleistung der Wasserqualität innerhalb der Anlage und um deren frühzeitiger Alterung in Form von Anlagerungen vorzubeugen, werden in regelmäßigen Abständen Wasserproben entnommen und auf ihre chemischen Bestandteile untersucht.

Wasseraufbereitungsanlage

Das gepumpte Grundwasser aus den Schächten wird, um es wieder infiltrieren zu können, auf eine Qualität besser als Trinkwasserqualität aufbereitet. Die Behörden stellen dazu höchste Anforderungen um absolut auszuschließen, dass die kommunalen Trinkwassergewinnungsbrunnen, welche sich im weiten Einzugsbereich der Metro befinden, von der Re-Infiltration in irgendeiner Weise beeinflusst werden. So werden teilweise selbst Trinkwasser zugelassene Flockungshilfsmittel nicht zur Anwendung freigegeben. Nur gemeinsam mit den Behörden entwickelte spezielle Rezepturen dürfen verwendet werden.

Das Grundwasser wird aus den im Innern der Schächte angeordneten Entnahmebrun-

In addition to a chemical treatment step, the treatment plant mainly consists of an oxidation plant, in which bivalent iron is oxidised to form the trivalent variety, and subsequently removed from the groundwater by means of gravel filters. The treated water is then pumped to the reinfiltration plant.

The ground conditions at the "Sonder Boulevard" tunnel shaft present a special challenge. The groundwater there is polluted with benzene and cyanides. In this case the standard treatment plant is extended to include activated carbon filers, strippers, ion exchangers as well as centrifugal technique. The water from the groundwater management system passes through this plant along with the process water from the installation at the diaphragm walls as well as the process water, which ensures during well drilling. In addition to the existing complexity of the treatment plant as such, logistical challenges for managing this process water have to be tackled (Figs. 6 + 7).

Infiltration Plant

The necessary water pipelines and control cables are laid underground, mainly in roads, between the infiltration wells and the control/treatment facilities. The prevailing geology indicates relatively different capacities for the individual infiltration wells. In this connection it should be mentioned that the horizon-

rowa TUNNELLING LOGISTICS

Wir können es besser. Und wirtschaftlicher.

Rowa vereint hohe Kompetenz im Anlagenbau und langjährige Erfahrung im Untertagebau. Intelligente Gesamtlösungen vom Vortrieb bis zur Deponie sind unser Markenzeichen: Sie garantieren eine überdurchschnittliche Betriebssicherheit und eine hohe Wirtschaftlichkeit.

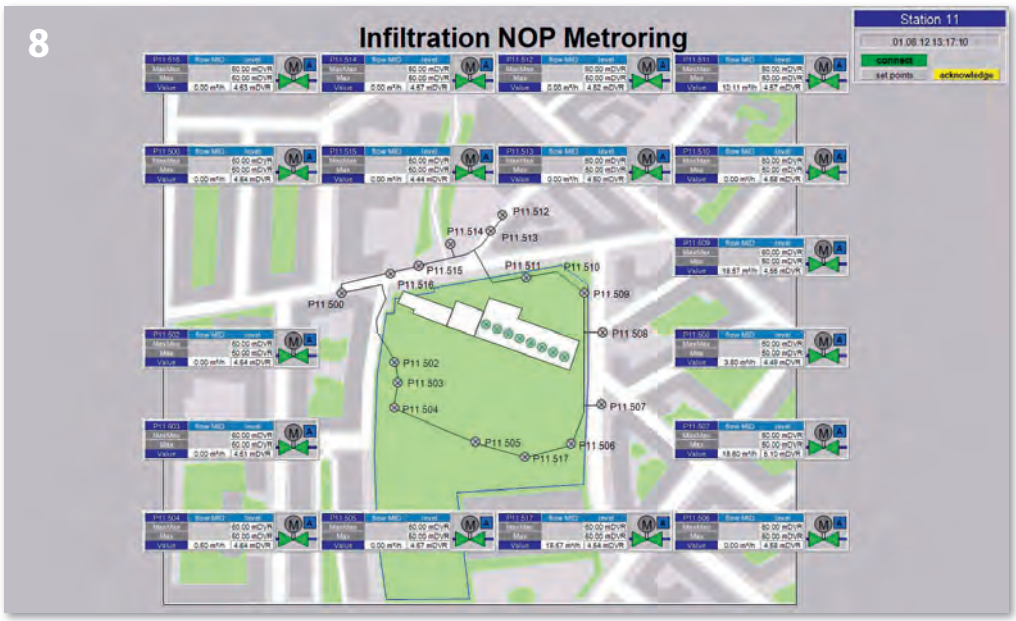
Wir können es besser – weltweit. Das Vertrauen unserer Kunden beweist es.

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

nen zur Wasseraufbereitungsanlage gepumpt. Zusätzlich sind in einzelnen Schächten, in welchen Sonderbauwerke in Kavernenbauweise hergestellt werden, Pumpensümpfe zur Ableitung des anfallenden Grundwassers installiert. Wegen des dann relativ hohen Sedimentgehalts wird dieses Wasser zuerst über eine Vorsedimentation geführt. Über Lamellenschrägklärer und Kiesfilter wird das Wasser bis auf einen Sedimentgehalt < 0,02 mg/l abgereinigt. Das nun vorsedimentierte Kavernenwasser sowie das Grundwasser, welches direkt aus den Förderbrunnen gepumpt wird, durchläuft die eigentliche Wasseraufbereitungsanlage.

Die Aufbereitungsanlage besteht neben einer chemischen Aufbereitungsstufe primär aus einer Oxidationsanlage, in der zweiwertiges Eisen zu dreiwertigem Eisen aufoxidiert wird, und anschließend mittels Kiesfiltern aus dem Grundwasser entfernt wird. Das gereinigte Wasser wird dann zur Re-Infiltrationsanlage gepumpt.

Eine besondere Herausforderung stellt die Baugrundsituation am Tunnelschacht "Sonder Boulevard" dar. Das Grundwasser ist dort mit Benzol und Cyaniden belastet. Hier wird die Standard-Aufbereitungsanlage mit Aktivkohlefiltern, Stripanlagen, Ionentauscher-Anlagen sowie Zentrifugentechnik erweitert. Nicht nur das Wasser aus dem Grundwassermanagement-System durchläuft diese Anlage, sondern auch Prozesswässer aus der Herstellung der Schlitzwände sowie die Prozesswässer, die bei der Herstellung der Brunnenbohrungen anfallen. Neben der per se schon vorhandenen Komplexität der Aufbereitungsanlage sind zudem noch logistische Herausforderungen für das Management dieser Prozesswässer zu meistern (Bild 6, 7).



Steuerungsanlage für die Re-Infiltration am TBM-Startschacht "Norreproparken"

Control system for reinfiltration at the "Norreproparken" TBM starting shaft

Infiltrationsanlage

Zwischen den Infiltrationsbrunnen und den Steuerungs-/Aufbereitungsanlagen werden unterirdisch, vorwiegend in Straßen, die erforderlichen Wasserleitungen und Steuerungskabel verlegt. Die anstehende Geologie impliziert relativ unterschiedliche Leistungsfähigkeiten der einzelnen Infiltrationsbrunnen. Hierzu ist noch anzumerken, dass die horizontale Durchlässigkeit des Kopenhagener Kalksteins etwa 3 bis 10 mal größer ist als die vertikale Durchlässigkeit.
Zur Ermittlung der optimalen Betriebszustände wurde das Schluckvermögen eines jeden Infiltrationsbrunnens im Rahmen eines Testlaufes bestimmt. Die Testergebnisse wurden als Grundlage für die Programmierung der Grundwassermanagement-Anlage herangezogen.

tal permeability of Copenhagen Limestone is roughly 3 to 10 times greater than the vertical permeability.

The capacity of each infiltration well was determined by a test run to establish the optimal operating conditions. The test results were taken as the basis for programming the groundwater management system. The water treatment plant and the infiltration plant in conjunction with the control system form a complex, interactive system. The infiltration plant constitutes the core of the system. It consists of valves and automatic flaps, which are controlled via the SPS. The automatic flaps are initiated in keeping with the current groundwater conditions recorded by the piezometers thus regulating the rate of inflow to the infiltration well. The maximum rate of inflow to a well is established in advance in keeping with the determined capacity. The resultant tolerances for the current groundwater level amount to a few centimetres. Such results are practically impossible to attain with conventional, manually operated infiltration wells.

A total of around 20 million m^3 of groundwater is being prepared via the water treatment plants and reinfiltrated into the Copenhagen subsoil.

Reporting System

The SCADA system enables the recorded data to be displayed in lucid fashion in the form of individually presented reports. In this connection, the selection of parameters can be summarised as hourly or daily averages and exported as a daily, weekly or monthly report. Additional data in diagram form can be displayed alongside water balances and further tabular listings.

Summary and Outlook

The fully automatically controlled groundwater management system, as is applied for building the Metro Cityringen project, affords the ultimate degree of safety in conjunction with an inner-urban tunnelling scheme. Furthermore the authorities and client's representatives can place great faith

Die Wasseraufbereitungsanlage und die Infiltrationsanlage zusammen mit der Steuerungsanlage bilden ein komplexes, zusammenhängendes System. Den Kern der Anlage bildet das Infiltrationssystem. Es besteht aus Schiebern und automatischen Klappen, die über die SPS gesteuert werden. Entsprechend den von den Messpegeln aufgezeichneten aktuellen Grundwasserständen werden die automatischen Klappen angesteuert und somit der Zufluss zum Infiltrationsbrunnen geregelt. Der maximale Zufluss zu einem Brunnen wird vorab entsprechend dem ermittelten Schluckvermögen eingestellt. Die dabei erreichten Toleranzen des aktuellen Grundwasserstandes liegen im Zentimeterbereich. Solche Werte sind mit herkömmlichen, manuell betriebenen Infiltrationsbrunnen praktisch unmöglich.

Insgesamt ca. 20 Mio. m^3 Grundwasser werden über die Wasseraufbereitungsanlagen aufbereitet und wieder in den Kopenhagener Untergrund infiltriert (Bild 8).

Berichtswesen

Das SCADA-System bietet die Möglichkeit, die aufgenommenen Daten in Form von individuell zusammengestellten Berichten übersichtlich darzustellen. Hierbei kann die Auswahl an darzustellenden Parametern als Stunden- oder Tagesmittelwerte zusammengefasst und als Tages-, Wochen- oder Monatsbericht exportiert werden. Neben Wasserbilanzen und weiteren tabellarischen Auflistungen können zusätzlich Daten in Form von Diagrammen angezeigt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Das vollautomatisch gesteuerte Grundwassermanagementsystem, wie es beim Bau der Metro Cityringen verwendet wird, bietet ein Höchstmaß an Sicherheit im Umfeld innerstädtischer Tunnelbaumaßnahmen. Darüber hinaus wird zu Behörden und Bauherrenvertretern großes Vertrauen geschaffen durch die Möglichkeit, ständig über einen direkten Onlinezugang zum Grundwassermanagementsystem einen Überblick der Grundwassersituation zu haben.

Neben dem Sicherheitsaspekt bietet dieses Grundwassermanagementsystem nachhaltige Vorteile in der Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Allein schon die Tatsache, dass durch die Aufbereitung und somit Weiterverwendung von Grundwasser hohe Trinkwasser- und Einleitgebühren eingespart werden können, können monetär direkt bewertet werden. Hinzu kommt die Möglichkeit entsprechend dem aktuellen Schluckvermögen der Infiltrationsbrunnen die Anlage fortlaufend flexibel zu regeln.

Ganz zuletzt sei noch die international steigende Bedeutung von Umweltverträglichkeitsprüfungen erwähnt, deren Rahmenbedingungen innovative Lösungen zum Schutz der Grundwasserressourcen im Zuge von Bauprojekten erfordern.

in the measure implemented as they are able at all times to obtain an insight into the groundwater situation thanks to direct online access to the groundwater management system.

Apart from the safety aspect, this groundwater management system affords sustainable advantages regarding economy and environmental compatibility. Alone owing to the fact that through the treatment and reutilisation of groundwater, high drinking water and disposal charges can be avoided and the savings can be directly assessed monetarily. Furthermore, it is possible to constantly regulate the facility in a flexible manner in accordance with the current capacity of the infiltration wells.

In conclusion the ever increasing significance of environmental compatibility tests at international level should be mentioned, whose general conditions require innovative solutions to protect groundwater resources in conjunction with construction projects.

Literatur / References
T&T „Expansion of the Copenhagen Metro", Februar 2012

Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker
im Tunnelbau

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

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

TechnoBochum
DAS Original
- Kompetenz seit über 25 Jahren -

TechnoBochum

Salweidenbecke 21
44894 Bochum, Germany
Tel. +49 (0)2 34/5 88 73-73
Fax +49 (0)2 34/5 88 73-10
info@techno-bochum.de
www.techno-bochum.de

Alpine Tunnelbauerfahrung für hochmechanisierten konventionellen Vortrieb im Himalaja

Der Rohtang Pass Highway Tunnel wird unter schwierigen Bedingungen konventionell mit der Teilausbruch-Methode aufgefahren. Geologische und terminliche Herausforderungen verlangen eine Parallelität von Vortrieben und Sohlausbau, welche durch eine hochmechanisierte Vortriebsinstallation ermöglicht wird. Die Anlage führt zu einer Rationalisierung der Arbeitsabläufe und somit zu einer bemerkenswerten Produktivitätssteigerung. Außerdem profitieren alle Beteiligten von einer Verbesserung der Arbeitsplatzbedingungen sowie einer gleichzeitigen Erhöhung der Arbeitssicherheit.

Application of Alpine Tunnelling Experience for Highly Mechanized Conventional Heading in the Himalaya

The Rohtang Pass Highway Tunnel is being built under difficult conditions using the conventional sectional heading method. Geological as well as deadline challenges necessitate sectional headings and invert lining to be carried out simultaneously, using a tailor-made, highly mechanized heading installation. This leads to rationalized work flows and, therefore, to significant productivity increase. Moreover, all participants will benefit from more human work places as well as increased work safety.

A. Belloli, Verwaltungsrat Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen SZ/CH
J. Wenk, Gesamtprojektleiter Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen SZ/CH
www.rowa-ag.ch

Rohtang Pass Highway Tunnel

Der Rohtang Pass gehört mit 3.980 m zu den höchsten befahrbaren Bergpässen der Welt und stellt die einzige Straßenverbindung von der nordindischen Provinz Himachal-Pradesh in die Grenzregion Ladak dar. Wegen heftiger Schneefälle und starker Stürme sind die Ortschaften der westlichen Himalaja-Region nördlich des Passes während der Wintersperre jedes Jahr mindestens 4, oftmals sogar 6 Monate vom Rest des Landes abgeschnitten.

Im September 2009 beauftragte die indische Regierung durch die Border Roads Organisation die Strabag AG/Afcons Joint Venture mit dem Bau des 8,8 km langen Rohtang Pass Highway Tunnels auf ca. 3.100 m über dem Meeresspiegel. Damit wird der Manali-Leh-Highway eine ganzjährig befahrbare Straße, welche die Fahrt über die schmale und gefährliche Passstraße um mehrere Stunden verkürzt.

Der hufeisenförmige Tunnel wird Platz für eine zweispurige, 8 m breite Fahrbahnfläche sowie einen jeweils 1 m breiten Gehsteig auf jeder Seite bieten. Unter der Hauptfahrbahn wird ein 2,25 m hoher und 3,6 m breiter Fluchtstollen in den Tunnelquerschnitt integriert. Der Vortrieb erfolgt von beiden Portalen aus. Da das Nordportal in den Wintermonaten jedoch

Rohtang Pass Highway Tunnel

At 3,980 m a.s.l., the Rohtang Pass is among the highest mountain passes fit for traffic worldwide and represents the only road connection from the North Indian province Himachal-Pradesh to the boarder region Ladak. Each year during winter blockade, every community of the Western Himalaya to the north of the mountain pass is cut off from the rest of the country for 4, often even 6, months because of heavy snowfall and violent storms.

In September of 2009, the Border Roads Organization received the order from the Indian Government to commission Strabag AG/Afcons Joint Venture with the construction of the 8.8 km long Rohtang pass highway tunnel, approx. 3,100 m a.s.l. This will make the Manali-Leh-Highway fit for traffic during the entire year, thereby shortening the drive through the narrow and dangerous mountain pass by several hours.

The horseshoe-shaped tunnel will offer enough space for an 8 m wide two-lane road, as well as a 1 m wide footpath on either side. Underneath the main road, a 2.25 m high and 3.6 m wide escape tunnel will be integrated into the tunnel cross section. Heading started from both portals. Because the northern portal is not accessible during winter months, the heading will be concentrating on the southern portal.

nicht zugänglich ist, erfolgt der Vortrieb schwerpunktmäßig von Süden aus.

Besondere Herausforderungen bei diesem Bauprojekt sind die Höhe, die extremen klimatischen Verhältnisse sowie die geologischen Bedingungen des Himalajas. Die Überdeckung beträgt durchschnittlich 600 m, maximal 1.900 m. Erwartet werden 3 Störzonen und in Einzelstrecken druckhaftes Gebirge. Aus diesem Grund entschieden sich Bauherr und Projektverfasser für einen konventionellen Vortrieb, welcher ein flexibles Anpassen der Vortriebsarbeiten sowie der Stütz- und Sicherungsmethoden in den unterschiedlichen Gesteinszonen ermöglicht [1].

Weitere Herausforderungen für den Vortrieb stellen die Entsorgung von mehr als 800.000 m³ Ausbruchmaterial und größere Wassereinbrüche (bis zu 3 Mio. l/Tag im Juni 2012) dar.

Synchroner Vortrieb in Kalotte und Strosse/Sohle sowie rascher Ringschluss

Bedingt durch den sehr großen Querschnitt von bis zu knapp 135 m² und die geologischen Bedingungen erfolgt der Vortrieb im Teilausbruch. Zunächst wird die Kalotte mit ca. 83 m², in einem zweiten Arbeitsschritt die Strosse mit rund 33 m² mittels Lockerungssprengungen ausgebrochen. Schließlich erfolgt der Ausbruch der Sohle. Bauhilfsmaßnahmen umfassen Felsanker, faserverstärkten Spritzbeton und, je nach Felsklassen, den Einbau von Stahlbögen.

Um einen raschen Ringschluss zu erreichen, müssen Ausbruch und Bauhilfsmaßnahmen im Strossen- und Sohlbereich dicht dem Kalottenvortrieb folgen. Dazu kommt der Einbau der Fertigelemente des Fluchtstollens. Ohne besondere Maßnahmen und Einrichtungen würde die Ver- und Entsorgungslogistik aller Arbeitsebenen eine sehr komplexe Herausforderung und den limitierenden Faktor für die Vortriebsleistung darstellen.

Die Strabag AG/Afcons Joint Venture setzte somit auf eine hohe Mechanisierung des Sprengvortriebs und beauftragte die Rowa Tunnelling Logistics AG mit der Entwicklung, Herstellung, Lieferung, Montageleitung und Inbetriebnahme einer maßgeschneiderten Vortriebsinstallation.

Konzept der Vortriebseinrichtungen

Bei der Auslegung der Vortriebsinstallation in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden konnte Rowa ihre bei der Vortriebsmechanisierung anderer Untertagbauwerke gewonnenen Erkenntnisse einbringen. So flossen in die Vortriebsinstallation für den Rohtang Pass Highway Tunnel insbesondere die Erfahrungen mit den aufgehängten Arbeits- und Vortriebsbühnen vom Baulos Mitholz des Lötschberg-Basistunnels, vom Baulos Sedrun des Gotthard-Basistunnels [2] sowie von den Hauptvortrieben des Ceneri-Basistunnels ein [3].

Die Materialflüsse innerhalb der Linienbaustelle werden durch eine hochmechanisierte, 370 m lange Vortriebseinrichtung unterstützt. Diese besteht im Wesentlichen aus 2 Backenbrechern, 1 an Schienensträn-

Particular challenges of this project are the altitude, extreme climatic conditions, as well as the geological conditions of the Himalaya. The overburden is 600 m on average and 1,900 m maximum. Three fault zones are expected, as well as squeezing rock conditions in certain areas. For this reason, the owner and the project designer have opted for a conventional heading method, which will enable flexible adjustment of the heading, as well as the rock support and safety methods in the different rock formations [1]. Additional challenges for the heading are the removal of more than 800,000 m³ of muck, as well as major inrush of water (up to 3 million l/day in June 2012).

Simultaneous heading in crown and bench/invert as well as rapid ring closure

Due to the very large cross section of up to nearly 135 m², and because of the geological conditions, sectional heading is applied. In a first step, the crown with approx. 83 m², and in a second step the bench with roughly 33 m² are broken loose with loosening blasting. Then, the invert is broken out. Rock support measures comprise rock bolts, fiber-reinforced shotcrete and - according to rock class – the installation of steel arches.

To achieve early ring closure, breakout and rock support measures in the bench and invert areas must immediately follow the crown heading. In addition, the prefabricated elements of the escape tunnel must be installed. Without special measures and equipment, supply and removal logistics of all work levels would become a very complex challenge and represent the limiting factor for heading performance.

For this purpose, the Strabag AG/Afcons Joint Venture aimed for highly mechanized drill and blast heading and gave Rowa Tunnelling Logistics AG the order to develop, produce, supply, assemble and start up a tailor-made heading installation.

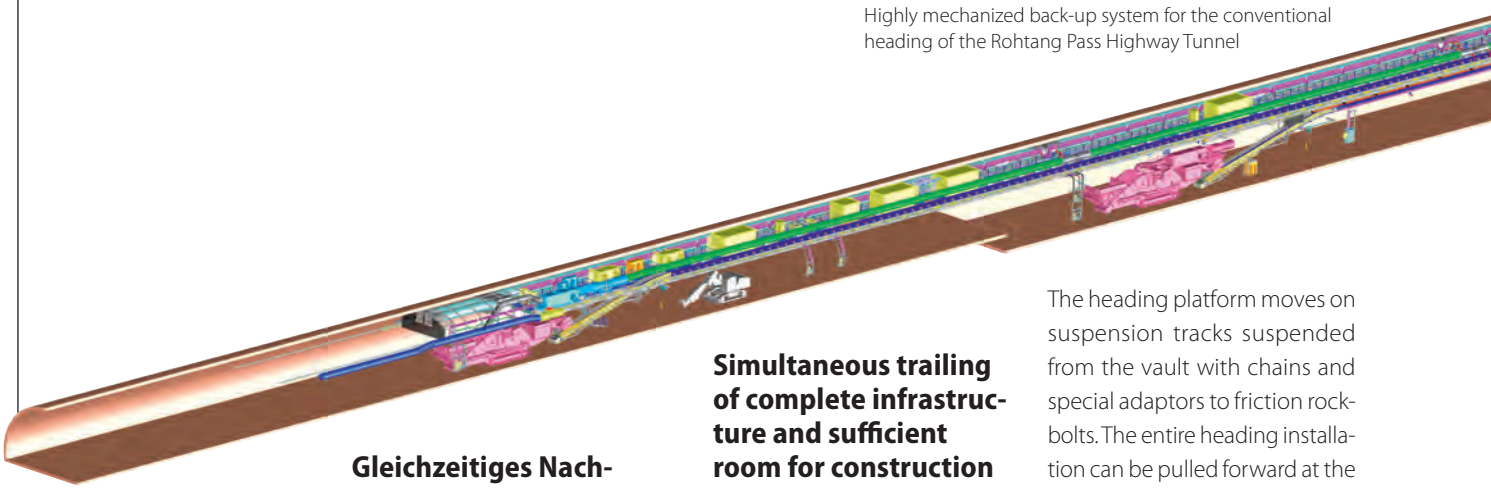
Draft of heading installations

When planning the heading installations in close cooperation with the customer, Rowa was able to make use of experience and valuable insight gained from other heading mechanization projects in tunnelling construction. In this context, experiences made with suspended work- and heading-platforms from the Mitholz section of the Lötschberg Base Tunnel, from the Sedrun section of the Gotthard Base Tunnel [2], as well as from the main headings of the Ceneri Base Tunnel [3], could be used for the heading installations of the Rohtang Pass Highway Tunnel.

The flow of material within the linear construction site is supported by a highly mechanized, 370 m long heading installation. It basically consists of 2 jaw crushers, a heading platform on suspension tracks with its installations and infrastructure, as well as 3 towing conveyors and 1 continuous conveyor (Figure 1).

Crown heading, bench and invert breakout, as well as the installation of the escape tunnel, are independent construction sites for the most part; their performance may differ from the regular heading process. In order to minimize the interdependencies, the selected platform length allows for a relative difference of 60 m between work places, without problems.

1



Hochmechanisiertes Nachlaufsystem für den Sprengvortrieb des Rohtang Pass Highway Tunnels

Highly mechanized back-up system for the conventional heading of the Rohtang Pass Highway Tunnel

gen hängenden Vortriebsbühne mit dazugehörenden Einrichtungen und Infrastruktur sowie 3 Schleppbändern und 1 Streckenband (Bild 1).

Kalottenvortrieb, Strossen- und Sohlausbruch bzw. der Einbau des Fluchtstollens sind größtenteils eigenständige Baustellen; ihre Leistung kann vom Regelvortrieb abweichen. Um die Abhängigkeiten zu minimieren, lässt die gewählte Bühnenlänge eine relative Abweichung von 60 m zwischen den Arbeitsstellen problemlos zu.

Gleichzeitiges Nachziehen der gesamten Infrastruktur und viel Platz für die Baugeräte

Auf der Vortriebsbühne finden alle Infrastruktur-Aufbauten Platz. Es sind dies insbesondere Entstauber, Ventilatoren für die Frischluftversorgung, Spülventilation und Sprenggasabsaugung, Druckluftkompressoren, Trafos für die Umwandlung der eingezogenen Mittelspannung, ein Notstromaggregat, eine Betonpumpe, eine Hochspannungskabeltrommel sowie eine Frischwasserschlauchtrommel. Zusätzlich befinden sich auf der Bühne ein Contai-

Simultaneous trailing of complete infrastructure and sufficient room for construction equipment

All infrastructure installations can be placed onto the heading platform. They are, in particular, a dedusting unit, the ventilators for fresh air, for blowing and suction ventilation, air compressors, transformers for conversion of medium voltage, an emergency generator, a concrete pump, a high voltage cable drum as well as a fresh water hose drum. In addition, the platform contains a container for the heading management, a container for personnel, a workshop container and a storage container, fuel tanks, additives tanks as well as an air duct cassette.

The heading platform moves on suspension tracks suspended from the vault with chains and special adaptors to friction rockbolts. The entire heading installation can be pulled forward at the touch of a button and according to the heading progress. Four platform sections with a pair of stepping devices each and corresponding dilatation areas can be controlled according to the sliding-floors-principle.

Below the heading platform on the invert, the tunnel constructors have a second working level and free floor space for working, manoeuvering and parking at their disposal (Figure 2). Working safety has been increased substantially thanks to clearly arranged space conditions, the rationalization of work flows and the generous illumination.

2

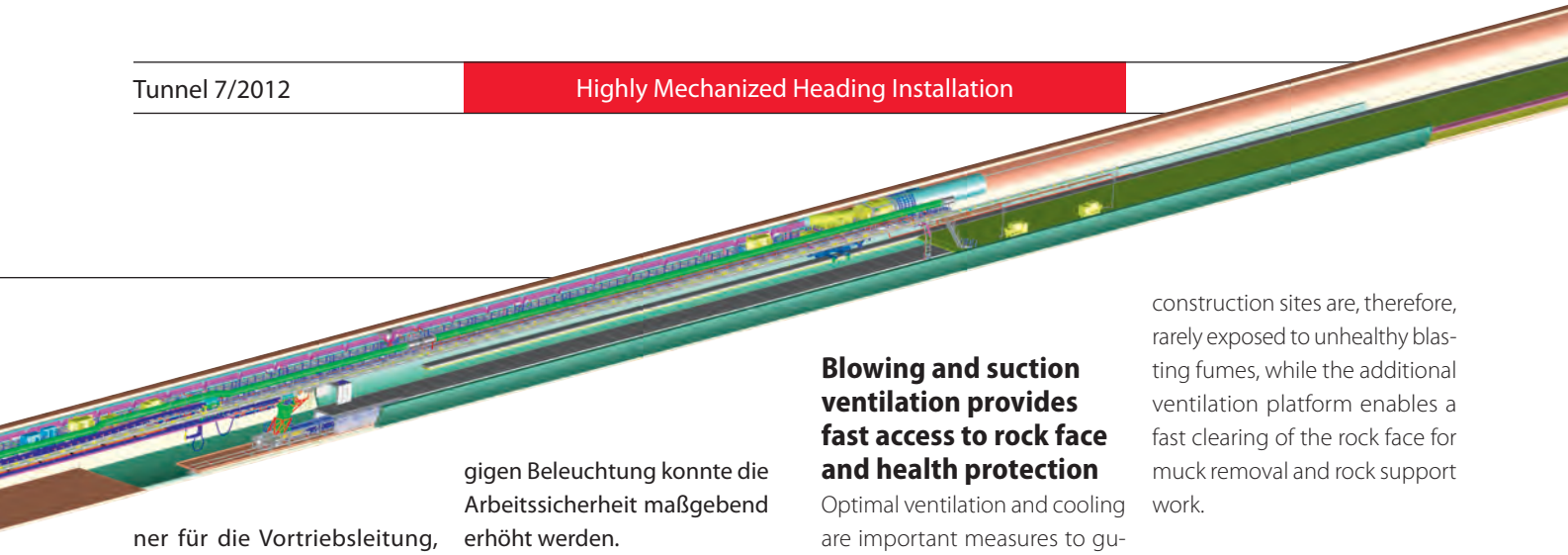
Rationalisierung der Arbeitsabläufe und höhere Arbeitssicherheit dank freiem Arbeits- und Parkraum unter der Vortriebsbühne

Rationalization of work flows and increased working safety thanks to free floor space for working and parking

3

Streckenband mit Abwurfturm bei der Zwischendeponie

Continuous conveyor and discharge tower at the intermediate muck disposal site



ner für die Vortriebsleitung, ein Mannschaftscontainer, ein Werkstattcontainer und ein Lagercontainer, Treibstofftanks, Zusatzmitteltanks sowie ein Luftenspeicher.

Die Vortriebsbühne verfährt in Hängeschienensträngen, welche mittels Ketten und Spezialadapter an Reibrohrankern am Gewölbe aufgehängt sind. Die gesamte Vortriebsinstallation kann per Knopfdruck und dem Vortriebsfortschritt entsprechend nach vorne gezogen werden. Vier Bühnenabschnitte mit je 1 Paar Schreitwerken und entsprechenden Dilatationsbereichen lassen sich nach dem Sliding-Floors-Prinzip steuern. Unter der Vortriebsbühne steht den Tunnelbauern eine zweite Arbeitsfläche und ein abstützungsfreier Arbeits-, Manövrier- und Parkraum zur Verfügung (Bild 2). Mit den übersichtlichen Platzverhältnissen, durch die Rationalisierung der Arbeitsabläufe und dank der großzügigen Beleuchtung konnte die Arbeitssicherheit maßgebend erhöht werden.

Rascher Zugang zur Ortsbrust und humanere Arbeitsbedingungen dank blasender und saugender Bewetterung

Optimale Lüftung und Kühlung sind wichtige Maßnahmen zur Gewährleistung des Gesundheitsschutzes und der Arbeitssicherheit im Tunnelvortrieb. Die Frischluft wird am Portal angesaugt und über Lutten mit 2.800 mm Durchmesser bis zum Heck der Vortriebsbühne geblasen. Ein Ventilator übernimmt hier einen Teil der Luft und befördert diese in einer Lutte mit 2.000 mm Durchmesser bis zum vorderen Bereich der Vortriebsbühne.

Zur effizienten Spülung der Sprengschwaden wird mittels einem dedizierten Ventilator und einer am linken Schienenstrang hängenden Lutte mit 900 mm Durchmesser zusätz-

Blowing and suction ventilation provides fast access to rock face and health protection

Optimal ventilation and cooling are important measures to guarantee health protection and work safety in tunnel headings. Fresh air is sucked in at the portal and blown via air ducts with 2,800 mm diameter to the rear of the heading platform. Here, part of the fresh air is picked up with a ventilator and transferred to the front of the platform by an air duct of 2,000 mm diameter.

For the efficient flushing of blasting fumes, additional air is blown to the rock face with a dedicated ventilator and an air duct of 900 mm diameter, suspended from the left suspension track. On the right side, next to the blasting protection, the blasting fumes are vacuumed off with a suction ventilator as well as the deduster and transferred with 2 air ducts of 900 mm diameter to the rear of the heading platform.

The tunnel constructors of the crown and bench/invert headings and the workers of the rear invert and escape tunnelling construction sites are, therefore, rarely exposed to unhealthy blasting fumes, while the additional ventilation platform enables a fast clearing of the rock face for muck removal and rock support work.

Jaw crushers, towing conveyors and continuous conveyor for removal logistics of the 3 headings

Rowa Tunnelling Logistics AG and their client, Strabag AG/ Afcons Joint Venture, have implemented a logistics system which allows for direct material transport from the rock face all the way to the discharge tower of the intermediate muck disposal site at the touch of a button (Figure 3).

The excavated material is transported after every blast from the rock face of the crown heading by a wheel loader with side tipping bucket over a distance of 50 to 70 m to the mobile crawler type crusher (Figure 4).

The muck crushed by the jaw crusher, with a maximum grain size of 200 mm, is transferred onto the ascending area of the 217 m long towing conveyor placed on the hanging platform.

Backenbrecher im Bereich des Kalottenvortriebs

Jaw crusher in the crown heading area

Vortriebsbühne, Backenbrecher und Schleppband im Bereich des Ausbruch Strosse/Sohle

Suspended heading platform, jaw crusher and towing conveyor in the area of the bench/invert breakout

Aufgehängtes Schleppband und Streckenband im Fluchttunnel

Suspended towing conveyor and continuous conveyor in the escape tunnel

liche Luft zur Ortsbrust geblasen. Die Sprengschwade wird auf der rechten Seite, auf Höhe des Sprengschutzes, von einem Ventilator sowie durch den Entstauber abgesaugt und durch 2 Lutten mit 900 mm Durchmesser bis zum Heck der Vortriebsbühne geführt.

Die Tunnelbauer beim Kalotten- und Strossen-/Sohlvortrieb sowie die Arbeiter der rückwärtigen Sohl- und Fluchtstollenbaustelle sind somit der gesundheitsschädigenden Sprengschwade kaum noch ausgesetzt; die Ortsbrust ist möglichst schnell wieder frei und für die Schutterungs- und Sicherungsarbeiten zugänglich.

Backenbrecher, Schleppbänder und 1 Streckenband für die Entsorgungslogistik der 3 Vortriebe

Rowa Tunnelling Logistics AG und ihr Auftraggeber Strabag AG/Afcons Joint Venture haben ein Logistiksystem umgesetzt, mittels welchem der Materialtransport per Knopfdruck von der Brust bis zum Abwurfturm der Zwischendeponie gesteuert werden kann (Bild 3).

Das ausgebrochene Material wird nach jedem Abschlag von der Ortsbrust des Kalottenvortriebs mit einem Radlader mit Seitenkippschaufel über eine Distanz von 50 bis 70 m zum raupenmobilen Brecher transportiert (Bild 4).

Das vom Backenbrecher zerkleinerte Ausbruchmaterial mit einer maximalen Korngröße von 200 mm wird auf den Steigbereich eines 217 m langen Schleppbandes aufgegeben, welches auf der Hängebühne aufliegt. Ebenfalls per Radlader wird ein zweiter, baugleicher Backenbrecher mit dem Material aus dem Strossenvortrieb bzw. aus dem Ausbruch der Sohle beschickt (Bild 5). Das Material wird auf ein zweites, 110 m langes verfahrbares Schleppband aufgegeben, welches unter der Hängebühne hängt. Dessen Verfahrweg beträgt 60 m.

Simultaneously, a second identical jaw crusher is loaded with material from the bench, and from the invert breakouts, respectively (Figure 5). The material is loaded onto a second 110 m long movable (60 m travelling distance) towing conveyor suspended from the hanging platform.

Both towing conveyors drop the excavation material onto a third, 245 m long towing conveyor suspended from the prefabricated elements of the escape tunnel and transporting the material to the continuous conveyor installed in the escape tunnel (Figure 6). Thereby, the entire carriageway is free of equipment and the lining work can proceed without interruption. The continuous conveyor is elongated every 200 m.

Heavy duty crane, material handling cranes and various pipelines ensure direct supply of the headings

A self-propelling heavy duty crane with a load capacity of 12 t guarantees the supply of rock support material, operational and wear and tear material as well as explosives across the invert construction site to the crown, respectively bench headings. The material is delivered by trucks driving on the completed escape tunnel. Any stop on the way to the rear of the jaw crusher of the bench breakout can be supplied with material. From this point, a travelling crane with 2 x 1.6 t load capacity serves as supply unit for the crown heading. A cross travelling electric chain hoist with 1.6 t load capacity is placed behind the ascending area of each towing conveyor for handling of materials. A lengthwise travelling electric chain hoist takes care of handling of materials from the transport vehicles to the suspension platform and to the storage/workshop container.

Shotcrete for rock support is supplied via truck to the rear of the heading platform, and transferred with 2 shotcrete pumps to the invert construction site,

Spritzbetonmanipulator mit schwenk- und teleskopierbarem Spritzarm. Der Arbeitsbereich beträgt 12 m und 210°

Shotcrete manipulator with swiveling and telescopic spraying arm. The working area covers 12 m and 210°

Beide Schleppbänder werfen das Ausbruchmaterial auf ein drittes, von den Fertigelementen des Fluchtstollens hängendes, 245 m langes Schleppband ab. Dieses übergibt schließlich das Material dem im Fluchtstollen aufgeständerten Streckenband, welches in Abschnitten von 200 m verlängert wird (Bild 6). Somit ist die gesamte Fahrbahn frei von Gerätschaften und der weitere Ausbau kann ungehindert erfolgen.

Schwerlastkran, Materialumschlagkrane und mehrere Leitungssysteme sichern direkte Versorgung der Vortriebe

Ein selbstfahrender Schwerlastkran mit einer Nutzlast von 12 t stellt die Versorgung des Kalotten- bzw. des Strossenvortriebs mit Sicherungsmaterialien, Betriebs- und Verschleißmaterialien sowie Sprengstoff über die Sohlbaustelle hinweg sicher. Die Materialien werden per Lkw auf dem fertig erstellten Fluchtstollen in den dafür vorgesehenen Behältnissen angeliefert. Beliebige Zwischenstationen bis hinter den Backenbrecher des Strossenvortriebs können bedient werden.

Die Versorgung des Kalottenvortriebs erfolgt ab hier mit einem Flächenkran mit 2 x 1,6 t Nutzlast. Hinter dem Steigbereich der Schleppbänder steht je ein quer verfahrbarer Elektrokettenzug (Nutzlast 1,6 t) für den Materialumschlag zur Verfügung. Der Materialumschlag ab Transportfahrzeug auf die Hängebühne respektive in den Magazin-/Werkstattcontainer erfolgt mit einem längs verfahrbaren Elektrokettenzug.

Der Spritzbeton für die Felssicherung wird am Heck der Vortriebsbühne per Lkw angeliefert und mittels 2 Spritzbetonpumpen bis zur Sohlbaustelle bzw. hinter den Backenbrecher des Kalottenvortriebs befördert. Eine Weiche in den Betonleitungen ermöglicht das effiziente Umschalten zwischen den beiden Verbrauchern. Zu-

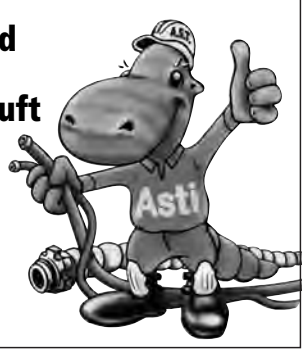
or to the rear of the jaw crusher of the crown heading. A switch in the concrete pipes enables an efficient redirection between the 2 receiving areas. Additives for shotcrete are equally supplied via truck and transferred through pipes into the 2 additives tanks on the heading platform. Fuel for construction machines can also be transferred and stored temporarily in 2 fuel tanks on the heading platform.

Fresh air and electrical power are continuously supplied via the tunnel mains and distributed to all the users on and below the heading platform via hose drum, high voltage cable drum, water conduits and electric installations.

Construction of invert area with self-propelling shotcrete manipulator, heavy duty crane and travelling crane

A self-propelling shotcrete manipulator suspended from the heading platform reinforces

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



satzmittel für den Spritzbeton werden ebenfalls per Lkw angeliefert und über Leitungen in die beiden Zusatzmitteltanks auf der Vortriebsbühne umgepumpt. Auch Treibstoff für die Baugeräte kann umgepumpt und in 2 Treibstofftanks auf der Vortriebsbühne zwischengelagert werden.

Frischwasser und Strom werden per Tunnelleitung angeliefert und über Schlauchtrommel, bzw. Hochspannungskabeltrommel, Wasserleitungen und Elektroinstallation auf alle Verbraucher auf und unter der Vortriebsbühne ohne Unterbrechung verteilt.

Ausbau des Sohlbereichs mit verfahrbarem Spritzbetonmanipulator, Schwerlastkran und Flächenkran

Unter der Vortriebsbühne aufgehängt arbeitet ein verfahrbarer Spritzbetonmanipulator zur Konsolidierung der Ulme und der Sohle (Bild 7). Das Gerät besteht aus einem Chassis mit integriertem Längsfahrantrieb und einem schwenk- und teleskopierbaren Spritzarm. Der Spritzbetonmanipulator kann in einem 60 m langen Bühnenabschnitt eingesetzt werden; sein Arbeitsbereich beträgt 12 m und 210°. Die dazugehörende Spritzbetonpumpe mit Zusatzmitteltank befindet sich oberhalb auf der Vortriebsbühne. Mit der gleichen Einrichtung kann in einem späteren Arbeitsschritt auch der Sohlbeton für den Fluchtstollen eingebracht werden. Für diese sehr exponierte Baustelle waren eine robuste Konstruktion und eine einfache Bedienung wichtige Faktoren, die es bei Erstellung des Konzepts zu berücksichtigen galt [4].

Die per Lkw angelieferten Fertigelemente für den Fluchtstollen werden mit dem bereits erwähnten Schwerlastkran umgeschlagen und eingebaut (Bild 8). Dazu kann der Kran 1 m quer verfahren.

Nachdem der Sohlbereich seitlich am Fluchtstollen mit Beton aufgeschüttet und schichtweise verdichtet wurde, können die Gewölbeanschlüsse in Ortbeton ausgeführt werden. Mit einem an der Vortriebsbühne aufgehängten, längs und quer verfahrbaren Flächenkran können Einbaumaterial umgeschlagen bzw. die Betonierschalung umgesetzt werden. Mit dem gleichen Kran (Nutzlast von 2

Umschlag und Einbau der Fertigelemente für den Fluchtstollen mit dem Schwerlastkran

Transfer and installation of the prefabricated elements for the escape tunnel with the heavy duty crane

Flächenkran zum Materialumschlag, Umsetzen der Schalung für den Gewölbeanschluss und Versetzen von vorgefertigten Leitungselementen

Travelling crane for transferring installation material, repositioning the kicker formwork and installing the prefabricated line segments

walls and invert (Figure 7). The device consists of a chassis with integrated lengthwise traction drive, and a swiveling and telescopic spraying arm. The shotcrete manipulator can be employed on a 60 m long platform section; its working area covers 12 m and 210°. The appropriate shotcrete pump with additives tank is located above on the heading platform. The same installation allows for the provision of invert concrete for the escape tunnel at a later stage. For this very exposed construction site, robust construction and simple operation were major factors which had to be considered during planning [4].

The prefabricated elements for the escape tunnel delivered by truck are transferred and installed with the heavy duty crane previously mentioned (Figure 8). For this purpose, it can travel 1 m crosswise.

After the invert area next to the escape tunnel has been filled up with concrete and compacted in layers, the kickers can be effected with insitu concrete. A cross- and lengthwise travelling crane suspended from the heading platform is used for transferring installation material, as well as repositioning the formwork. The same crane (loading capacity of 2 x 2.8 t) can install prefabricated line segments at a later stage (Figure 9).

Early Experiences

Until June 2012, approx. 3.5 km of tunnel were excavated. Upon completion, the Rohtang Pass Highway Tunnel with its 8.8 km will undoubtedly be the worldwide longest tunnel located above 3,000 m a.s.l.

In the past months, all functions of the heading installation supplied by Rowa Tunnelling Logistics AG could be put into operation successfully. Even though the learning phase is far from completion, the entire system has proven to be satisfactory even under such difficult conditions. The

x 2,8 t) können später vorgefertigte Leitungselemente verlegt werden (Bild 9).

Erste Erfahrungen

Bis Juni 2012 waren ca. 3,5 km Tunnel ausgebrochen. Nach Vollendung soll der Rohtang Pass Highway Tunnel mit seinen 8,8 km der weltweit längste auf über 3.000 m über dem Meeresspiegel liegende Tunnel sein. In den vergangenen Monaten konnten alle Funktionen der von der Rowa Tunnelling Logistics AG gelieferten Vortriebsinstallation erfolgreich in Betrieb genommen werden. Obschon die Lernphase noch nicht abgeschlossen ist, konnte sich das Gesamtsystem auch unter solch schwierigen Bedingungen bewähren. Die gewählte Konstruktion ermöglicht die Gleichzeitigkeit von Vortrieb und Sohlausbau und macht überhaupt möglich – soweit die Geologie den erwarteten Bedingungen entsprechen wird - den Endtermin einzuhalten.

Mit der beschriebenen Anlage verfolgt die Rowa Tunnelling Logistics AG die stetige Weiterentwicklung der Mechanisierung im Tunnelbau. Diese führt zu einer Rationalisierung der Arbeitsabläufe und somit zu einer bemerkenswerten Produktivitätssteigerung. Des Weiteren profitieren alle Beteiligten von einer Humanisierung der Arbeitsplätze sowie einer gleichzeitigen Erhöhung der Arbeitssicherheit.

chosen construction enables sectional headings and invert lining to be carried out simultaneously. This ultimately makes it possible to keep the deadline of this project – provided geology will match the expected conditions.

With the illustrated installation, Rowa Tunnelling Logistics AG carries on to pursue the continuous development of mechanization in tunnelling construction. It will lead to a rationalization of work flows and, therefore, to a significant increase in productivity. And last but not least, all persons involved will profit from more humane work places and increased work safety.

Literatur/References

[1] Reynolds, P.: Drilling Rohtang. Tunnels & Tunnelling Asia (Oktober 2010), S. 10-12

[2] Alptransit Gotthard AG (Hrsg.): Das Jahrhundertbauwerk entsteht. Gotthard-Basistunnel – der längste Tunnel der Welt. 1. Auflage. Bern: Stämpfli Verlag AG (2010)

[3] Belloli A.; Jenni, H.: Hohe Mechanisierung für die konventionellen Hauptvortriebe des Ceneri-Basistunnels. Tunnel 4 (Mai 2011), S. 48-54

[4] Jenni, H.; Belloli A.: Herausforderungen an Spritzbetonmanipulatoren im maschinellen und konventionellen Vortrieb. Spritzbeton-Tagung 2012, Alpbach, Januar 2012. Prof. Wolfgang Kusterle (Hrsg.)

Forschung und Entwicklung

STUVA Nachrichten

Carl-Rappert-Grundbaupreis an STUVA-Mitarbeiter Dr.-Ing. Christian Thienert verliehen

Dr.-Ing. Christian Thienert, STUVA, hat im Rahmen der 32. Baugrundtagung in Mainz die höchste Auszeichnung der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) erhalten, den ersten Preis des von Keller Grundbau gestifteten Carl-Rappert-Grundbaupreises. Mit dem Carl-Rappert-Grundbaupreis soll der Nachwuchs in seinem Bestreben um wissenschaftliche Exzellenz auf dem Gebiet der Geotechnik gefördert werden. Die Verleihung erfolgte in Würdigung von Thienerts Forschungsarbeit „Zementfreie Mörtel für die Ringspaltverpressung beim Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust" und deren besonderer Bedeutung für den Grundbau.

In seiner Arbeit hat Dr. Thienert (Bild 1) aufgezeigt, dass zementfreie Ringspaltmörtel im ausreichend wasserdurchlässigen Baugrund mindestens gleichwertig gegenüber konventionellen zementhaltigen Mörteln sind. Häufig entwickeln diese sogar eine höhere Bettungsfrühfestigkeit, was für die Vermeidung von Tübbingschäden ein entscheidender Vorteil ist. Darüber hinaus hat er grundlegend neue Erkenntnisse zur Stützdruckübertragung erarbeitet, die für Standsicherheitsbetrachtungen sowohl bei Tunnelvortrieben mit Flüssigkeitsstützung als auch bei Schlitzwänden von großer praxisrelevanter Bedeutung sind.

Der zweite und dritte Preis des Carl-Rappert-Grundbaupreises ging an Frau Dipl.-Ing. Bozhana Stefanova von der TU Hamburg-Harburg bzw. Dr.-Ing. Emanuel Birle von der TU München. Über die Verleihung entschied ein unabhängiges Auswahlgremium bestehend aus Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach, Prof. Dr.-Ing. Peter-Andreas von Wolffersdorff und Dr.-Ing. Wolfgang Sondermann.

1

Dr.-Ing. Christian Thienert

Dr.-Ing. Christian Thienert

STUVA-Forschungsergebnisse als Buch „Barrierefreier ÖPNV in Deutschland" als 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage in der „Blauen Reihe" des VDV erschienen

In Deutschland leben derzeit (Stand 2012) etwa 9,6 Mio. Bürgerinnen und Bürger mit einer Behinderung. Zahlreiche

Research and Development

STUVA news

Carl-Rappert-Grundbaupreis awarded to STUVA Staffer Dr.-Ing. Christian Thienert

Dr.-Ing. Christian Thienert, STUVA, was awarded the highest distinction of the German Geotechnical Society (DGGT) at the 32nd Baugrundtagung congress in Mainz, the first prize presented by the Keller Grundbau: the Carl-Rappert-Grundbaupreis. The purpose behind the Carl-Rappert-Grundbaupreis is to encourage young scientists to excel in the field of geotechnics. The award was made to honour Thienert's research project "Cement-free Mortars for Grouting the annular Gap during Shield Driving with fluid-supported Face" and its particular significance for geotechnics.

In his paper, Dr. Thienert (Fig. 1) indicates how cement-free annular gap mortars are at least as effective as conventional mortars containing cement in ground possessing sufficient permeability. Indeed they frequently develop a higher early bedding strength, which is a decisive advantage in avoiding damage to segments. In addition, he came up with fundamentally new findings relating to the transference of supporting pressure, which are of great practical relevance for contemplating stability both during tunnel drives with fluid-support as well as for diaphragm walls.

The second and third prizes in the Carl-Rappert-Grundbaupreis series went to Mrs. Dipl.-Ing. Bozhana Stefanova of the TU Hamburg-Harburg and Dr.-Ing. Emanuel Birle of the TU Munich. An independent jury comprising Prof. Rolf Katzenbach, Prof. Peter-Andreas von Wolffersdorff and Dr.-Ing. Wolfgang Sondermann decided on the recipients of the awards.

STUVA Research Results published as Book "Barrier-free Public Transport in Germany" – 2nd completely revised and expanded edition in the VDV's "Blue Series"

Currently (2012) there are around 9.6 million people in Germany with some form of disability. Many other persons have their mobility affected either on a permanent or temporary basis when it comes to using public transport, although this is not necessarily reflected in the extent to which they are handicapped. This group, which currently

2

Buchpräsentation auf der InnoTrans 2012 (v.li.n.re.: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. Günter Girnau, Ehrenvorstandsmitglied STUVA e.V.; Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann, Geschäftsführer VDV-Förderkreis e.V.; Regierungsdirektor Marc Andor Lorenz, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Referat UI 31, Dr.-Ing. Dirk Boenke, Gruppenleiter Verkehr & Umwelt, STUVA e.V.)

Book presentation at the InnoTrans 2012 (from left to right: Prof. Günter Girnau, honorary board member of STUVA, Prof. Adolf Müller-Hellmann, head of the VDV-Förderkreis, Regierungsdirektor Marc Andor Lorenz, Federal Ministry for Transport, Building and Urban Affairs, Department UI 31, Dr.-Ing. Dirk Boenke, group manager for Transport and Environment, STUVA

weitere Menschen sind dauerhaft oder temporär von einer für die Nutzung des Öffentlichen Personennahverkehrs relevanten Mobilitätseinschränkung betroffen, die jedoch nicht zwangsläufig die Schwere einer Behinderung erreichen muss. Zu dieser Gruppe, zu der aktuell über 30 % der Bevölkerung in Deutschland gehören, zählen ältere Menschen, Kinder und auch Fahrgäste mit Kinderwagen oder Gepäck. Bei Betrachtung der demografischen Entwicklung wird diese Gruppe aufgrund der größeren Zahl älterer Menschen in den nächsten Jahren deutlich wachsen.

Die STUVA hat sich den daraus ergebenen hohen Anforderungen an einen barrierefreien ÖPNV im zwischenzeitlich abgeschlossenen Forschungsvorhaben „Analyse des derzeitigen Entwicklungsstandes barrierefreier Lösungen für mobilitätseingeschränkte Personen im ÖPNV“ gewidmet. Die Ergebnisse des durch Mittel des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie des VDV Förderkreises unterstützten Vorhabens hat der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) in seiner sogenannten „Blauen Reihe“ herausgegeben. Das über 600 Seiten umfassende Buch wurde soeben auf der

accounts for more than 30 % of the population in Germany, includes the elderly, children as well as passengers with prams or luggage. Based on demographical developments this group will grow substantially in the years ahead on account of the greater number of older people.

The STUVA tackled the resultant high demands posed on barrier-free public transport in a now concluded research project "Analysis of the current Level of Development of barrier-free Solutions for Persons restricted in their Mobility in Public Transport." The project was funded by the Federal Ministry for Transport, Building and Urban Affairs as well as the VDV Förderkreis and published in the Association of German Transport Companies (VDV) "Blue Series". The book contains more than 600 pages and was recently presented at the InnoTrans 2012 by VDV president Jürgen Fenske to federal transport minister Dr. Peter Ramsauer (Fig. 3) with the STUVA introducing it to a large circle of experts (Fig. 2).

The book was implemented as a completely revised new edition of "Barrier-free Public Transport in Germany". It examines the latest measures for tackling the issue of accessibility in all sectors of public transport – from vehicles by way of infrastructure right

Messe München International
THE PEAK OF EXCELLENCE
bauma 2013
15. – 21. April, München
PARTNER-LAND Indonesien
Profitieren Sie von einem der größten Wachstumsmärkte der Welt!
Jetzt den Puls der Zukunft fühlen.
Die bauma 2013 erwartet Sie.
Seien Sie dabei – auf der Messe der Superlative mit rund:
- 500.000 Besuchern
- 3.300 Ausstellern
- 570.000 m² Fläche
Online anmelden und sparen!
Nutzen Sie Ihre Vorteile und melden Sie sich direkt online an:
www.bauma.de/tickets

InnoTrans 2012 von VDV-Präsident Jürgen Fenske an Bundesminister Dr. Peter Ramsauer überreicht (Bild 3) und von der STUVA im Rahmen einer Präsentation der Fachöffentlichkeit vorgestellt (Bild 2).

Das Buch wurde als vollständig überarbeitete Neuauflage des Buchs „Barrierefreier ÖPNV in Deutschland" realisiert. Es behandelt breit angelegt die neuesten Maßnahmen zur Barrierefreiheit in allen Bereichen des ÖPNV – von den Fahrzeugen über die Infrastruktur bis hin zu Information und Service. Ferner stellt es die aktuellen gesetzlichen Grundlagen auf nationaler und europäischer Ebene und die neuesten technischen Regelwerke vor. Darüber hinaus werden die unter der aktuellen Gesetzeslage vielfältig geänderten Förderungsvoraussetzungen erläutert, die Erfahrungen aus der Praxis der letzten Jahre zusammengefasst und daraus Empfehlungen für die weitere Entwicklung abgeleitet. Anhand zahlreicher Beispiele aus Praxis und Forschung werden breitgefächert Anregungen und Lösungen zur Umsetzung eines barrierefreien ÖPNV bei neuen städtebaulichen Projekten und auch bei der Sanierung bestehender Anlagen und Fahrzeuge gegeben, um den ÖPNV zu einem Garanten für die Mobilität aller Menschen zu machen.

Bereits vor über 10 Jahren wurde mit der Erstausgabe des Buches eine Zwischenbilanz der Bestrebungen nach einem Gesamtkonzept für einen barrierefreien ÖPNV vorgelegt. Es wurden hier erstmals umfassend mögliche Lösungen für einen kontinuierlichen Entwicklungsprozess anhand vieler praktischer Beispiele unter gleichzeitiger Beachtung der betrieblichen Erfordernisse und der wirtschaftlichen Grenzen aufgezeigt. Nun liegt mit der vollständig überarbeiteten Neuauflage des Buchs eine umfassend aktualisierte Bestandsaufnahme der bereits seit vielen Jahren vergriffenen, aber immer wieder nachgefragten Erstausgabe vor. Die erneut durchgängig deutsch/englische Fassung soll die internationale Bedeutung des Themas unterstreichen und die inzwischen gewonnenen umfassenden Erfahrungen weit über Ländergrenzen hinaus transportieren. Das Buch ist über den Buchhandel oder direkt beim Alba Fachverlag zum Preis von 97,- Euro zu beziehen.

Unterirdisches Bauen auf der InnoTrans 2012 in Berlin

„Tunnel sind ein wichtiger Teil der Infrastruktur", das verdeutlichte der Geschäftsführer der STUVA, Dr.-Ing. Roland Leucker, bei der Pressekonferenz zum Auftakt der InnoTrans, der weltgrößten Messe für Verkehrstechnik. Er verschaffte den anwesenden Journalisten mit anschaulichen Beispielen zur Steigerung des Mobilitätsbedarfs und Verkürzung von Fahrzeiten einen Überblick über die Vorteile, die sich ergeben, wenn notwendige Infrastruktur unter die Erde verlegt wird.

In den im Rahmen der InnoTrans Convention stattfindenden Internationalen Tunnel-Foren wurden weitere Aspekte Unterirdischen Bauens beleuchtet (Bild 4).

Im ersten Forum diskutierten Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baltzer, Aufsichtsratsvorsitzender BUNG Ingenieure AG

Überreichung des neuen „Blauen Buches" an Bundesminister Dr. Peter Ramsauer (li.) durch VDV-Präsident Jürgen Fenske (re.)

VDV president Jürgen Fenske (r.) hands over the new "Blue Book" to Federal Minister Dr. Peter Ramsauer (l.).

up to information and service. Furthermore it presents current legal principles at national and European level and the latest technical codes of practice. In addition, the many amendments brought about by current legislation are explained, practical findings obtained in recent years summarised and recommendations for the future derived from them. Based on numerous examples from practice and research diverse recommendations and solutions to implement barrier-free public transport for new urban development projects as well as redeveloping existing facilities and vehicles are provided to ensure that public transport is capable of providing mobility for everyone.

More than 10 years ago the first edition of the publication tried to sum up efforts designed to arrive at an overall concept for barrier-free public transport. Here for the first time, extensive possible solutions for a continuous development process based on numerous practical examples were provided taking both operational requirements and economic limits into account. The completely revised new edition now available represents an up-to-date version after many years designed to replace the now out-of-print but still in demand original. The book – published in German and English – is intended to emphasis the international significance of the topic and propel the comprehensive recognitions that have been gained in the interim far beyond national boundaries. The book is obtainable via the book trade or directly from the Alba Fachverlag for 97.— euros.

Underground Construction at the InnoTrans 2012 in Berlin

"Tunnels represent an important part of the infrastructure" was the message passed on by STUVA CEO, Dr. Roland Leucker, during the press conference marking the start of the InnoTrans, the world's biggest transport technology fair. He provided the journalists in attendance with

und Vorsitzender des RABT-Ausschusses; Bruno Bouthors, Director Safety & Sustainable Development, Eurotunnel; Dr.-Ing. Jens Böhlke, Präsident Abteilung Infrastruktur des Eisenbahn-Bundesamtes und Dipl.-Ing. Otto Schließler, Leiter des Stadtbahnbauamtes Dortmund, die Fragestellung „Nutzersicherheit – Ein Spagat zwischen Fahrzeug- und Tunneldesign?". Die optimale Herangehensweise an die besonderen Herausforderungen bei der Brandbekämpfung in unterirdischen Anlagen war das Thema dieser Diskussionsrunde. Dabei spielen sowohl die Fluchtmöglichkeiten der Nutzer als auch der Angriff der Rettungskräfte naturgemäß eine große Rolle.

Einigkeit bestand darin, dass eine möglichst frühzeitige Brandbekämpfung direkt im Schienenfahrzeug die Auswirkungen eines Brandes stark reduzieren kann. Dennoch sind präventive Maßnahmen in den Stationen und Bahnhöfen erforderlich.

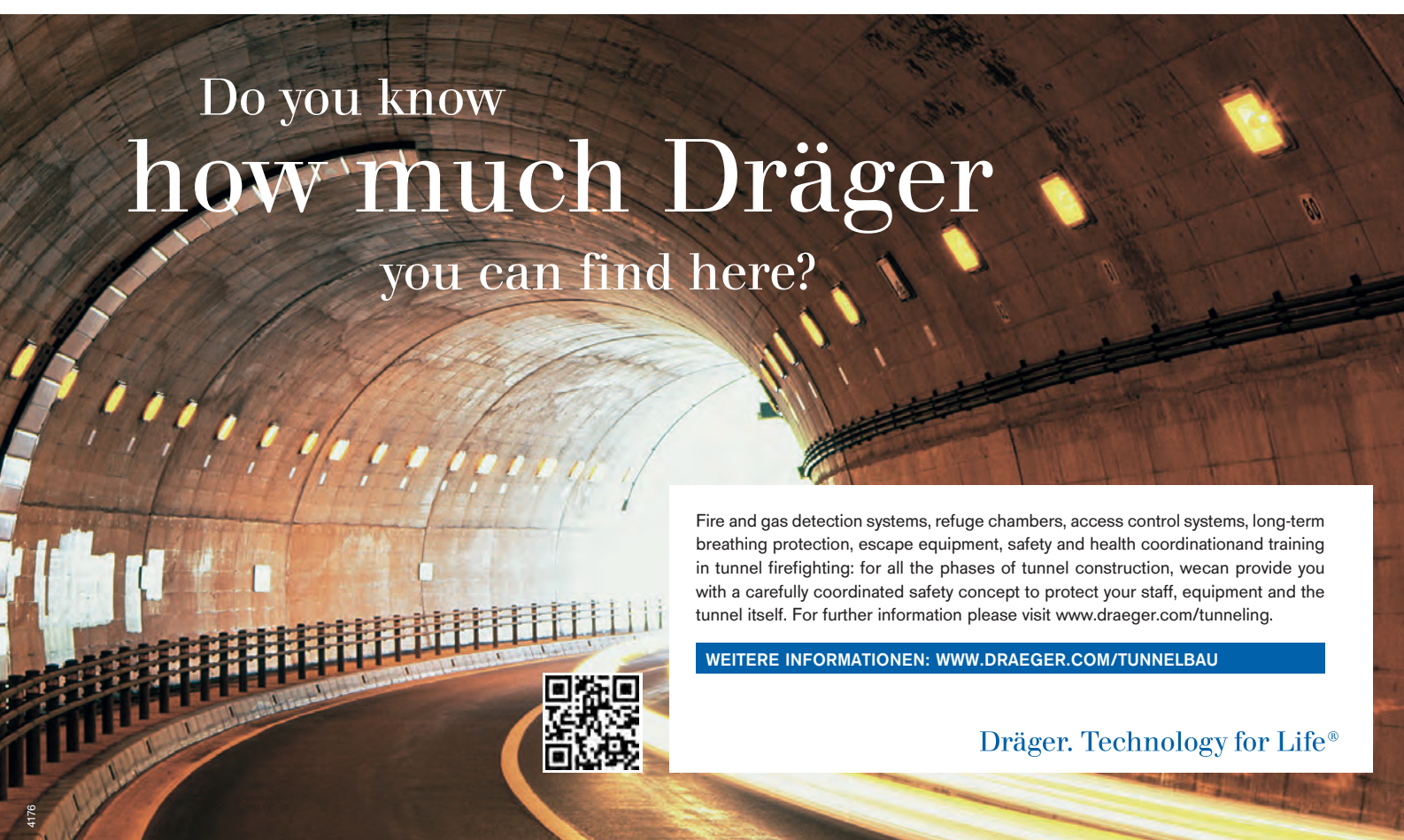
„Ohne Einbeziehung und Beteiligung der betroffenen Anwohner geht es nicht". Darüber waren sich die Podiumsteilnehmer bei dem weiteren im Rahmen der InnoTrans Convention stattfindenden Tunnelforums einig. Unter der Fragestellung „Infrastrukturen für Europa – Große Ziele ohne

an insight of the advantages, which result from installing the necessary infrastructure beneath the surface, with relevant examples pertaining to increasing the need for mobility and cutting travelling times.

Further aspects of Underground Construction were dealt with at the international tunnel forums held within the scope of the InnoTrans Convention (Fig. 4).

At the first forum, Prof. Wolfgang Baltzer, the chairman of the board of BUNG Ingenieure AG and the RABT Committee, Bruno Bouthors, director of Safety and Sustainable Development, Eurotunnel, Dr.-Ing. Jens Böhlke, president of the Department of Infrastructure at the Federal Railway Authority and Dipl.-Ing. Otto Schließler, head of Dortmund's Light Railway Construction Office discussed the issue "User Safety - a Balancing Act between Vehicle and Tunnel Design?" The discussion honed in on the optimal approach to the special challenges posed by combating fire in underground facilities. Needless to say the opportunities for evacuating users as well as the deployment of rescue services played a role.

It was unanimously agreed that combating fire as soon as possible within the railway vehicle itself can greatly reduce its effects. Notwithstanding preventive measures in the stations and stops are also required.



Internationales Tunnelforum auf der InnoTrans 2012

International Tunnel Forum at the InnoTrans 2012

Großprojekte?" setzten sich Dipl.-Ing. Wolfgang Arnold, Technischer Vorstand der Stuttgarter Straßenbahnen AG und Leiter der VDV-Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines Leitfadens für die Umsetzung von Großprojekten, Steen Lykke, Technischer Direktor von Femern A/S und Projektleiter der Fehmernbeltquering, Luc Vansteenkiste, Director-General Infrastructure von Infrabel, dem belgischen Bahninfrastrukturverwalter und Präsident des RailNetEurope sowie Dr. Georg-Michael Vavrovsky, Vorstandsmitglied der ÖBB-Infrastruktur AG mit der Umsetzung von Großprojekten auseinander. In der heutigen Zeit kommt es darauf an, den von der Realisierung eines großen Infrastrukturprojektes unmittelbar Betroffenen einen genauen Überblick über die Auswirkungen und vor allem den Nutzen einer solchen Maßnahme zu verschaffen. Letztendlich sehen sich die Ingenieure als Dienstleister für die Bevölkerung, die deren Wünsche nach Mobilität umsetzen.

Die Foren werden bereits zum vierten Mal von der STUVA in Kooperation mit der Messe Berlin durchgeführt. Sie begleiten das Ausstellungssegment Tunnel Construction inhaltlich. In diesem Jahr erfuhren die Foren einen außergewöhnlich großen Zuspruch durch die Fachbesucher. Dies verdeutlicht noch einmal die steigende Bedeutung von unterirdischen Anlagen für eine moderne und nachhaltige Infrastruktur.

"It doesn't function without the inclusion and involvement of affected residents". The podium participants at a further tunnel forum staged at the InnoTrans Convention agreed on this. With regard to "Infrastructures for Europe – major Targets without major Projects?", Dipl.-Ing. Wolfgang Arnold, technical director of the Stuttgarter Straßenbahnen AG and head of the VDV working group for compiling guidelines to accomplish major projects, Steen Lykke, technical director of Fehmarn A/S and project manager of the Fehmarn Belt Crossing, Luc Vanasteenkiste, the director-general for infrastructure of Infrabel, the Belgian rail infrastructure authority and president of RailNetEurope and Dr. Georg-Michael Vavrovsky, board member of the ÖBB-Infrastruktur AG dealt with tackling major projects. Nowadays it is essential to provide those directly affected by a major infrastructure project with a precise insight of the effects and the need for such a scheme prior to its inception. After all engineers regard themselves as acting in the interests of the general public by fulfilling their desire for mobility.

The forums were staged for the fourth time by STUVA in conjunction with the Messe Berlin. In terms of content they dovetail with the Tunnel Construction segment at the fair. This year the forums appealed to a particularly large number of trade visitors. A factor, which underlined yet again, the growing significance of underground facilities for a modern and sustainable infrastructure.

Antwerpen/Belgien

Solevereisung für Querstollen im Tunnel Liefkenshoek

In Antwerpen wird der Liefkenshoektunnel gebaut. Teil der Baumaßnahme sind die Bodenvereisungen um 15 Querstollen. Der insgesamt 16,5 km lange Eisenbahntunnel bildet eine neue Nord-Süd-Verbindung für Güterzüge innerhalb des Hafens von Antwerpen/Belgien. Alle Bohrarbeiten erfolgen unter einer Wasserkolonne von 15 bis 40 m mit dem Einsatz von speziellen Preventern.

Das Projekt Liefkenshoek Spoorverbinding (LHSV) ist ein PPP (Public Private Partnership) Projekt. Dieses Infrastrukturprojekt für den Eisenbahn-Güterverkehr verbindet den südlichen Teil des Hafens in der Nähe von Beveren mit der Bahnlinie 11 in den nördlichen Hafen von Antwerpen.

Die neue Bahn wird mehrere Gewässer (den Waaslandkanaal, den Fluss Schelde und den Kanaaldok B1-B2) mit einer Überdeckung von nur wenigen Metern unterqueren. Etwa die Hälfte der neuen Bahnverbindung wird unterirdisch als gebohrter Tunnel hergestellt. Die Tunnel haben eine Länge von 5.972 m und bestehen aus 2 einzelnen Tunnelröhren. Für die Notfallrettung von Personen sind 13 Querschläge sowie 8 Evakuierungsschächte unter einem Wasserdruck von bis zu 4,0 bar herzustellen. Daher ist die Sicherung durch Vereisung und Zement-Bentonit Blöcke vorgesehen. Die Bohrungen für die Gefrier- und Thermometerrohre sind gegen den Wasserdruck und durch die Betontübbinge herzustellen. Besondere Stahlbeton-Segmente sind im Bereich der Querschläge vorgesehen. Diese Ringe können als Standard-Segmente hergestellt werden, indem zusätzliche Verbindungsdübel in den Ring-zu-Ring Gelenken eingebaut werden.

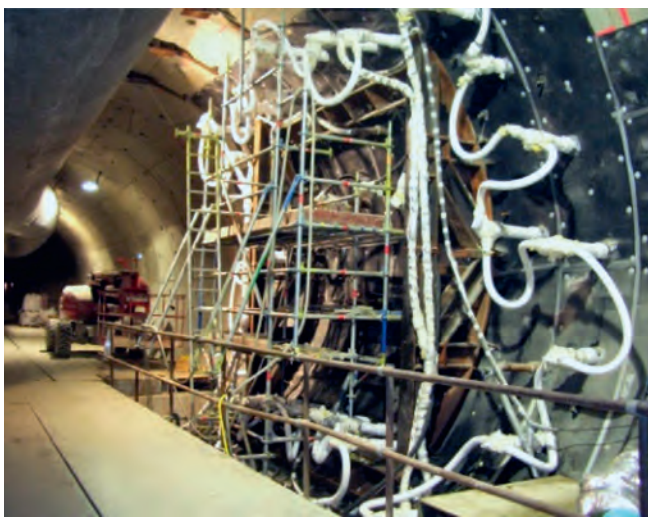
Der Tunnel, die Querschläge und die Rettungsschächte sind für eine Lebensdauer von 100 Jahren zu bauen. Die Bohr- und Gefrierarbeiten müssen im Fortschritt mit den beiden TBM erfolgen. Die Querschläge sowie die Anschlüsse der Rettungsschächte zu den Tunnelröhren werden kurz nachdem beide TBM diesen Bereich passiert haben gebohrt. Diese Tatsache erfordert eine spezielle Adaptierung des Bohrgeräts. Das Bohrgerät durfte zwingend nur eine Hälfte des Tunnels beanspruchen. Aus

Laufender Bauverkehr links und Bohrgerät rechts

Construction traffic running on the left and drilling unit on the right

Antwerp/Belgium

Brine Freezing for Cross-Passages in the Liefkenshoek Tunnel



Ansicht Querstollen mit Soleverteiler

View of cross-passages with brine distributor

The Liefkenshoek rail tunnel is being constructed in Antwerp. Ground freezing for 15 cross-passages represents part of the scheme. The altogether 16.5 km long rail tunnel will form a new north-south link for goods trains within the port of Antwerp/Belgium. All drilling operations are undertaken under a 15 to 40 m water column using special preventers.

The Liefkenshoek Spoorverbinding (LHSV) represents a PPP (Public Private Partnership) project. This infrastructure scheme for rail goods traffic connects the southern part of the port in the vicinity of Beveren with rail line 11 in the north of the port of Antwerp.

The new route will underpass several bodies of water (Waasland Canal, River Schelde and Canal Dock B1-B2) with only a few metres overburden. Roughly the half of the new rail link is being produced underground by driving tunnels. The tunnels total 5,972 m in length and consist of 2 individual tunnel bores. Thirteen cross-passages and 8 evacuation shafts subject to water pressure up to 4.0 bar have to be produced for rescuing persons in the event of an emergency. As a consequence, freezing and cement-bentonite blocks are to be used for safety reasons. Drilling for the freezing and thermometer pipes is tackled subject to water pressure and through the concrete segments. Special reinforced concrete segments are intended for the cross-passages. These rings can be produced as standard segments if additional connecting anchors are fitted in the ring-to-ring joints.

The tunnel, the cross-passages and the evacuation shafts have to be built to withstand a service life of 100 years. The drilling and freezing operations must keep up with the 2 TBMs. The cross-passages as well as the connections for the evacuation shafts are produced shortly after the 2 TBMs have passed these zones. This meant that the drilling equipment had to be specially adapted. It was essential

diesem Grund wurde eine spezielle Adaptierung einer Bohrlafette erstellt, bestehend aus einer vertikalen auf 2 Gleisen laufenden Lafette, auf die die Bohrlafette montiert ist. Diese Lösung ermöglichte es, alle Bohrpunkte bis auf einer Höhe von 6 m zu erreichen, ohne die zweite Hälfte des Tunnels zu beanspruchen.

Fast alle Querstollen liegen in feinsandigen Böden, die 4 tieferen Querstollen kreuzen jedoch im Ulmenbereich das sogenannte „Boom Clay". Die Vereisungsmaßnahme sieht die Herstellung von 740 Bohrungen gegen drückendes Wasser vor bei dem Einbau von 660 Gefrierrohren und 60 Temperaturmesslanzen mit insgesamt 380 Fühlern. Die Bohrlänge beträgt 6 bis 13 m. Die Gefrier- und Temperaturmesslanzen bestehen aus 89 x 10 mm Rohren aus speziellem für tiefe Temperaturen geeignetem ASTM 333 Stahl.

Die Gefrierrohre wurden als verlorene Bohrrohre mit einer verlorenen Bohrkrone im Boden eingebaut und nach einer Dichtigkeitsprüfung mit Fallrohren aus PE ausgestattet. Das Bauprogramm sieht vor, dass der Vereisungsprozess über bis zu 7 Querstollen parallel laufen kann. Für die Vereisung wurden bis jetzt 2 Gefrieranlagen mit einer Leistung von je 250 kW an der Oberfläche und eine 100 kW Einheit vom Tunnel aus eingesetzt.

that the drilling unit only operated in one half of he tunnel. As a result, a specially adapted drilling boom was constructed comprising a vertical boom running on 2 tracks, on which the drilling boom is mounted. This solution made it possible to reach all drilling points up to a height of 6 m without compromising the other half of the tunnel.

Practically all the cross-passages are located in fine sandy soils, however the 4 deeper cross-passages encounter what is known as "Boom Clay" in their wall area. The freezing measure caters for the production of 740 drill holes against pressurised water with the installation of 660 freezing pipes and 60 temperature measuring rods with a total of 380 sensors. The drilling length ranges from 6 to 13 m. The freezing and temperature measuring rods consist of 89 x 10 mm pipes made of ASTM 333 steel specially devised for low temperatures.

The freezing pipes were installed as abandoned drill pipes with an abandoned bit in the soil and equipped with PE downpipes following a leak test. The construction programme foresees the freezing process taking place simultaneously for up to 7 cross-passages. So far, 2 freezing plants each with an output of 250 kW on the surface and a 100 kW unit in the tunnel have been used for freezing.

www.rodio.ch

Sanierung Michaelstunnel/D

Spezielle Anbaufräsen für komplexes Tunnelprojekt

Vier hydraulische Anbaufräsen von Terex haben bei der Sanierung des Michaelstunnels, eines 2,5 km langen Straßentunnels in Baden-Baden/D, eine zentrale Rolle gespielt. Insgesamt 27 Mio. Euro werden für die Sanierung und Erneuerung des vielbefahrenen, zweispurigen Tunnels investiert. Hierzu gehörten die Planung einer neuen Belüftungsanlage, zusätzliche Rettungsstollen und der Einbau einer feuerfesten Tunneldecke.

Der Auftrag zur Umsetzung der konstruktiven und betrieblichen Aufrüstung ging an die beiden österreichischen Unternehmen Jäger Bau GmbH (Schruns) und PKE Verkehrstechnik GmbH (Wien). Vor dem Einbau des neuen Belüftungssystems musste zunächst die alte Deckenkonstruktion entfernt werden. Diese Aufgabe wurde an die in Berlin ansässige Firma Czwikla Spezialfräsen vergeben, die deutschlandweit zu Bauprojekten herangezogen wird. Für den Michaelstunnel wurde das Unternehmen vor allem aufgrund seiner umfangreichen Erfahrung und hohen Kompetenz bei derart schwierigen Einsätzen ausgewählt.

Lothar Czwikla, Eigentümer des Unternehmens für Abbrucharbeiten, verwendet ausschließlich Hydraulikfräsen dieses Herstellers, da die Technologie und die kompakte Bauform der Fräsen seiner Überzeugung nach die ideale Lösung für den Abbruch sowohl in Vorwärts- als auch in Aufwärtsrichtung darstellen.

Redeveloping the Michaelstunnel/D

Special Cutting Units for a complex Tunnel Project

Four Terex hydraulic cutting units had a central role to play in renovating the Michaelstunnel, a 2.5 km long road tunnel in Baden-Baden/D. A total of 27 million euros was invested to redevelop and renovate the busy, 2-lane tunnel. This included the planning of a new ventilation system, additional evacuation tunnels and installing a fireproof tunnel ceiling.

The 2 Austrian contractors Jäger Bau GmbH (Schruns) and PKE Verkehrstechnik GmbH (Vienna) were commissioned to provide the structural and operational engineering. Prior to installing the new ventilation system the old ceiling first had to be removed. This task was awarded the Berlin-based Czwikia Spezialfräsen Company, which is engaged in projects throughout Germany. The company was selected for the Michaelstunnel mainly on account of its extensive experience and high competence with regard to schemes of this nature.

Lothar Czwikia, the owner of the company for demolition work, solely uses hydraulic cutters made by Terex as he is convinced that the technology and the compact form of these cutters represent the ideal solution for demolition purposes both moving forwards as well as upwards. "The compact cutters are incredibly powerful whilst they enable fine profiling work to be accomplished thanks to their smooth running", he says. Furthermore he appreciates the high standard of customer service: "They keep their word. The

„Die kompakten Fräsen sind unglaublich leistungsstark, während ihr extrem sanfter Lauf feine Profilierarbeiten ermöglicht", erklärt er. Hinzu kommt die seiner Ansicht nach hohe Qualität des Kundendienstes: „Jede Zusage wird eingehalten. In Bezug auf den Kundendienst hat das Unternehmen meine Erwartungen weit übertroffen."

Diese gute Zusammenarbeit erlangte entscheidende Bedeutung, als es darum ging, die Fräsarbeiten im Michaelstunnel durchzuführen. Im Planungsstadium wurde zunächst von einem Härtegrad des Beton-Widerlagers zwischen 35 und 45 MPa ausgegangen. Tatsächlich entpuppte sich dann aber vor Ort der unbewehrte Beton als 65 bis 75 MPa hart. Das führte dazu, dass die mit 15-kW-Fräsen ausgestatteten 8-t-Bagger eines Wettbewerbers nach einem zehnstündigen Arbeitstag gerade einmal 40 anstatt der geplanten 100 m bewältigt hatten. Bei dieser Geschwindigkeit wäre es unmöglich gewesen, das 2 x 1755 m große Widerlager auf einer Höhe von 4,8 m im zugewiesenen Zeitfenster zu entfernen. Folglich wurde der Testbetrieb schon bald beendet. Stattdessen stieg man auf WS30-Fräsen von Terex – angebaut an 12-t-Bagger und mit doppelt soviel Leistung wie die zunächst eingesetzten Modelle – um und erreichte tatsächlich die notwendige Geschwindigkeit, um die Arbeiten rechtzeitig und innerhalb des vorgesehenen Kostenrahmens fertig zu stellen. Dabei stellte sich als sehr vorteilhaft heraus, dass die eingesetzten Fräsen mit niedriger Drehzahl arbeiten, dafür aber über mehr Meißel verfügen. „Wir erreichen die notwendige Arbeitsgeschwindigkeit durch einen höheren Wirkungsgrad an der Meißelspitze anstatt durch die Drehzahl der Trommel", erläuterte ein Mitarbeiter des Baumaschinen-Herstellers. Das macht die Fräsen geräuschärmer und weniger anfällig für Vibrationen. Auch feine Profilierarbeiten waren kein Problem. Durch den Einsatz der 15-kW-Fräse entfiel die Notwendigkeit einer manuellen Materialabtragung, um die Basis für das neue Widerlager zu erhalten. Im gesamten Zeitraum zwischen Anfang August und Mitte Oktober 2011 waren teilweise bis zu 4 Fräsen im Einsatz: 2 WS30-Fräsen für die Haupt-Abbrucharbeiten sowie 1 bzw. 2 WS15-Modelle für die Feinarbeiten.

Mehrere Fräsen waren durchgängig für Abbruch- und Profilierungsarbeiten im Michaelstunnel bei Baden-Baden/D im Einsatz

Several cutters were operational throughout for demolition and profiling activities in the Michaelstunnel near Baden-Baden/D

Dank der WS15, der kleinsten Anbaufräse im Programm des Baumaschinenherstellers, war an der Trennstelle kein manueller Materialabtrag notwendig

Thanks to the WS15, the smallest cutter in the construction machinery manufacturer's programme, no material had to be removed manually on site

company has far exceeded my expectations with respect to customer service".

Good cooperation of this kind was of decisive importance when cutting operations in the Michaelstunnel had to be fulfilled. At the planning stage a 25 to 45 MPa degree of hardness for the concrete abutment was accepted. However, on the spot the unreinforced concrete turned out to be 65 to 75 MPa hard. This led to a situation whereby an 8-t excavator made by a rival firm with a 15-kW cutter only managed 40 instead of the scheduled 100 m at the end of a 10-hour day. Given this speed it would have been impossible to remove the 2 x 1,755 m large abutment at a height of 4.8 m in the allotted time frame. Consequently the trial run was soon ended. Instead Terex WS30 cutters were applied – attached to 12-t excavators providing twice as much power as the model first used. They indeed achieved the necessary speed in order to accomplish the work in time and within the predetermined budget. In this connection it turned out to be most advantageous that the cutters applied operate at low speed although they possess more bits. "We attain the required working speed thanks to a higher degree of efficiency at the tip of the bit rather than the speed of the cylinders", a member of the construction machinery manufacturer explained. This makes the cutters less noisy and less prone to vibrations. Fine profiling operations are not problematic either. By applying the 15-kW cutter there was no need for removing material manually to retain the basis for the new abutment. During the entire period between early August and mid-October 2011 at times as many as 4 cutters were operational: 2 WS30 cutters for the main demolition work as well as 1 respectively 2 WS15 models for the fine operations.

www.terex.com

Österreich

Citytunnel Waidhofen/Ybbs

Anspruchsvoll in die Landschaft eingebettetes Bauwerk des Tunnels Waidhofen/Ybbs in Niederösterreich

The Tunnel Waidhofen/Ybbs in Lower Austria ambitiously embedded in the landscape

Der Citytunnel Waidhofen befindet sich in Niederösterreich und verläuft direkt durch das dicht besiedelte Wohngebiet der 11.000-Einwohner-Gemeinde Waidhofen an der Ybbs. Ziel der ca. 44-Mio.-Euro-Investition war die Entlastung des Wohngebietes aufgrund des stetig steigenden Verkehrsaufkommens.

Der einröhrige Straßentunnel mit Anbindung an die Bundesstraße B31, die Ybbstal Straße und das Straßennetz der Stadt Waidhofen durch die Kreisverkehre West und Ost verläuft großteils im Bereich des Buchenbergs ohne direkte Überbauung. Mit einer Länge von ca. 1.500 m ist der im Gegenverkehr betriebene Tunnel der längste Straßentunnel in Niederösterreich. Die Herstellung des Tunnels wurde in 5 Abschnitte unterteilt, wovon 3 in offener und 2 Abschnitte in bergmännischer Bauweise durchgeführt wurden. Die bergmännische Bauweise passte sich den geologischen Gegebenheiten an und wechselte vom Sprengvortrieb in den Waidhofner Schichten über Mixed-Face-Vortrieb bis hin zum Baggervortrieb in der tektonischen Melange.

Für die Ausführung des Spritzbetons wurde die Betonsorte SpC 20/25 II J2 F59 GK08 XC1 gemäß Ausschreibung nach Richtlinie Spritzbeton gefordert. Durch eine Optimierung der Betonrezeptur und den Einsatz der nächst höheren Zementklasse konnte der Zementgehalt von ursprünglich 420 auf 380 kg/m³ reduziert werden. Für die Erreichung der Frühfestigkeitsklasse J2 kam der alkalifreie Erstarrungsbeschleuniger MAPEQUICK 043 FFG zum Einsatz.

Durch die vorherrschenden Bedingungen war eine hohe Variabilität der Lösemethode erforderlich. Des Weiteren wurden im Zuge des Projektes 2 Kreisverkehre, 1 Bahnbrücke, 2 Gewässerschutzanlagen, 1 Löschwasserbehälter und 2 Betriebsgebäude errichtet. Aus sicherheitstechnischen Gründen war die Anordnung von Notrufnischen und begehbaren Verbindungen ins Freie alle 250 m sowie von Feuerlöschnischen alle 125 m erforderlich.

Austria

Citytunnel Waidhofen/Ybbs

The Citytunnel Waidhofen is located in Lower Austria and runs straight through the densely populated community of Waidhofen with its 11,000 inhabitants on the River Ybbs. The aim of the approx. 44 million euro investment was to relieve the residential district from ever increasing traffic.

The single-bore road tunnel connected to the B31 federal highway, the Ybbstal Straße and the Waidhofen urban road network through the western and eastern roundabouts runs mainly through the Buchenberg without buildings directly above it. The 2-way tunnel is roughly 1,500 m long and is Lower Austria's longest road tunnel. The tunnel was produced in 5 sections – 3 via cut-and-cover and 2 by trenchless means. The sections produced by mining were adapted to the geological conditions and changed from drill+blast in the Waidhofen Layers by way of a mixed-face drive right up to the use of excavators in the tectonic melange.

The concrete type SpC 20/25 II J2 F59 GK08 XC1 was called for at the tendering stage for executing the shotcrete in keeping with the guideline on shotcrete. Through optimising the concrete recipe and the application of the next higher cement class, the cement content was reduced from its original 420 kg/m³ to 380. The non-alkaline accelerator MAPEQUICK 043 FFG was used to attain the early setting strength category J2.

Owing to the prevailing conditions the tunnelling methods applied had to be extremely variable. In the course of the project 2 roundabouts, a railway bridge, 2 water protection facilities, an extinguishing water tank and 2 service buildings were set up. Emergency bays and accessible passages leading into the open at 250 m intervals as well as fire extinguishing bays every 125 m were necessary for safety technical reasons.

www.mapei.de

Vortrieb der Tunnelschale

Tunnel shell drive

Merkblatt Versinterungspotential

Festlegung des verringerten Versinterungspotentials für die Tunnelentwässerung

Bei Tunneln in geschlossener Bauweise werden Flüssigkeiten aus dem Fahrraum meist getrennt vom anfallenden Bergwasser abgeleitet. Die Versinterung des sekundären Drainagesystems von Verkehrstunneln kann zu vermehrtem Reinigungsaufwand, zu Betriebsunterbrechungen und bei Nichtbehebung durch Verlegung der Drainageleitungen zu Folgeschäden führen. Deshalb soll die Versinterung dieses Drainagesystems im Hinblick auf Einsparungen bei den Erhaltungskosten möglichst niedrig gehalten werden.

Hauptursache für Versinterungen im Drainagesystem von Tunneln ist die chemisch-physikalische Zusammensetzung der Bergwässer im Bereich des Tunnels. Ihr Kontakt mit zementgebundenen Baustoffen (Spritzbeton usw.) gehören zu weiteren Einflüssen, die bei bestimmten Bedingungen das Versinterungsverhalten beschleunigen können. Deshalb sollte der Kontakt der Bergwässer mit zementgebundenen Baustoffen möglichst gering gehalten werden. Bereits in der Planungsphase sind diese Einflüsse auf das Entwässerungssystem zu beachten.

Nach der Richtlinie „Spritzbeton" [1] kann das Versinterungspotential des Spritzbetons begrenzt werden; dazu dient der festzulegende Wert eines Reduzierten Versinterungspotentials (RV-Wert). Das nun vorliegende Merkblatt „Festlegung des Reduzierten Versinterungspotentials" [3] dient entsprechend den beiden Richtlinien für den Tunnelbau über „Spritzbeton" [1] und „Tunnelentwässerung" [2] als Erläuterung zur Festlegung eines verringerten Versinterungspotentials.

Für Spritzbeton ist nach derzeitigen Erfahrungen bei Einhaltung eines Klinkergehalts von maximal 270 kg/m^3 in Verbindung mit Zusatzstoffen im Nass-Gemisch ein RV von 0,7 (zulässige Auslaugung von Calcium in kg/t Spritzbeton) erreichbar – bei gleichzeitiger Einhaltung einer Gefügedichtheit über die maximale Wassereindringtiefe von ≤ 35 mm. Für geringere RV-Werte sind zur Grenzwertfestlegung entsprechende Vorversuche durchzuführen, wofür Prüfverhalten [4] angegeben sind.

Bei der Festlegung eines Grenzwertes sind die Zusammensetzung des Mischgutes, Angaben zur Herkunft der Ausgangsstoffe, gegebenenfalls die Zugabe des Erstarrungsbeschleunigers, das Spitzverfahren und die Bedingungen bei der Herstellung, sowie die üblichen Ergebnisse der Frisch- und Festbetonprüfungen zu berücksichtigen.

Die Untersuchung der Ursachen für die Versinterung eines bestimmten Tunnels ist aufwendig und heute noch nicht vollständig gelöst. In der Richtlinie „Tunnelentwässerung" [2] werden dazu Hinweise gegeben.

Auf der diesjährigen Spritzbeton-Tagung in Alpbach [5]

Code of Practice on Sintering Potential

Establishing reduced Sintering Potential for Tunnel Drainage

In the case of tunnels produced by mining means liquids from the carriageway are usually removed separated from accompanying underground water. Sintering of the secondary drainage system for transport tunnels can lead to additional cleaning operations, interruptions in services and follow-up damage if no drainage lines are laid to remedy matters. As a consequence sintering of these drainage systems must be kept as low as possible in order to save maintenance costs.

The chemical-physical composition of the underground water within the bounds of the tunnel represents the main cause for sintering. Its contact with cement-bonded construction materials (shotcrete etc.) is among the other influences, which can speed up the sintering process under certain cir-

ONLINE-VERSTEIGERUNG
Im Zuge einer BETRIEBSSCHLIESSUNG

Versteigerung: **MATERIEL DE FORAGE ET DE GEOTHERMIE**

Bohranlagen & Equipment

Rue de la Station 16 - 5575 Gedinne (Belgien)

RAUPEN-BOHRANLAGEN "Comacchio" MC900p (2008), mit Dieselmotor "Deutz" BF4M 1013 FC, max. Leistung112 Kw, 2300 U/min., Presskraft 12/18 T, Drehkraft 600/4000 mkg, Hochdruck-Einspritzpumpe für Wasser/Mousse, integrierter Teleskopkran "Amko-Veba" und Zubehör; "Stenuick" Fortrack 1500H, Dieselmotor "Deutz", Presskraft 30 T, Drehkraf 1800 mkg; "Puntel" MX600; "Halco" Jaguar, Presskraft 2,5 T; "FM-Mory" FM 40DCS, Presskraft 4T, Drehkraft 800 mkg; 2x "Geisert" Horizontal-Bohranlagen; großer Posten **BOHR-EQUIPMENT**, Spiralbohrer, Bohrhammer, Bohrköpfe, Luft- und Wasserschläuche, Plastikrohre für Wasserbrunnen; **BULLDOZER** "Fiat-Allis"; **HYDR. STROMAGGREGAT** "Geisert" HA 260/300, mit Dieselmotor "Hatz"; diverse Container; **BOHRKRAGEN** "Stenuick"; **HOCHDRUCK-KOMPRESSOREN** "Atlas Copco" & "Ingersoll-Rand" auf Anhängern; Metallbandsäge "FMB" Pegasus; **ELEKTRO-DIESELAGGREGAT** "Caterpillar"; diverse Anhänger; Mörtel-Spritzmaschine "Lancy" PH9R ('06); Flachbett-Anhänger "Gheysen & Verpoort"; etc.

GEBOTSABGABE NUR ONLINE
SCHLUSSDATUM: Dienstag **13. NOVEMBER** - 14.00 Uhr

BESICHTIGUNG: Donnerstag **8. November** - 9.00 bis 16.00 Uhr
FOTOS / KATALOG / INFO auf unserer Website

TROOSTWIJK
www.TroostwijkAuctions.com

wurde das in der Richtlinie angeführte Prüfverfahren und seine Weiterentwicklung erläutert sowie auf die Steuerungsmöglichkeiten durch das Spritzbetonmischungsverhältnis näher eingegangen. Zum Erreichen verringerter Versinterungspotentiale im Spritzbeton sind Optimierungen beim Bindemittel und Zusatzmittel notwendig. Zum Festlegen verlässlicher Grenzwerte müssen noch Daten aus Tunnelbauten gezielt gesammelt werden. Die Ermittlung der systembedingten und ausgangsstoffspezifischen Schwankungen ist noch nicht abgeschlossen. Jedenfalls muss eine ordnungsgemäß arbeitende Tunnelentwässerung mit möglichst geringem Wartungsaufwand bei hoher Lebensdauer das Ziel jedes Bauherrn sein. G.B.

Literatur / References

[1] Richtlinie „Spritzbeton". Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVBB), Wien 12/2009 – vgl. Tunnel 3/2010, p. 62
[2] Richtlinie „Tunnelentwässerung". Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVBB), Wien 4/2010 – vgl. Tunnel 5/2010, p. 61
[3] Merkblatt „Festlegung des reduzierten Versinterungspotentials". Österreichische Bautechnikvereinigung (öbv), Wien 7/2012
[4] Kusterle, W.; Pichler, W.; Saxer, A.: Prüfverfahren zur Bestimmung des Versicherungspotentials von Spritzbeton. Beton- und Stahlbetonbau 12/2011, pp. 847-852
[5] Pichler, W.; Saxer, A.; Kusterle, W.: Kann die Spritzbetonzusammensetzung die Versinterungsneigung in der Sekundären Tunneldrainage beeinflussen? Spritzbeton-Tagung 12./13.01.2012 Alpbach – Tunnel 5/2012, pp. 48-51

cumstances. As a result contact between the underground water with cement-bonded construction materials must be restricted to a minimum. Such influences on the drainage system must be taken into consideration during the planning phase.

The sintering potential of the shotcrete can be restricted in keeping with the Guideline on "Shotcrete" [1]. Establishing the value of a reduced sintering potential (RS value) serves this purpose. The code of practice now available "Establishing the Reduced Sintering Potential" [3] serves to explain how to obtain a reduced sintering value (RS value) in keeping with the 2 tunnelling guidelines on "Shotcrete" and "Tunnel Drainage" [2].

According to valid findings an RV value of 0.7 (permissible leaching out of calcium in kg/t of shotcrete) attainable by adhering to a clinker amount of maximum 270 kg/m³ in conjunction with additives in the wet mix – providing the structural imperviousness over the maximum water penetration depth of < 35 mm is adhered to at the same time. Corresponding advance tests should be carried out for lower RV values to determine the limits – with appropriate test procedures [4] being provided.

To establish a limit value the composition of the mix material, details of the origin of the basis materials, and if necessary the addition of an accelerator, the spraying method and the conditions during production as well as the customary results of fresh and solid concrete tests must be taken into consideration.

Investigating the causes for sintering in a certain tunnel is complex and still not completely resolved today. Pointers are provided in the Guideline on "Tunnel Drainage" [2].

At this year's Shotcrete Conference in Alpbach [5] the test method and its further development contained in the guideline were dealt with. Control possibilities through the shotcrete mix ratio were also examined. Binding agents and additives have to be optimised in order to arrive at reduced sintering potential in shotcrete. Data from tunnels must be collated to determine reliable limit values. The determining of system-related fluctuations specific to the basis material has still to be concluded. Undoubtedly properly functioning tunnel drainage with a minimum degree of maintenance with a long service life must be the goal of every client. G.B.

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

TU-Seoul 2013

International Symposium on Tunnelling and Underground Space Construction for Sustainable Development

18th – 20th March 2013,
Seoul/Korea
Contact:
Korean Tunnelling and Underground Space Association
General Secretariat
#1411 Seocho Kukge Electronic Center
1445-3 Seocho-dong,
Seocho-gu, Seoul 137-728,
Korea
Tel.: +82-2-3465-3665
Fax: +82-2-3465-3666
E-Mail: krtna@chollian.net
www.tunnel.or.kr
www.tu-seoul2013.org

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: +43 316-873-62 32
E-Mail: helmut.schweiger@tugraz.at
www.cvk.tugraz.at

bauma 2013

15. – 21. April 2013,
München/D
Messe München/VDMA e.V.
Neue Messe München, Messegelände, 81823 München/D
Tel.: +49 89-949-11348
Fax: +49 89-949-11349
www.bauma.de

Underground Construction Prague 2013

12th International Conference

22nd – 24th April 2013,
Prague/Czech Republic
Contact:
ITA-AITES Czech Tunelling Association
Miloslav Novotny – Secretary
Delnicka 12, 120 00 Prague,
Czech Republic
Tel. / Fax: +420 266 793 479
E-Mail: Ita-aites@metrostav.cz
www.ita-aites.cz

39th ITA/WTC in Geneva/ Switzerland

with Swiss Tunnel Congress 2013 in Genf/CH

Underground – the way to the future!

31st May – 7 June 2013,
Geneva/Switzerland
Information:
WTC 2013 Congress Chair
Felix Amberg
Phone: +41 844310513
Fax: +41 817253102
E-Mail: info@wtc2013.ch
www.wtc2013.ch

62. Geomechanik-Kolloquium 2013

10. + 11. Oktober 2013,
Kongresshaus, Salzburg/A
Neue Adresse:
Österreichische Gesellschaft für Geomechanik
Innsbrucker Bundesstraße 67,
5020 Salzburg/A
Tel.: +43 662-875519
Fax: +43 662-886748
E-Mail: salzburg@oegg.at
www.oegg.at
Spezialseminare am 9. Oktober 2013:

1) Charakterisierung von Störungszonen
2) Versagensprognose in der Geotechnik

STUVA-Tagung ´13

STUVA Conference ´13

ICS Stuttgart
27. – 29. November 2013,
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

Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	41
Devo-Tech AG, Ziefen/Basel/CH	www.devo-tech.ch	5
Dräger Safety AG & Co. KGAA, Lübeck/D	www.draeger.com	47
ELA Container GmbH, Haren/D	www.container.de	15
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
KrampeHarex GmbH & Co. KG, Hamm/D	www.krampeharex.com	43

Advertisers	Internet	Page
Lanz Oensingen AG, Oensingen/SO/CH	www.lanz-oens.com	3
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	19
Messe München, München/D	www.bauma.de	45
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	33
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	35

bauverlag
We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 31. Jahrgang / 31th 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. 31 vom 1.10.2012
Advertisement Price List No. 31 dated 1.10.2012 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: +7495-7824834,
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 gesetzlichen Bestimmungen in das alleinige Veröffentlichungs- und Verarbeitungsrecht des Verlages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die Rubrik „STUVA-Nachrichten" liegt in der Verantwortung der STUVA. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichneter Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

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

Druck/Printers:
Merkur Druck, D-32758 Detmold

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

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

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