

tunnel

3
April

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2013

www.tunnel-online.info



bau || || verlag
Wir geben Ideen Raum

Interview: New Rescue Service for Tunnelling
France: Mechanized Excavation for Hydropower Projects
Germany: Innovative targeted Resealing of Segment Bore Joints



High-tech

Tailor-made solutions for tunnelling, mining and exploration, including additional equipment and services on 1,330 m² of exhibition space.

in action

Machine technology you can touch. Innovative Herrenknecht products and methods in the open-air area.

bauma 2013

Herrenknecht at the bauma in Munich from **April 15 to April 21, 2013:**

hall C3, booth 415/514

open-air area north, booth N519/2

We are looking forward to your visit!

Pioneering Underground Technologies

› www.herrenknecht.com



tunnel 3/13

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



Hybrid-EPB, wie zum Beispiel diese von Robbins mit 10 m Durchmesser für Sleemanabad Carrier Canal in Indien, finden größeren Zuspruch, Seite 20 ff.

Hybrid EPBs, such as this 10 m diameter Robbins machine supplied for India's Sleemanabad Carrier Canal, are gaining in popularity, see pp 20

Title

Die Herrenknecht AG liefert insgesamt 6 EPB-Schilde sowie 2 Mixschilde für das europäische Megaprojekt Crossrail.

Herrenknecht AG is delivering a total of 6 EPB Shields as well as 2 Mixshields for the European megaproject Crossrail.

Aktuelles / Topical News	2
STUVA-Nachrichten / STUVA News	8
Hauptbeiträge / Main Articles	
Interview: Sicherheit – vom Tunnelmundloch bis zum Durchschlag	12
Interview: Safety – from Tunnel Mouth to Breakthrough: mit/with Hans-Jürgen Witt	
Nächste Generation Hybrid-TBM für wechselnden Baugrund	20
Next Generation of Hybrid TBMs for Mixed Ground Desiree Willis	
Maschinelles Tunnelvortrieb beim Wasserkraftprojekt	27
Chute de Gavet in Frankreich	
Mechanized Excavation for the Chute de Gavet Hydropower Project in France Dr. Karin Bäßler	
Tunnel Sonnenburg: TSM-Vortrieb unter schwierigen geologischen Bedingungen	34
Sonnenburg Tunnel: Roadheader Drive under tricky geological Conditions Dipl.-Geol. Dr.rer.nat. Ralf J. Plinninger, Dipl.-Ing. Reinhold Palla	
Streckensicherung nach dem Sprengen mit dem Paus Scaler 853 S8	42
Securing the Roadway after Blasting with the Paus Scaler 853 S8 Dipl.-Ing. (FH) Christian Potthoff	
Finnetunnel: Innovative gezielte Fugennachdichtung in Tübbingröhren – Teil 1	50
Finne Tunnel: Innovative targeted Resealing of Segment Bore Joints – Part 1 Prof. Dr.-Ing. Dieter Kirschke, Dipl.-Ing. Hendrik Schällicke, Dipl.-Ing. Dirk Fraas	
Aktuelles / Topical News	60, 65
Neue Produkte / New Products	
Innovativer Injektionsschlauch schützt den Nordhavnsvej-Tunnel vor dem Wasserdruck der Ostsee	63
Innovative Injection Hose protects the Nordhavnsvej Tunnel from Baltic Sea Water Pressure	
Informationen / Information	
Veranstaltungen	71
Events	
Inserentenverzeichnis	72
Advertising list	
Impressum	72
Imprint	

Schweiz

Chienbergtunnel: Sanierungsarbeiten 6 Jahre nach Eröffnung

Der 2,3 km lange, zweispurige Chienbergtunnel, Umfahrungstunnel von Sissach, ging nach 6 Jahren Bauzeit kurz vor Weihnachten 2006 in Betrieb und wird heute von rd. 15.000 Fahrzeugen täglich genutzt. Seinerzeit verdoppelten sich die Baukosten von fast 180 auf 330 Mio. CHF (275 Mio. €), und zwar

- durch einen Tagbruch von 4.000 m³ zwei Jahre nach dem Anstich mit 8 Monaten Verzögerung (Mehrkosten 25 Mio. CHF/21 Mio. €) und
- durch in 2004 unerwartet schnelle Hebungen der Tunnelsohle bis zu 75 cm auf 370 m Länge infolge Quellen des Gipskeupers, der beim Tunnelbau durch eindringendes Wasser quillt; als Gegenmaßnahme wurde das steife Sohlgewölbe durch eine Knautschzone darunter ergänzt, ausgebaut als Fluchtweg und Kabelstollen (Mehrkosten 100 Mio. CHF/83 Mio. €). Der Tunnel hat eine bis 1,10 m dicke Innenschale mit Ringchluss etwa alle 450 m.

Bisher haben sich die Maßnahmen zur Bekämpfung der

Hebungen bewährt, jedoch wurden jetzt am nachgiebigen Ausbau Sanierungsarbeiten notwendig. Die Sohle der Knautschzone hat sich in den letzten 6 Jahren um bis zu 76 cm infolge Ausfalls von Felsankern in der Sohle gehoben (wird mit Saugbagger abgetragen) und die Tunnelsohle, also die Fahrbahnplatte, infolge seitlichen Quelldrucks einseitig etwas gewölbt. Es wurde ein neues Gleitsystem eingeführt, wobei der Tunnel auf zwei Balken aus Beton zu stehen kommt, die auf neuartigen Knautschkörpern ruhen. Um dem Quelldruck von unten zu begegnen, werden durch die erneuerte Betonplatte der Knautschzone 700 Felsanker 20 m tief in den Boden gebohrt und entsprechend vorgespannt. Die Arbeiten wurden Ende 2012 beendet. Dabei mussten über 600 m³ Material abgebaut werden. Man rechnet damit, dass man derartige Eingriffe erst wieder in etwa 6 Jahren zu machen hat.

G.B.

**Literatur/References**

[1] Hebungen im Chienbergtunnel Sissach. Tunnel 7/2004, p. 8

[2] Untersuchung des Tagbruchs beim Chienbergtunnel. Tunnel 1/2005, p. 7

Switzerland

Chienberg Tunnel: redeveloped 6 Years after Opening

The 2.3 km long, twin-lane Chienberg Tunnel, which bypasses Sissach, opened shortly before Xmas 2006 after a 6-year construction period. It is used by some 15,000 vehicles per day. The construction costs almost doubled at the time from 180 to 330 million CHF (275 million euros) owing to

- a 4,000 m³ cave-in 2 years after starting up resulting in an 8-month delay (added costs of 25 million CHF/21 million euros) and
- through rapid heaving of the tunnel floor occurring unexpectedly in 2004 of up to 75 cm over a 370 m long section on account of gypsum keuper swelling as a result of ingressing water during tunnelling. The rigid base invert was supplemented by an underlying deformable zone as a counter-measure. This was produced in the form of an evacuation route and cable duct (added costs 100 million CHF/83 million euros). The tunnel possesses an up to

1.10 m thick inner shell with ring closure roughly every 450 m.

So far the measures designed to combat the heaves have proved themselves, however, redevelopment activities have become necessary on the yielding support for the base has risen by up to 76 cm in the course of the last 6 years (removed via suction excavator) on account of a lack of rock anchors in the invert and the tunnel floor (in this case the carriageway surface) becoming slightly curved at one side owing to lateral swelling pressure. A new slip system was devised with the tunnel standing on 2 concrete beams, which rest on novel deformable zones. In order to counter the swelling pressure from below, 700 rock anchors have been drilled 20 m deep into the soil and pretensioned accordingly through the renovated deformation zone. Work was due to finish in late 2012. In the process more than 600 m³ of material had to be removed. It is estimated that intervention of this type will first have to be resorted to again in roughly 6 years.

G.B.



Österreich

Sanierung des Pfändertunnels

Nach Inbetriebnahme der 2. Röhre Mitte 2012 wurde die 6.585 m lange, zweispurige Bestandsröhre des Pfändertunnels für den Verkehr gesperrt, um sie zu sanieren. Ende 2012 waren die größeren Bauarbeiten in der Bestands-

röhre bereits abgeschlossen. Vier neue Querschläge wurden ausgebrochen – zusätzlich zu den elf teilweise befahrbaren Querschlägen zwischen den beiden Tunnelröhren – und die Betonfahrbahn (50.000 m²) eingebaut sowie die Tunnel-

Austria

Redeveloping the Pfänder Tunnel

After commissioning the 2nd bore in mid-2012, the original 6,585 m long, twin-track bore of the Pfänder Tunnel was closed to traffic to be redeveloped. In late 2012, most of the construction jobs in the original bore were already completed. Four

new cross-passages were excavated – in addition to the 11 in part negotiable cross-passages between the 2 tunnel bores – and the concrete carriageway (50,000 m²) installed. Most of the tunnel surface coating was also produced.

beschichtung größtenteils hergestellt.

Erneuert werden die Anlagen für die Löschwasserversorgung. Danach folgt der Einbau von Beleuchtung, Lüftung und Signaltechnik. Der am Nordportal neu eingerichtete Kommandoraum für Einsatzkräfte wird zusammen mit der bereits bestehenden Einsatzzentrale im Betriebsgebäude Weidach am Südportal zur Erhöhung der Sicherheit beitragen.

Nach Beendigung der Sanierungsarbeiten in der Bestandsröhre gibt es dann ab Mitte 2013 in beiden zweispurigen Tunnelröhren nur noch Richtungsverkehr; das ergibt im Großraum Bregenz mehr Sicherheit und weniger Staus. Die Asfinag investierte in dieses Vorhaben 205 Mio. € – davon für die Sanierung der Bestandsröhre etwa 15 Mio. €.

G.B.


The facilities for the extinguishing water supply are to be renewed. This will be followed by the installation of lighting, ventilation and signalling technology. The new command post set up at the north portal for emergency services will contribute towards enhancing safety in conjunction with the existing control centre in the Weidach service facility at the south portal.

Once the redevelopment work is completed in the original bore, one-way traffic will run through the 2 twin-track tunnels from mid-2013. This will result in more safety in the greater Bregenz region as well as fewer tailbacks. The Asfinag (Austrian motorway operator) invested € 205 million in this project – with around € 15 million earmarked for redeveloping the existing bore.

G.B.


Italien

Fernbahntunnel in Bologna in Betrieb

Der italienische Netzbetreiber RFI hat am 22. Juni 2012 die neue Verbindung der beiden Schnellfahrstrecken Bologna-Florenz und Bologna-Mailand in Betrieb genommen. Damit wird der Regionalverkehr vom Schnellverkehr getrennt. Die 17,8 km lange Verbindung besteht aus einem 10 km langen, zweiröhren und größtenteils maschinell aufgefahrener Tun-

nel und einer offenen zu 75 % über Brücken führenden Strecke. Die neue Station für die Hochgeschwindigkeitszüge befindet sich unter der bisherigen Station Bologna Central und hat vier Gleise, zwei für die durchgehenden Züge und zwei an Bahnsteigen; sie wurden im Dezember 2012 in Betrieb genommen.

G.B.


Italy

Mainline Tunnel in Bologna in Operation

The Italian railway operator RFI opened the 2 new high-speed links between Bologna and Florence and Bologna and Milan on June 22, 2012. As a result, regional traffic has been separated from the high-speed network. The 17.8 km long link consists of a 10 km long, 2-bore tunnel, largely excavated by

mechanised means and an open section, 75 % of which runs over bridges. The new station for the high-speed trains is in the basement of the existing Bologna Central Station and possesses 4 tracks, 2 for through trains and 2 with platforms; they are were opened in December 2012. G.B.



Literatur/References

- [1] Casagrande, N.: High-speed urban Penetration in Bologna/Italien.
 [2] Tunnel 8/2002, pp. 18–19

Literatur/References

- [1] Pfändertunnel erhält 2. Röhre. Tunnel 5/2008, p 2 und 6/2009, pp. 19–20
 [2] Durchschlag am Pfändertunnel. Tunnel 3/2010, p. 9 und 8/2010, pp. 48–50
 [3] Pfändertunnel: Verkehrsfreigabe für 2. Röhre. Tunnel 2/2013, p. 4

Immer im Einsatz

Front-Ausleger DUA 700/800

Heute: Tunnel-Reinigung

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





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

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

Technik für Landschaftspflege und Landwirtschaft



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

Deutschland

Katzenbergtunnel in Betrieb

Der 8.385 m lange Katzenbergtunnel wurde nach neun Jahren Bauzeit als Deutschlands drittlängster Bahntunnel zum Fahrplanwechsel am 9. Dezember 2012 in Betrieb genommen, nachdem einige Tage zuvor zwei Züge, ein ICE und ein Güterzug, parallel durch die beiden im Abstand von 26 m nebeneinander liegenden Tunnelröhren gefahren waren. Beide Röhren wurden bei 25 bis 120 m Überdeckung auf 8.984 m Länge bergmännisch aufgeföhren sowie 286 und 115 m Längen in offener Bauweise ausgeföhrt; dazu gehören 18 bergmännisch erstell-

te Querschläge im Abstand von 500 m (mit 12 m langen Schleusen-kammern und selbstschlie-ßenden Türen) und zwei 74 m tiefe Lüftungsschächte.

Eingesetzt waren zwei EPS-Schilde (12,11 m Durchmesser; S-264 und S-265, Herrenknecht AG) und der Tübbingausbau von 60 cm Dicke geschah bei einem Wasserdruck von bis zu 9,2 bar. Die eingebaute Feste Fahrbahn (FF) ist von Einsatzfahrzeugen der Rettungskräfte befahrbar und besteht aus Fertigteilen, die als Gleistragplatten mit einer durchgehenden Kopplung einen endlosen Oberbau bilden. Alle Tunnel-

Germany

Katzenberg Tunnel operational

The 8,385 m long Katzenberg Tunnel was opened after 9 years of construction when the timetable changed on December 9, 2012. A few days previously 2 trains, an ICE and a goods train, passed parallel to each other through the 2 tunnel bores set 26 m apart. Both bores were driven with overburden ranging from 25 to 120 m over 8,984 m by trenchless means with two 286 and 115 m long cut-and-cover sections. The project includes 18 cross-passages produced by mining means at intervals of 500 m (with 12 m long lock chambers and automatic doors) and two 74 m deep ventilation shafts.

Two EPB shields (12.11 m diameter, S-264 and S-265, Herrenknecht AG) were applied and the 60 cm thick segmental lining was accomplished at a water pressure of up to 9.2 bar. The installed solid slab track (FF) can be used by vehicles belonging to the emergency services and is made of prefabricated parts constituting track supporting layers with continuous coupling forming a permanent superstructure. All tunnel portals possess protective hooded structures to avoid the sonic boom effect [2, 3], namely at the north portal with pressure relief ports to the surface and

Wir wünschen Ihnen inspirierende Eindrücke und begrüßen Sie gerne an unserem Stand.

We wish you inspiring impressions and you are welcome to visit our booth.

Ihr tunnel-Team
Your tunnel team

tunnel
Halle B4
Stand 201

bauma 2013
15 – 21 April, Munich



MINOVA The Ground Support Company



Visit us at BAUMA,
Munich, 15th to 21st of April 2013,
Hall C2, Booth no. C2.319/418

Your partner for tunnel and civil engineering projects

Minova tunnelling and civil business area delivers high performing ground support and consolidation products and services to people working in tunnelling, infrastructure, construction and repair works. Our expertise has been developed through growing our people complimented by our long and solid history in global mining and tunnelling works. We are striving to be the preferred supplier of safe and high performing products to people working in tunnelling and civil projects, anywhere around the world.

- ▼ High performance injection resins and resin capsules (Polyurethane, Silicate, Acrylic, Phenolic)
- ▼ Bolting systems (SDA, GRP, Fore poling system and others)
- ▼ Professional assistance from experienced engineers



Minova CarboTech GmbH
Tunnelling & Civils
Phone: +49 (0)201 80983 730
info@minovaint.com
www.minovainternational.com



A member of the Orica Group



MINOVA

The Ground Support Company



Urheber: Sebastian Roedig, Copyright: Deutsche Bahn AG

Katzenbergtunnel - Deutschlands drittlängster Bahntunnel in Betrieb Katzenbergtunnel - Germany's third longest railway tunnel in operation

portale haben zum Vermeiden des Tunnelknalls (Sonic-Boom-Effekt) Haubenbauwerke [2, 3], und zwar am Nordportal mit Druckentlastungsöffnungen zur Oberfläche und am Südportal mit seitlichen Entlüftungsschlitzten. Das für Tunnelbauwerke geltende mehrstufige Sicherheitskonzept entsprechend den Richtlinien für den Brand- und Katastrophenschutz ist im Katzenbergtunnel bautechnisch wegweisend umgesetzt worden (zwei Röhren verbunden durch Querschläge, seitliche Flucht- und Rettungswege (Sicherheitsbeleuchtung), Rettungsplätze vor den Portalen (auch für Hub-schrauberlandungen), Haubenbauwerke an den Portalen zur Vermeidung des Tunnelknalls und dachförmiges Längsprofil (Notbremsüberbrückung) [4].

Der Katzenbergtunnel ist wesentlicher Teil der Neu- und Ausbaustrecke Karlsruhe-Basel (250 km/h). In diesen Tunnel und seine Anbindung an die Rheintalbahn (insgesamt 17,6 km) wurden 610 Mio. € investiert; der Rohbau der bei-

den eingleisigen Tunnelröhren kostete allein 340 Mio. €.

Die 182 km lange Neu- und Ausbaustrecke Karlsruhe-Basel ist das Herzstück des Güterverkehrskorridors Rotterdam-Genua und wird viergleisig für 5,7 Mrd. € ausgebaut, um zusätzliche Kapazitäten, insbesondere für den Güterverkehr, aber auch für den Personenverkehr, zu schaffen. Der Abschnitt zwischen Rastatt und Offenburg ist bereits in Betrieb; gebaut wird derzeit südlich des Katzenbergtunnels, Richtung Basel. Mit einer Finanzierungsvereinbarung zwischen dem Bund und der Deutschen Bahn im Oktober 2012 wurden die Voraussetzungen geschaffen, ab dem kommenden Jahr auch den 16 km langen nördlichen Projektabschnitt mit dem 4.277 m langen Rastatter Tunnel [5] in Angriff nehmen zu können. G.B. ☑

at the south portal with lateral ventilation slots. The multi-stage safety concept applying to tunnels corresponding to the guidelines for fire and catastrophe protection has been implemented in exemplary fashion for the Katzenberg Tunnel in engineering terms (2 bores connected with cross-passages, lateral escape and evacuation routes, safety lighting), evacuation points at the portals (also suitable as helicopter pads), hooded protective structures at the portals to avoid the sonic boom effect and roof-shaped longitudinal profile (emergency brake override) [4].

The Katzenberg Tunnel represents an essential part of the new and upgraded Karlsruhe-Basel route (250 km/h). € 610 million was invested in this tunnel and its link to the Rheintalbahn railway

(totalling 17.6 km); the rough-ventilation slots. The multi-stage work for the 2 single-track tunnels alone cost € 340 million.

The 182 km long new and upgraded Karlsruhe-Basel route forms the core of the freight train corridor between Rotterdam and Genoa and is being developed for 4-tracks for € 5.7 billion in order to create additional capacities for goods traffic as well as passenger trains. The section between Rastatt and Offenburg is already operational; construction is currently forging ahead to the south of the Katzenberg Tunnel in the direction of Basel. The prior conditions were created in October 2012 with an agreement between the state and the Deutsche Bahn governing the financing to be able to tackle the 16 km long northern project section with the 4,277 m long Rastatt Tunnel [5] as from next year. G.B. ☑

Literatur/References

- [1] Abele, M.; Dinglinger, J.; Katzenbergtunnel: Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe-Basel. Tunnel 5/2006, pp. 46–50, 6/2005, p. 2 und 6/2004, pp. 62–63
- [2] Boxheimer, S.: Tunnelbau mit und ohne Knalleffekt? Wayss & Freytag Ingenieurbau, 24.4.2008, Frankfurt/Main
- [3] Katzenbergtunnel: Besondere Portale verhindern Tunnelknall. Tunnel 2/2011, pp. 10–12
- [4] Hudaff, M.: Die Inbetriebnahme des Katzenbergtunnels. EI-Eisenbahningenieur 1/2013, pp. 10–16
- [5] Rastatter Tunnel finanziert. Tunnel 8/2012, p. 7



bauma
2013

MUNICH
15-21
APRIL

HALL | STAND
C2 | 201

THE PATH OF LEAST RESISTANCE

Carving paths through the earth's most difficult obstacles is already a monumental task. Having an experienced partner that streamlines the entire tunneling operation puts you a step ahead.



**AT ROBBINS WE KNOW TUNNELING IS TOUGH,
BUT WE BELIEVE YOUR PARTNERSHIPS SHOULDN'T BE.**

Not only does Robbins provide the best designed machine for your project, we offer unrivaled support from project onset to machine buy-back and everything in between. While the underground has no guarantees, partnering with Robbins does.

Robbins
RELIABLE | RESPONSIVE

THEROBBINSCOMPANY.COM

STUVA-Nachrichten

STUVA schließt Tests mit Probanden zur barrierefreien Gestaltung von Überquerungsstellen erfolgreich ab

Zur weiteren Lösung des Zielkonflikts zwischen einer möglichst flachen Struktur zur Überwindung mit Rollatoren mit wenig Kraftanstrengung und einer guten Erastbarkeit hat die STUVA in Kooperation mit dem Institut Verkehr und Raum der Fachhochschule Erfurt (IVR) sowie dem Ingenieurbüro für Systemberatung und Planung GmbH (ISUP), Dresden, Deutschland, zahlreiche Untersuchungen mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen durchgeführt. Ziel des Vorhabens ist es, die Ausführungshinweise für die Gestaltung von Überquerungsstellen (Bordkante und Bodenindikatoren) an Hauptverkehrsstraßen unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen von blinden, sehbehinderten und gehbehinderten Menschen weiterzuentwickeln. Damit sollen die bestehenden Konflikte weiter reduziert werden.

Einer der Kernpunkte des Forschungsvorhabens bestand darin, Bordsteinformen und Bodenindikatoren auf den in den Versuchshallen der STUVA für diesen Zweck errichteten Teststrecken durch Menschen mit und ohne Behinderung bewerten zu lassen. Zudem wurden umfangreiche objektive Messungen durchgeführt. Die Testläufe mit den Probanden konnten erfolgreich und auch mit positiver Resonanz aller Beteiligten abgeschlossen werden. Die Probanden machten dabei rege von der Möglichkeit Gebrauch, einmal die Schwierigkeiten der jeweils anderen

Gruppe austesten zu können: Blinde Menschen konnten die Schwierigkeiten erfahren, die sich mit einem Rollator an der Bordsteinkante ergeben und Menschen mit Sehfähigkeit konnten versuchen, sich anhand von Bodenleitsystemen mit dem Langstock zu orientieren. Auch den nicht behinderten Probanden wurden die Schwierigkeiten, die einen möglicherweise selbst im fortgeschrittenen Alter erwarten, deutlich. So wurde das Verständnis für die Notwendigkeit von Kompromisslösungen und deren Weiterentwicklung gefördert.

Die aus der Untersuchung abgeleiteten Empfehlungen werden für eine Fortschreibung der Regelwerke aufbereitet. Die Umsetzung der Barrierefreiheit und Standardisierung stellt unter Aspekten der gleichberechtigten Teilhabe sowie der Berücksichtigung begrenzter finanzieller Ressourcen bei den



Rollstuhlräder an einer Bordsteinkante
Wheel of a wheelchair at the edge of a kerb stone

STUVA News

STUVA successfully concludes Tests with Proband on barrier-free Design of Crossing Points

The STUVA has undertaken numerous tests with different methodical approaches in conjunction with the Institute for Transport and Spatial Planning at Erfurt University of Applied Sciences (IVR) and the Ingenieurbüro für Systemberatung und Planung GmbH (ISUP), Dresden delving into the conflict of maintaining as flat a structure as possible negotiable with walkers using as little strength as possible and easily identifiable by touch. The project is aimed at further developing the approaches for designing crossing points (kerb stone and ground indicators) on main highways taking the requirements of blind, visually impaired and ambulatory-restricted persons into account. In this way it is intended to diminish existing conflicts even further.

One of the main aspects of the research project constituted having kerb stones and ground indicators set up on the trial sec-

tions established for this purpose in the STUVA testing facilities assessed by people with and without handicaps. Furthermore extensive objective measurements were executed. The trials with the probands were successfully concluded and were received positively by all those involved. In the process, the test persons took avail of the opportunity to try out the difficulties experienced in each case by the other group for themselves: blind persons were able to find out just how difficult it is to negotiate a kerb stone with a walker and people with sight were able to attempt to orientate themselves with ground guidance systems using a walking stick. Even those probands, who were not disabled, were able to discover the difficulties they might themselves experience later in life. In this way, the reasoning behind the need for compromise solutions and their further advancement was fostered.

The recommendations derived from the test are being processed for inclusion in the codes of practice. The implementation of accessibility and standardisation represents a further important element for sustainable and in turn, future-oriented road space design taking aspects such as equality for all and limited financial resources on the part of the road-building authorities into consideration.

The project is sponsored by the Federal Ministry for Transport, Building and Urban Development /BMVBS) (FE-No. 77.0500/2010) and the Fed-

Straßenbaulastträgern einen weiteren wichtigen Baustein für eine an die unterschiedlichen Anforderungen angepasste, nachhaltige und damit zukunftsfähige Straßenraumgestaltung dar.

Das Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) gefördert (FE-Nr. 77.0500/2010) und von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) fachlich betreut.

Eine umfassende Begleitung des Projekts durch Vertreter der Belange behinderter Menschen erfolgt durch deren Beteiligung im Betreuungsausschuss und die Evaluierung der Ergebnisse.

Zu diesem Zweck hat das Bundeskompetenzzentrum Barrierefreiheit e. V. (BKB) ein eigenfinanziertes Projekt unter der Projektleitung des Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverbands e.V. und des Instituts für barrierefreie Gestaltung und Mobilität GmbH des VdK aufgestellt. Die umfassende Beteiligung dient auch dazu, eine breite Akzeptanz für die Untersuchungsergebnisse zu erzielen.

Der Schlussbericht mit Empfehlungen zur barrierefreien Gestaltung von Überquerungsstellen an Hauptverkehrsstraßen wird voraussichtlich Mitte dieses Jahres fertiggestellt.

Dipl.-Ing. Otto Schließler 60 Jahre

Herr Dipl.-Ing. Otto Schließler (Bild 2) feierte Ende letzten Jahres seinen 60. Geburtstag. Herr Schließler ist Leiter des Tiefbauamts der Stadt Dortmund und Leiter der Fachkommission ÖPNV des Deutschen Städtetages, sowie Mitglied der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung. Seit dem

Jahr 2007 ist er im Vorstand der STUVA tätig und wurde 2011 von der Mitgliederversammlung zum 2. Stellvertretenden Vorsitzenden gewählt.

Das STUVA-Team sendet herzliche Glückwünsche zu diesem Ehrentag. Wir freuen uns über viele Ideen und Anregungen, die Herr Schließler in die STUVA-Arbeit einbringt und sind froh Herrn Schließler zum STUVA-Kreis zählen zu dürfen. Bei dieser Gelegenheit sagen wir ganz herzlich Danke für das Engagement für die Belange der STUVA.

STUVA-Tagung 2013

Die nächste STUVA-Tagung findet vom 27. bis 29.11.2013 im Internationalen Congresscenter Stuttgart (ICS), Deutschland, statt. Die Tagung steht unter dem Leitthema „Tunnel – Infrastruktur für die Zukunft“ – „Tunnels – Infrastructure for the Future“ und damit ganz im Zeichen des Megaprojekts Stuttgart 21. Es werden rund 1.500 Tunnelbaufachleute aus über 20 Nationen erwartet. Damit zählt das „Familientreffen der Tunnelbauer“ der STUVA zu den weltweit führenden Branchentreffs des unterirdischen Bauens.

In circa 40 Vorträgen wird zu aktuellen technischen Entwicklungen auf allen Gebieten des unterirdischen Bauens, Planung, Bau, Erhaltung, Sanierung, Nachrüstung, Forschung, Sicherheit beim Bau und Betrieb von Tunneln, Wirtschaftlichkeit, Vertragsgestaltung, Finanzierung und aus aktuellem Anlass zur Bürgerbeteiligung bei Großprojekten referiert. Der Bedeutung des Projekts angemessen, wird „Stuttgart 21“ bei der Tagung besondere Berücksichtigung finden.

eral Highway Research Institute (BASt).

Representatives of the needs of handicapped people participated in the responsible committee and in evaluating the results thus ensuring extensive involvement in the project.

For this purpose, the Federal Competence Centre for Accessibility Inc. (BKB) established a self-financed project headed by the German Society for the Blind and People with Impaired Sight and the Institute for Barrier-free Design and Mobility of the VdK welfare organisation. The extensive level of participation also aided the results of the project to be widely accepted.

The closing report with recommendations on the barrier-free design of crossing points on main highways is scheduled to be completed by mid-2013.

Dipl.-Ing. Otto Schließler turns 60

Dipl.-Ing. Otto Schließler celebrated his 60th birthday at the end of last year. Herr Schließler heads the Foundation Engineering Office of the City of Dortmund and the expert commission on public commuter transportation of the German Association of Cities as well as being a member of the German Academy for Urban Construction and Regional Planning. He has been a member of the STUVA board since 2007 and was elected to be its 2nd deputy chairman by the general assembly in 2011.

The STUVA team would like to convey its best wishes on the occasion of this anniversary. We are delighted by the many ideas and suggestions that Herr Schließler has contributed to the work of the STUVA and are pleased to number him among our ranks. We take this oppor-



Dipl.-Ing. Otto Schließler

Dipl.-Ing. Otto Schließler

tunity to express our particular appreciation to Herr Schließler for his commitment to STUVA's requirements.

STUVA Conference 2013

The next STUVA Conference will be staged from Nov. 27–29, 2013 at the International Congress Centre in Stuttgart (ICS), Germany. The conference will be captioned “Tunnels – Infrastructure for the Future” and is thus very much geared to the “Stuttgart 21” mega project. Some 1,500 tunnelling experts from more than 20 countries are expected to turn up. This means that “the family meeting for tunnellers” organised by the STUVA is numbered among the world's leading get-togethers for underground construction.

Some 40 papers will be presented dealing with current technical development in all sectors of underground construction, planning, building, redevelopment, retrofitting, research, safety during construction and operating tunnels, economy, drawing up contracts, financing and current involvement of citizens in major projects. “Stuttgart 21” will be focused on extensively at the confer-

Tunnel – Infrastruktur für die Zukunft · Tunnels – Infrastructure for the Future

STUVA-Tagung 2013

STUVA Conference 2013

27.–29. November 2013
Stuttgart

November 27–29, 2013
Stuttgart, Germany

www.stuva-conference.com

STUVA

Unterschiedliche Aspekte werden beleuchtet und wir laden Sie ein, sich einmal vor Ort mit diesem interessanten Bauvorhaben auseinanderzusetzen. Der Festabend am ersten Veranstaltungstag bietet Ihnen die Gelegenheit, die am Tag begonnenen Gespräche in entspannter Atmosphäre fortzusetzen, bestehende Kontakte zu pflegen und neue zu knüpfen.

Mit jährlich steigenden Zuwachsraten findet in unmittelbarem Zusammenhang mit der Vortragsveranstaltung die begleitende Fachausstellung statt. Von inzwischen mehr als 130 in- und ausländischen Unternehmen als professionelle Marketingplattform geschätzt werden Produkte und Leistungen aus den Bereichen Ausführung, Zulieferindustrie, Planung und Beratung im Bereich des Tief- und Tunnelbaus dem Fachpublikum präsentiert. Bei Redaktionsschluss

waren bereits 1.700 m² Ausstellungsfläche verkauft. Unter www.stuva-expo.de finden Sie alle relevanten Informationen.

Technische Besichtigungen am dritten Veranstaltungstag runden die perfekte Mischung

ence commensurate with the significance of the project. Various aspects will be honed in on and we invite you to inspect this interesting construction project on the spot. The gala evening on Day 1 provides the chance to

continue the discussions, which began in the course of the day, in a relaxed atmosphere, to consolidate existing contacts and initiate new ones.

The accompanying exhibition, which registers ever increasing growth rates per year, is staged in direct connection with the series of lectures. Products and services from the fields of execution, the supply industry, planning and consulting on the foundation engineering and tunnelling sector will be presented to the trade by what are now more than 130 companies from home and abroad.

On going to press more than 1,700 m² of exhibition space had been sold. All relevant details are available by accessing www.stuva-expo.de.

Technical excursions on Day 3 round off a perfect mix of specialised further training, networking event and marketing platform. Interested confer-

Tagungsgebühren Conference fees

Kategorie Category	Frühbucher (Anmeldung bis 30.9.2013) ¹ Early bird registration (Registration until 30.9.2013) ¹	Normal (Anmeldung nach dem 30.9.2013) ¹ Normal conditions (Registration after 30.9.2013) ¹
STUVA-Mitglieder ² STUVA Members ²	370	420
Nicht-Mitglieder Others	460	510
Studenten ³ Students ³	50	50

¹ Application received by the STUVA; an added fee of € 30 will be charged for on-the-spot registration.

² Members of companies/institutions, which are STUVA members.

³ Copy of student ID required. The member's tariff is only granted to employees of STUVA member companies. A corresponding supplement will be charged should this entitlement be unjustly claimed. Member companies, which register more than 15 participants, are entitled to an additional discount of 10 % of the conference fee.

¹ Eingang der Anmeldung bei der STUVA; bei Vor-Ort-Registrierung erheben wir einen Aufschlag in Höhe von € 30 auf den Normaltarif.

² Mitarbeiter von Firmen/Institutionen, die STUVA-Mitglied sind.

³ Kopie des Studentenausweises ist vorzulegen. Der Mitgliedertarif wird ausschließlich Beschäftigten von STUVA-Mitgliedsfirmen gewährt. Bei ungerechtfertigter Inanspruchnahme erfolgt eine entsprechende Nachforderung. Mitgliedsfirmen, die mehr als 15 Teilnehmer registrieren, wird ab dem 16. Teilnehmer ein zusätzlicher Rabatt in Höhe von 10 % auf die Tagungsgebühr gewährt.

aus fachlicher Weiterbildung, Networking Event und Marketingplattform ab. Interessierte Tagungsteilnehmer sind eingeladen, sich vor Ort vertiefende Einblicke in das Großprojekt Stuttgart 21 zu verschaffen.

Im Dezember 2012 wurde der Call for Papers an die Mitglieder der STUVA versendet und derzeit wird das Tagungsprogramm nach Beschlüssen des externen Auswahlgremiums und mit abschließender

Genehmigung durch den STUVA-Vorstand zusammengestellt. Veröffentlicht wird das Programm etwa Ende April 2013 auf www.stuva-conference.com. Die Anmeldung zur Tagung ist ebenfalls ab Ende April möglich. Ende Mai ist das gedruckte Programmheft bei der Geschäftsstelle der STUVA verfügbar. Das vollständige Programm erscheint zudem in einer der nächsten Ausgaben dieser Zeitschrift. 

ence participants are invited to obtain a greater insight into the Stuttgart 21 mega project on the spot.

The call for papers was sent to the STUVA members in December 2012 and at present the conference programme is being compiled in accordance with the resolutions of the external selection board followed by approval from the

STUVA board. The programme will be published roughly at the end of April 2013 on www.stuva-conference.com. It is also possible to register for the conference from the end of April. At the end of May, the printed programme booklet is available from the STUVA office. The complete programme will also appear in one of the next issues of this publication. 



fermacell®
AESTUVER

Safety first!

Baulicher Brandschutz mit maßgeschneiderten Lösungen und überzeugendem Service.

AESTUVER T – eine speziell für den Hochtemperaturbereich entwickelte Brandschutzplatte aus Glasfaserleichtbeton

- schützt Beton zuverlässig vor Brandbelastungen bis 1.350 °C.
- ist frost- und wasserbeständig.
- bietet vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten mit Farben und Beschichtungen.

Fire safety engineering with tailored solutions and convincing customer support.

AESTUVER T – glass-fibre reinforced light-weight concrete boards specifically developed for high-temperature environments.

- Reliable protection for concrete against effects of fire loads of up to 1,350 °C.
- Frost and water resistant.
- Painting and coating options for customized finishes.



Fermacell GmbH

FERMACELL Aestuver
Düsseldorfer Landstr. 395 · 47259 Duisburg
Telefon: +49 (0) 203 60880-8141
Telefax: +49 (0) 203 60880-8140
E-Mail: info@aestuver.de

www.aestuver.de

Sicherheit – vom Tunnelmundloch bis zum Durchschlag

Für die Renaturierung der Emscher gibt es einen Masterplan, mit dessen Realisierung bereits begonnen wurde. Emscherstädte, Kreise und industrielle Mitglieder der Emschergenossenschaft haben sich für verbindliche Planungen und Projekte im gesamten Emscherverlauf entschieden. Dazu gehört auch die Trasse für einen Emscher-Kanal. Das Abwasser wird zukünftig in geschlossenen Kanälen abgeleitet, und der Fluss sowie seine Nebenläufe werden sukzessive in naturnahe Gewässer umgebaut. So wird ein ungeliebter Fluss wieder zum Leben erweckt. Gleichzeitig erhält die gesamte Region zwischen Holzwickede und Dinslaken ein neues Gesicht.

Die Daten der neuen Kanalstrecke sind beeindruckend. Der Kanal ist als Hauptsammler ausgelegt, der in Tiefenlagen ca. 8 bis 40 m unter Gelände im unterirdischen Rohrvortrieb hergestellt wird. Das Mundloch des Kanals liegt unmittelbar unterhalb der Kläranlage Dortmund-Deusen. Über eine Strecke von 51 km wird die Rohrleitung bis zum Klärwerk Emschermündung in Dinslaken geführt. In Abschnitten ist es notwendig, eine Zweirohrstrecke aufzufahren, sodass insgesamt eine Kanalstrecke von mehr als 73 km zu bauen ist. Die Durchmesser des vollständig aus Stahlbetonrohren oder in Tübbingbauweise hergestellten Kanals variieren zwischen DN 1600 über DN 2000 bis zu DN 2800.

Im Mittel sind die Rohrleitungen mit einem Gefälle von

1,5 ‰ verlegt. Der fertige Abwasserkanal wird ständig mit Abwasser gefüllt und deshalb generell nicht begehbar sein. Für erforderliche Inspektionen ist deshalb ein Roboter vorgesehen. Die beim Bau des Kanals als Start- und Zielbaugrube für die Vortriebsarbeiten dienenden Schachtbauwerke müssen auch später begehbar sein. Nach der Fertigstellung dienen sie zur technischen Belüftung des Kanals und zum Einsatz der Inspektionstechnik.

Soweit die reinen Fakten des Bauvorhabens. „Ohne einen extrem hohen Sicherheitsstandard läuft bei einem solchen Bauprojekt überhaupt nichts“, und dafür hat Hans-Jürgen Witt, Geschäftsführer der S-I-T Tunnelsicherheit GmbH, Reken (www.tunnelsicherheit.de), ganz klare Vorstellungen.

Safety – from Tunnel Mouth to Breakthrough

A master plan exists for the restoration of the Emscher region, which has already been embarked on. Emscher cities, districts and industrial members belonging to the Emschergenossenschaft water board have decided in favour of binding plans and projects affecting the whole course of the Emscher. This includes the route for an Emscher waste water system. In future the waste water will be transported in closed channels and the river and its tributaries will gradually be transformed into natural waterways. In this way a much maligned river will be restored. At the same time, the entire region between Holzwickede and Dinslaken will take on a new face.

The data relating to the new stormwater section are impressive. The sewer system is designed as a main collector, which is being produced at depths of some 8 to 40 m under the surface by pipe jacking. The system's mouth is located beneath the Dortmund-Deusen clarification plant. The pipeline will run over a distance of 51 km to the mouth of the Emscher in Dinslaken. It is necessary to drive a second pipeline in sections, so that altogether a route of more than 73 km will be built. The diameter of the channel built entirely of reinforced concrete pipes or segments varies between DN 1600 by way of DN 2000 right up to DN 2800.

On average the pipelines are laid with a gradient of 1.5 ‰. The completed waste water system

will be permanently filled with sewage and thus generally not be negotiable. A robot is foreseen to carry out necessary inspections. The shaft structures serving as the start and target pits for the driving activities during the construction of the sewer must also be accessible subsequently. Following completion they will serve for technical ventilation of the sewer system and for applying inspection technology.

These are the bare facts of the construction project. "Without an extremely high safety standard nothing functions in the case of such a construction project", and in this respect Hans-Jürgen Witt, the CEO of the S-I-T Tunnelsicherheit GmbH, Reken (www.tunnelsicherheit.de) has some clear notions.

„Der schlimmste Fall ist ein heißes Ereignis“

Interview mit Hans-Jürgen Witt.

Herr Witt, warum muss bei der Neukonzeption des Emscherverlaufs die Sicherheit so extrem groß geschrieben werden?

Es geht um die Sicherheit von Menschenleben bei dem Bau eines Schacht- und Rohrsystems, das in Deutschland einzigartig ist und für alle Beteiligten eine besondere Herausforderung darstellt. Gesetzlich gelten die verschärften Bestimmungen der §§ 3 bis 6 des Arbeitsschutzgesetzes, flankierend dazu die Bestimmungen der Baustellenverordnung. Danach hat ein Unternehmen die Pflicht, seine Mitarbeiter zu unterweisen und dafür zu sorgen, dass sie im Gefahrenfall gerettet werden können. Eine solche Verkehrssicherungspflicht obliegt in diesem Fall dem Auftraggeber, also hier der Emschergenossenschaft. Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, wurde mit der Koordination der Rettung vom Tunnelmundloch bis zum Durchschlag die S-I-T Tunnelsicherheit GmbH, Reken, Deutschland, beauftragt. Nur mit einem geschlossenen Rettungskonzept, d.h. mit der Koordination aller am Kanalbau Beteiligten, mit bestens ausgebildeten und technisch optimal ausgerüsteten Rettungskräften wird bei der Erstellung des Kanals Sicherheit generiert.

Was gehört alles zu Ihrem Aufgabenbereich?

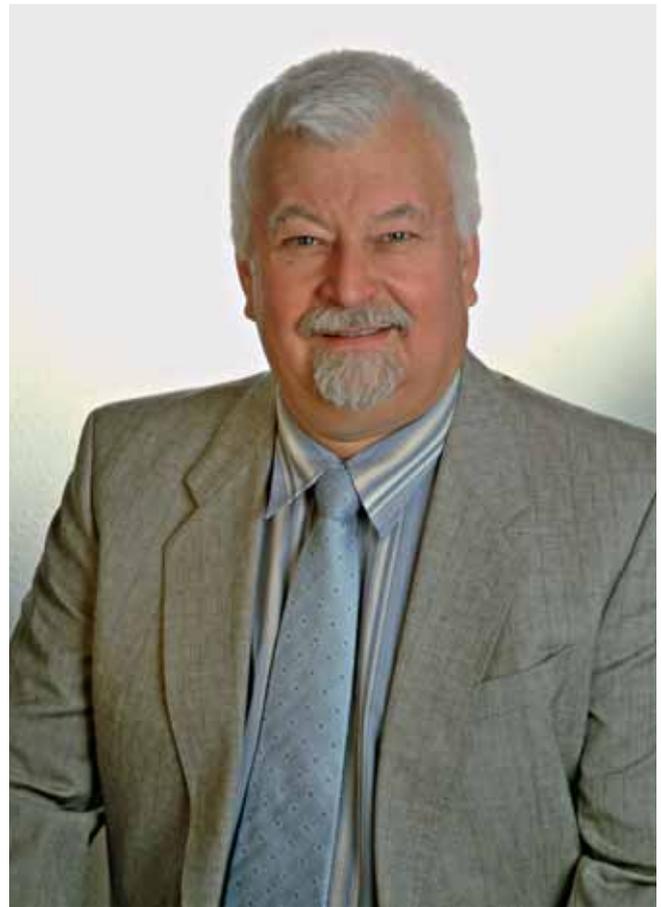
S-I-T hat nach dem Konzept dafür zu sorgen, dass die Rettungskräfte auch in schwierigen Situationen mit schwe-

rem Atemschutz hineingehen, wenn der Tunnel verraucht sein sollte. Dazu koordinieren wir Mitarbeiter des Roten Kreuzes, sorgen für deren Ausbildung, laufende Schulungen und regelmäßige Übungen. Im Gefahrenfall werden diese Rettungskräfte Verunfallte im Tunnel retten, für die Stabilisierung der Verunfallten und deren Abtransport mit Tragen oder Fahrzeugen sorgen.

Welche Szenarien haben Sie bei einer Kanalstrecke von diesen Dimensionen also zu berücksichtigen, wenn im Tunnel die Sicherheit an erster Stelle steht?

Bei so genannten „kalten Ereignissen“ geht es um die Versorgung und Rettung von Verletzten. Technik sowie Manpower müssen auf den Ernstfall eingestellt sein, jeder Zeitverlust könnte schlimme Folgen haben. Die großen Herausforderungen liegen auch in den Verhältnissen unter Tage, die sich im Streckenverlauf des Kanals oft ändern können. Bei einem Spektrum zwischen 1,6 m und 2,8 m Kanaldurchmesser – überwiegend sind es zwischen 1,6 m und 1,8 m – muss die Rettung der Verunfallten überhaupt erst einmal räumlich möglich sein. Zunächst sind also die relativ kleinen Querschnitte das Problem. Die körperliche Fitness und die fachliche Kompetenz der Rettungskräfte sind weitere unbedingt einzulösende Anforderungen.

Der schlimmste Fall ist „ein heißes Ereignis“, bei dem in der Regel zwar kein lodernes



Hans-Jürgen Witt, Geschäftsführer der S-I-T Tunnelsicherheit GmbH, www.tunnelsicherheit.de

Hans-Jürgen Witt, CEO of S-I-T Tunnelsicherheit GmbH, www.tunnelsicherheit.de

“The worst case is a hot incident”

Interview with Hans-Jürgen Witt.

Herr Witt, why must safety be written with such large letters with regard to the new conception of the course of the Emscher?

Human lives are concerned during the building of a shaft and pipe system, which is unique in Germany representing a major challenge for all those involved. In legal terms the stepped-up regulations of the §§ 3 to 6 of the Industrial Safety Act apply backed up by the regulations of the Ordinance governing Construction Sites. Accordingly a contractor is obliged to instruct

his staff and ensure that they can be evacuated in the event of danger. Here such a safety commitment is the client's responsibility in this case the Emschergenossenschaft. The S-I-T Tunnelsicherheit GmbH, Reken, Germany, was commissioned to coordinate rescue from the tunnel mouth to the breakthrough to comply with this responsibility. Safety in producing the sewer system can only be assured by a complete evacuation concept, i.e. through the coordination of all those involved in building the system with thoroughly trained and technically optimally equipped rescue services.

Feuer entsteht, sondern ein Schwelbrand, der zur Verrau- chung des Kanals führt. Dann müssen die Rettungskräfte in kürzester Zeit den Einsatzort erreichen und unter Anleitung des Verantwortlichen von S-I-T mit der Rettung beginnen. Die Retter sind wie Feuerwehrleute mit einer persönlichen Schutz- ausrüstung ausgestattet sowie mit schwerem Atemschutz und Sauerstoffseltretter für den Eigenschutz.

Die STUVAtec, Köln, ein Insti- tut für Tunnelbau, das Brand- schutz- und Sicherheitskon- zepte für bestehende Tunnel erstellt, ist offenbar die Basis Ihres Rettungskonzepts. Wie sieht das im Einzelnen aus?

Das Konzept der STUVAtec beinhaltet allgemeine Vorga- ben zur Sicherheitsumsetzung und ist deshalb eine wichtige Grundlage für die Arbeiten der S-I-T. Unser Konzept ist fallbezogen und geht viel

weiter in die Details: z.B. Zahl der Einsatzkräfte, technische Gerätschaften, Ausbildung der Rettungskräfte und Ein- satzzeiten. Damit vertretbare Einsatzzeiten überhaupt mög- lich sind, wurde beim Regie- rungspräsidenten in Arnberg die Erlaubnis für Alarmfah- ren beantragt. Diese wurden auch genehmigt. Neben der medizinischen muss auch die technische Ausrüstung auf die Besonderheiten vor Ort an- gepasst werden. Schleifkorb und Rettungstranporter sind für die Röhrenquerschnitte berechnet und mit uns ent- wickelt worden. In kleineren Kanälen geschieht der Trans- port auf manuell betriebenen Fahrgeräten; in den Kanälen ab DN 2600 kommen Elektro- Spezialfahrzeuge zum Einsatz.

Ohne Stress und Hektik wird es in solchen Fällen wohl kaum abgehen. Ist in Ihrem Konzept denn auch dafür gesorgt, dass

What do your responsibilities entail?

According to the concept, S-I-T has to ensure that the rescue services can also be deployed during tricky situations wearing proper respiratory gear should the tunnel be filled with smoke. Towards this end we coordinate members of the Red Cross, cater for their training, hold ongoing training sessions and regular drills. In the event of danger these emergency services will rescue injured persons in the tunnel, ensuring they are stablised and can be evacuated by stretcher or vehicles.

Which scenarios must you reckon with for a route alignment of such dimensions if safety is accorded priority in the tunnel?

In the case of so-called "cold incidents", it is essential to look after and evacuate injured persons. Technology as well as manpower must be geared to a case of emergency; any time lost

can have serious consequences. The greatest challenges are to be found underground, which can often change along the course of the sewage system. Given a spectrum varying between 1.6 and 2.8 m – mainly it's between 1.6 and 1.8 m – the evacuation of injured persons must initially be feasible in terms of the space available. Firstly the relatively narrow cross-sections represent the problem. Physical fitness and the skill of the emergency forces are further essential requirements. The worst case scenario is a "hot incident", when a smouldering fire rather than a blazing one leads to the sewer system being filled with smoke. Then the emer- gency services must reach the source of the incident as soon as possible and begin rescuing people under the guidance of those responsible from S-I-T. The rescue services are equipped with an individual protection kit like fire service personnel as well as heavy respiratory equipment



Rettungsübung: der Verunfallte wird auf der Trage fixiert Rescue drill: the victim is placed on the stretcher

die Retter optimale Bedingungen vorfinden?

Die zu erwartende Hektik wird durch unsere Vorbereitungen abgemildert. In unserem Konzept sind klare Anweisungen erarbeitet worden, die einerseits an die Rettungskräfte gerichtet sind, andererseits an die Beschäftigten auf der Baustelle. Halten sich alle daran, können wir davon ausgehen, dass ein guter und freier Zugang zu den einzelnen Bereichen des Kanals gegeben ist. Der freie Zugang ist bei nur 1,6 m Rohrdurchmesser ein durchaus kritischer Punkt. Dort sind Pumpen installiert, Förderschläuche und weiteres Arbeitsgerät können den Flucht- und Rettungsweg einengen oder sogar blockieren. Absolute Durchgängigkeit ist

also eine unbedingte Voraussetzung für den Rettungserfolg. Die 65 cm breite Standardrettungstrage ist daher durch eine um zehn Zentimeter schmalere Schleifkorbtrage sowie ein schmaleres Rettungsboard ersetzt worden. Die schmalere Trage stellt zwar teils eine Komfoteinschränkung für den Verletzten dar, aber die Rettung wird erheblich erleichtert oder gar erst möglich. Die Durchgängigkeit des Rettungstrums wird in (un-)regelmäßigen Abständen von der S-I-T geprüft.

Nur Schnelligkeit und Präzision, Training für den Ernstfall, koordinierte Arbeitsabläufe und die Berücksichtigung aller denkbaren Eventualitäten führen also zum Rettungserfolg?

and oxygen self-rescuers for their own protection.

The STUVAtec, Cologne, an institute for tunnelling, which devises fire protection and safety concepts for existing tunnels, clearly provides the basis for your rescue concept. How does this look in detail?

The STUVAtec concept involves general guidelines for applying safety and is thus an important basis for S-I-T's work. Our concept is case-related and is far more detailed: e.g. the number of forces deployed, technical equipment, training of emergency staff and deployment times. Permission for emergency journeys was applied for from the district president in Arnsberg to provide for acceptable deployment times.

These were also approved. Both the medical and technical equipment had to be adapted to the special features prevailing on the spot. The dragging basket and rescue transport are calculated for the bore cross-sections and devised in conjunction with our company. Transport in smaller sewers is carried out with manually operated equipment: electric-powered special vehicles are used in sewers in excess of DN 2600.

Stress and a hectic situation are practically inevitable in such cases. Does your concept also ensure that the rescuers encounter optimal conditions?

The expected hectic situation is eased thanks to our preparations, which are first of all directed at all

www.normet.com
www.taminternational.com

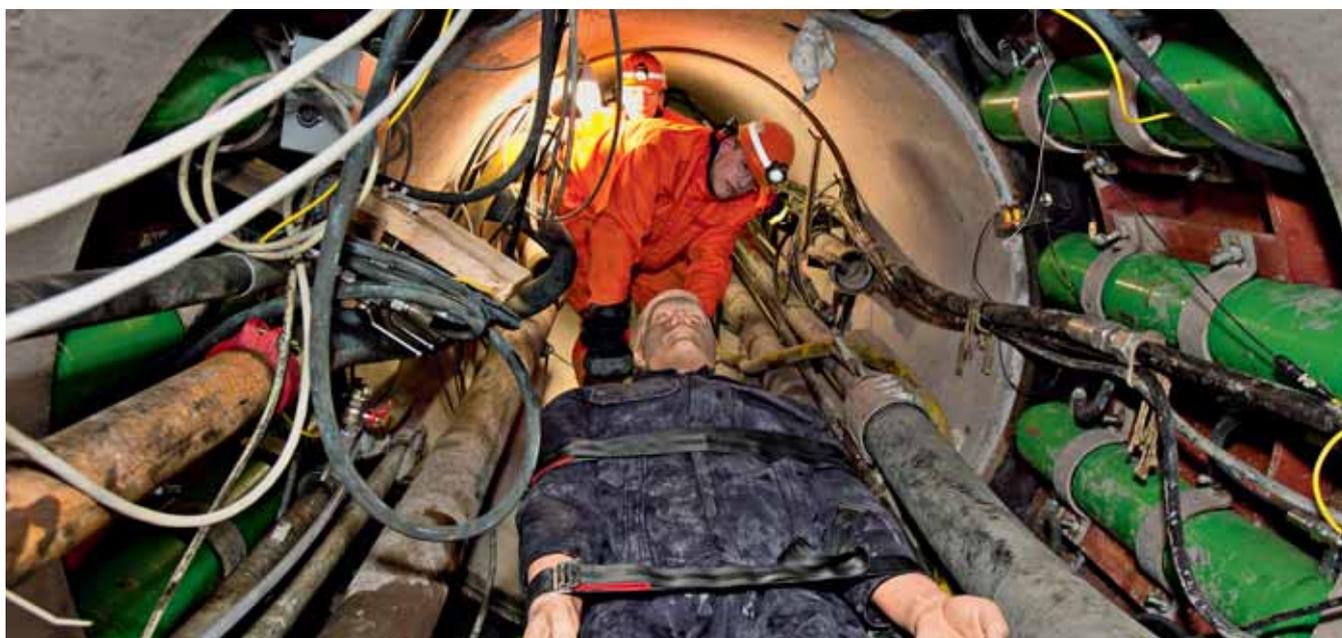
SOLUTIONS FOR TOUGH JOBS

normet
FOR TOUGH JOBS

CHEMICALS
EQUIPMENT
SUPPORT

bauma 2013

VISIT US IN MUNICH
AND DISCOVER OUR CONCRETE SPRAYING
SIMULATOR AND MORE
HALL: B3, STAND: 229



(Rupert Oberhäuser)

Rettingsübung: der Verunfallte wird abtransportiert. Für das schmale Rettungsrum wurde die Trage speziell angepasst
 Rescue drill: the victim is carried away. The stretcher was particularly adapted for the narrow rescue route

Ein Unfallereignis ist immer Stress und Hektik pur. Unser Konzept schafft die Grundlage für ein geordnetes und effizientes Handeln auch in einer solch schwierigen Gemengelage. In immer wieder durchgespielten Übungen der „Rettungsassistenten“ für den Ernstfall werden realistische Fälle konstruiert. So wird z.B. ein Dummy vor Ort, d.h. in der Kanalröhre, platziert, von den Rettungskräften am Ort des Unfallgeschehens erstversorgt, aufgenommen und so schnell wie möglich nach draußen transportiert. Jeder Schritt wird zeitlich gemessen und notiert, um eventuelle Reserven auszuloten. Wenn der Verunfallte aus dem Kanal gerettet worden ist, stehen die Rettungskräfte der Feuerwehr an der Schachtssole bereit und übernehmen die Höhenrettung mit einem Kran oder einem Höhenretter. In diesem Szenario lassen sich Retter in den Schacht abseilen, hängen die Rettungsgeräte ein und werden mit dem Unfallopfer wieder hochgezogen.

Ausbildung und Übungen sind das eine, doch wenn der Ernstfall eintritt, sieht alles doch ganz anders aus. Wie stellen Sie Ihre Rettungskräfte darauf ein? Zum Einsatz kommen ausgewiesene, hochprofessionelle Spezialisten des Deutschen Roten Kreuzes, Hertens e.V., die bei der Grubenrettung in Herne ausgebildet wurden. Die Rettungsassistenten sind für die Rettung der Mitarbeiter im Kanal während der Vortriebsarbeiten und der Reparaturen ständig zentral oder vor Ort in Bereitschaft. Der Kanal wird von rund 100 Schächten zwischen Dortmund und Dinslaken mit Haltungen zwischen 300 m und 1.000 m vorgetrieben. Die Rettungskräfte müssen in ihren Übungen von den Mitarbeitern der S-I-T darauf vorbereitet werden, vor Ort unterschiedliche Bautrupps und lokale Besonderheiten anzutreffen. Kommunikation zwischen allen Beteiligten und genaue Ortskenntnisse sind also unerlässlich.

rescue squads and also at those employed on the construction site. If they all cooperate, then we can rely on the fact that the individual sections in the waste water system will be accessed easily. Free access undoubtedly represents a critical point with only 1.6 m pipe diameter. Pumps are installed there, delivery hoses and other equipment can restrict the evacuation and escape route or even block it. Absolute accessibility is thus imperative for a successful rescue. The 65 cm wide standard stretcher is thus replaced by a 10 cm narrower dragging basket as well as a narrower rescue board. The narrower stretcher admittedly provides less comfort for the injured person but evacuation is considerably easier or first made possible. The S-I-T checks the accessibility of the escape route at (ir)regular intervals.

In other words only speed and precision, training for the worst case, coordinated working cycles and taking all conceivable

eventualities into consideration lead to a successful rescue?

An accident always denotes stress and flurried activity. Our concept establishes the basis to act properly and efficiently even in a tricky situation. Realistic cases are constructed while drilling the rescue squads for emergencies. For instance a dummy is placed in the sewer pipe and provided with emergency treatment on the spot, then transported as quickly as possible into the open by stretcher. Each step is timed and noted to cater for possible reserves. Once the casualty has been rescued from the sewer, the emergency fire service is already present at the bottom of the shaft and provides rescue to the surface by crane or a rescue device. In this scenario, the rescuers descend into the shaft, place the rescue equipment in position and are pulled up again with the victim.

Training and drills is one thing but everything looks a lot different should an incident occur.

Eine enge Zusammenarbeit mit den beteiligten Firmen ist ein zentraler Punkt unseres Konzepts. Mit dem Bau sind zwei Unternehmen betraut: Porr, ein österreichisches Tunnel- und Tiefbauunternehmen, Niederlassung Berlin, und Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Frankfurt. Auch ihr Sicherheitsengagement ist voll gefordert, indem sie die unterirdischen Baustellen rettungsfreundlich ausgestalten. Brandlasten z.B. müssen so klein wie möglich gehalten werden, Rettungswege sind frei zu halten und bei Schweißarbeiten sind Brandwachen zu stellen.

Damit ist dieses System der klaren und eindeutigen Auf-

gabenzuteilung absolut neu mit seiner Transparenz und individuellen Verantwortung ...

... Ja, so ist das. Würde nämlich jedes Unternehmen seine eigenen Vorstellungen von Sicherheit und Rettung zu realisieren versuchen – beim Emscherprojekt sind es zwei ausführende Unternehmen – dann wäre die Rettung quasi in unterschiedlichen Formen geregelt und es käme zu erheblichen Abstimmungsnotwendigkeiten. Die Unternehmen sind deshalb in das Gesamtkonzept fest eingebunden.

Für unsere Vorgehensweise haben die Feuerwehren der jeweiligen Regionen, die Regierungspräsidien und die Rettungsärzte grünes Licht ge-

How do your rescue services gear up to this?

They are proven, highly professional specialists from the German Red Cross, Herten Inc., who were trained by the mine rescue service in Herne. The rescue crew are permanently on call centrally or on the spot for helping the workforce involved in the driving activities and repairs in the sewer system. The system is driven from around 100 shafts between Dortmund and Dinslaken with section lengths ranging from 200 to 1,000 m. The rescue crew have to be trained by S-I-T staff to be able to encounter various construction gangs and local special characteristics on the spot. Communication among all those involved and exact knowl-

edge of the locality are essential. Close collaboration with the companies involved represents a main aspect of our concept. Two companies are involved in construction: the Berlin branch of Porr, an Austrian tunnelling and foundation engineering contractor and Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Frankfurt. They are also entirely committed to safety for they set up the underground construction sites in a manner that aids evacuation. Fire loads e.g. have to be kept as small as possible, escapeways must be kept free and fire wardens must be posted during welding operations.

In this way this system of clear and unequivocal allocation of

**bauma
2013**

Besuchen Sie uns
an der bauma
Halle C3
Stand 132

rascor[®]



Wer richtig plant, bleibt trocken.

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

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

geben – jeder hatte also auch ein Mitspracherecht. Bei einem Unfallereignis liegt die Einsatzleitung stets bei der Feuerwehr. Weil aber die Feuerwehr in dem Kanalsystem nicht die Rettung übernimmt, sondern erst, wenn die Rettungsassistenten mit den Verunfallten aus dem Tunnel in die Schachtzone kommen, sind in unserem Einsatzkonzept zwei Entscheider vorgesehen: Der Einsatzleiter der Feuerwehr und der Leiter des Rettungstrupps von der S-I-T. Diese stimmen sich ab, schätzen die Gefahren ein und entscheiden entweder das „Go“ für den Rettungseinsatz oder warten, bis sich die Situation geklärt hat und die Retter gefahrlos hineingehen können.

„Stuttgart 21“ ist in aller Munde, doch man hört kaum etwas darüber, dass die Sicherheit auch dort eine entscheidende Rolle spielt.

In der öffentlichen Diskussion stehen zurzeit noch die unterschiedlichsten politischen und wirtschaftlichen Meinungen bei diesem Großprojekt im Focus. Darum wird es im besonderen Maße auf ein geschlossenes, mit allen Parteien abgestimmtes Sicherheitssystem ankommen, wenn man hier die Verantwortung übernimmt.

Von der „ARGE Tunnelbau Alaufstieg“ (ARGE ATA) ist uns der Auftrag erteilt worden, den Alaufstieg, eine Teilzuführung zu „Stuttgart 21“, sicherheitstechnisch zu betreuen. Auch hier ist für einen hohen Sicherheitsstandard zu sorgen. Auch hier sehen sich die örtlichen Feuerwehren nicht in der Lage, die Rettung von Verletzten bei einem verrauchten Tunnel durchzuführen. Um

die Rettung der Mitarbeiter im Tunnel dennoch sicherzustellen ist seitens der „DB Projektbau GmbH Stuttgart“ unserem Auftraggeber der ARGE ATA, die Verpflichtung zur Aufstellung einer Rettungswehr abverlangt. Das Rettungskonzept hierfür befindet sich noch in der Erstellungsphase. Bei der Konzeptionierung und Umsetzung wird jedoch auf das Know-how der S-I-T nicht verzichtet.

Was sind also die sicherheitstechnischen Besonderheiten des Alaufstiegs?

Wegen der genannten Umstände können noch keine konkreten Aussagen gemacht werden. Es gelten wie überall die Bestimmungen des Arbeitsschutzgesetzes. Es kann ein Brand entstehen und es kann zu Verrauchungen kommen. Vor allem ist technisch und organisatorisch alles so aufeinander abzustimmen, dass als Ergebnis der höchstmögliche Sicherheitsgrad dabei herauskommt. Es sind z.B. Maßnahmen zur Gefahrenabwehr für die Tunnelbohrmaschine (TBM) oder für den konventionellen Sprengvortrieb zu erarbeiten. Bei einem technischen Großprojekt von dieser Dimension verändern sich die Gefährdungen laufend. Entscheidend ist eben, auf alle Eventualitäten eingestellt zu sein und dass die Rettungskräfte so schnell und so ungestört wie möglich ihren Job machen können. Nur mit Voraussicht, einem Plan, mit Präzision und professionell geschulten, gut geführten Einsatzkräften wird die Rettung ein Erfolg.

Das Interview führte Klaus Niehörster im Auftrag von tunnel. 

tasks is absolutely new with regard to transparency and individual responsibility ...

... Yes, that's right. If for instance each company were to attempt accomplish its own ideas about safety and rescue – there are 2 responsible contractors involved in the Emscher project – then rescue would presumably be organised in different forms leading to a substantial need for coordination. This way the contractors are firmly tied in with the overall concept.

The fire services of the various regions, the district presidencies and emergency doctors have approved our approach – everyone is entitled to have a say. In the event of an incident, the fire brigade is always responsible for controlling operations. Our deployment concept involves 2 decision makers because the fire service is not responsible for rescue in the sewer system but only after the rescue crew retrieve the victims from the tunnel to the shaft zone: the officer-in-charge with the fire brigade and the supervisor of the S-I-T rescue squad. They coordinate their tactics, estimate the dangers and either give the „go-ahead“ for the rescue mission or wait until the situation has become clear and the rescuers can proceed without risk.

Everyone's talking about „Stuttgart 21“ however hardly anything is said that there too safety has a decisive role to play.

At present public discussion is still focused on the different political and economic opinions involving this major project. As a result, once responsibility is accepted here it will particularly depend on a complete safety system, which has been agreed on by all those involved.

We have been commissioned by the „ARGE Tunnelbau Alaufstieg“ (ATA JV) to take charge of safety for the „Alaufstieg“, a part access for „Stuttgart 21“. A high safety standard has to be catered for here as well. Here too, the local fire services do not believe they are in a position to rescue injured people from a smoke-filled tunnel. However our client, the „ATA JV“, has been commissioned by the „DB ProjektBau GmbH“, Stuttgart to set up a rescue service to evacuate staff in the tunnel. The relevant rescue concept is still in its infancy. S-I-T know-how will play an important part in devising it and its implementation.

So what are the safety technical special features of the Alaufstieg?

It's not possible to say anything concrete on account of the given circumstances. The regulations of the Industrial Protection Act apply just like everywhere else. A fire can occur and smoke can accrue. First and foremost, everything must be geared in technical and organisational terms so that the highest possible degree of safety is the outcome. For instance, measures have to be taken to counter hazards affecting the tunnel boring machine (TBM) or for the conventional drill+blast drive. The dangers involved in a technical project of this size change constantly. However, it is imperative that all eventualities are catered for and that the rescue services are able to do their job as quickly and unimpeded as possible. Rescue can only succeed providing there is foresight, a plan involving precision and professionally trained, well supervised emergency forces.

Klaus Niehörster conducted the interview on behalf of tunnel. 

DEUTSCHES tunnel FORUM 2013

LICHT, FARBE UND SOZIALE SICHERHEIT

17.09.2013
Hamburg

18.09.2013
Berlin

EINLADUNG

Das 2. Deutsche tunnel-Forum behandelt psychologische, technische und nicht zuletzt wirtschaftliche Aspekte von Licht und Farbe in unterirdischen Verkehrsanlagen. Diese Faktoren spielen für Planung, Herstellung, Betrieb und Unterhaltung eine wichtige Rolle.

Freuen Sie sich auf folgende Themen: **Moderne Lichttechnik zur Verbesserung von Verkehrsfluss und Sicherheit in Tunneln** • **Beleuchtung in Straßentunneln** • **Psychologie der Farbe und Farbgeometrie** • **Gestaltung von Ingenieurbauwerken mit Licht und Farbe** • **Architektur und Sicherheit in unterirdischen Haltestellen des Nahverkehrs** • **Bauliche Aspekte zur Erhöhung der sozialen Sicherheit** • **Moderne Farbtechnik zur Steigerung der Nutzungsdauer**

Moderation: Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack,
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA), Köln

Jetzt anmelden unter: www.tunnel-online.de/fachforum

EINE VERANSTALTUNG VON

tunnel

STUVA

INDUSTRIEPARTNER

TPH.
waterproofing systems



Nächste Generation Hybrid-TBM für wechselnden Baugrund

Der Einsatz von Hybrid-TBM für wechselnde und schwer einzuschätzende Bodenverhältnisse nimmt zu. Dieser Artikel diskutiert Entwicklungsmöglichkeiten von Hybrid-TBM, insbesondere der Kombination Einfaßschild-TBM für Hartgestein und EPB-TBM.

Der Einsatz von Hybrid-TBM für Vortriebe in wechselnden und schwer einzuschätzenden Bodenverhältnissen nimmt stetig zu und ist mittlerweile etabliert. Wurden bislang für Vortriebe in verschiedenen Felsformationen und in Weichböden noch unterschiedliche Maschinentypen eingesetzt, kann heute mit einer Hybrid-TBM der gesamte Vortrieb in solchen wechselnden Formationen aufgeföhren werden. Neue Konstruktionskonzepte steigern die Effizienz dieses vielseitigen Vortriebskonzepts, selbst für Bohrdurchmesser von 10 m und mehr.

Dieser Artikel behandelt den wohl häufigsten Typ einer Hybrid-TBM: Die Kombination einer Einfaßschild-TBM für Hartgestein und einer EPB-TBM. In den meisten Fällen bohren diese TBM Tunnel mit wechselnden Abschnitten in Fels und in Weichböden – unter Verwendung auswechselbarer Bohrwerkzeuge und Abfuhrsysteme für das Bohrgut. Während der letzten zwei Jahre hat Robbins den Lieferanteil solcher Maschinen erheblich gesteigert, für laufende oder geplante Projekte in Indien, der Türkei und in Australien.

Desiree Willis, Technical Writer, The Robbins Company, Kent, WA/USA

Beherrschendes Thema: TBM-Effizienz

„Einem geflügelten Wort in der Gemeinschaft der Tunnelbauer folgend wurde quasi überall dort, wo es guten Boden für Tunnelbau gibt, schon ein Tunnel gebohrt“, so Brad Grothen, Konstruktionsleiter bei Robbins. Das mag zwar etwas zu sehr verallgemeinernd klingen, Fakt ist aber, dass alle Typen Hybrid-TBM – EPB/Hartgestein, EPB/Slurry und offene Schilde/Hartgesteinsschild-TBM – aufgrund der wachsenden Zahl an Projekten mit wechselnden Bodenverhältnissen zunehmend an Popularität gewinnen.

„Hybrid-TBM haben das Potenzial, die Risiken zu verringern und schwierige Vortriebe zu ermöglichen, vorausgesetzt präzise geologische Daten liegen vor“, so fährt Brad Grothen fort. „Eine Hybridmaschine EPB/Hartgestein kann z.B. alternativ in zwei Richtungen optimal ausgelegt werden, um beste Vortriebsgeschwindigkeiten über das gesamte Projekt zu liefern – je nachdem ob der Vortrieb überwiegend im Weichgestein oder im Hartgestein erfolgen wird.“ „Wird der Vortrieb zu 80 %

Next Generation of Hybrid TBMs for Mixed Ground

The use of hybrid TBMs in a mixed and unpredictable underground environment is increasing. This report concentrates on the advances achieved by hybrid TBMs, focusing on what is likely the most common type: A cross between a hard rock single shield TBM and an EPB.

In a mixed and unpredictable underground environment the increasing use of hybrid TBMs is one that goes with the territory. Where multiple machine types might have once been used for different sections of rock and soft ground, a hybrid machine can excavate the entire tunnel. New designs are making this versatile take on tunnelling more efficient, even at larger diameters of 10 m or more.

For the purposes of this article, the focus will be on what is likely the most common type of hybrid machine: a cross between a hard rock single shield TBM and an EPB. Typically these TBMs bore tunnels with sections of both rock and soft ground, and utilize interchangeable cutting tools and muck removal systems to get the job done. Their supply from Robbins has ramped up significantly within the last two years, with projects planned or underway in India, Turkey, Australia, and more.

TBM Efficiency: The Great Debate

“There is an adage I’ve heard in the tunnelling community, that

the majority of good ground for tunnelling in the world already has a tunnel going through it,” said Brad Grothen, Robbins Engineering Manager. While that may be a generalization, it is true that all hybrid TBMs, including EPB/Hard Rock, EPB/Slurry, and Open-Type/Shielded Hard Rock designs are gaining in popularity due to the increase in mixed ground tunnel projects.

“Hybrid machines have the potential to lower risk and make difficult excavations possible, as long as accurate geologic information is available,” continued Grothen. “For example, a hybrid EPB/Hard Rock machine can be optimized towards either end of the scale – depending on whether the majority of the drive is in soft soils or majority in hard rock – to produce the fastest possible advance rate over the entire project.” If the tunnel is 80 % soft ground and 20 % hard rock, the overall machine design will be optimized towards EPB. When ground types are not divided into solid sections, or when the geology is 50 % rock and 50 % soft ground, the design of EPB/Hard Rock TBMs can become complex and potentially influence the overall machine efficiency. “In reality, a hybrid will

im Weichgestein erfolgen und zu 20 % im Hartgestein, wird die Auslegung des Maschinenkonzepts mit Blick auf die EPB-Technologie optimiert. In Fällen, in denen die Bodenverhältnisse nicht verlässlich definiert sind oder der Baugrund jeweils zu 50 % Hartgestein und Weichböden aufweist, kann die Konstruktion einer EPB/Hartgestein-TBM komplex und aufwändig werden und eventuell die Effizienz der Maschine beeinflussen. „Im Kern ist eine Hybrid-TBM oft ein Kompromiss aus dem, was für beide Konzepte das Beste ist“, so Martin Knights, ehemaliger Präsident der International Tunneling Association (ITA) und derzeit Global Lead Consultant bei Halcrow Group Ltd.

Die Konstruktion solcher Maschinen erfordert eine sorgfältige Abstimmung, wie

im Fall der Hybrid-TBM von Robbins für den Sleemanabad Carrier Canal in Indien mit einem Durchmesser von 10 m im Jahre 2011 (Bild 1). Bodenproben zeigten auf, dass der 12 km lange Wasserleitungstunnel in wechselnden Lagerungen mit jeweils kurzen Abschnitten in Weichböden und Hartgestein liegt. „Im Falle Sleemanabad optimierten wir die Maschine in Richtung EPB-Konzept. Unser Fokus war, ein EPB-Konzept zu entwickeln, das auch in kurzen Hartgesteinabschnitten funktioniert, weil der komplette Umbau zu einer Hartgesteinmaschine zu oft hätte erfolgen müssen und damit nicht praktikabel gewesen wäre“, so Grothen. In Tunneln mit klar abgegrenzten, längeren Abschnitten aus Weichboden und Hartgestein würde eine

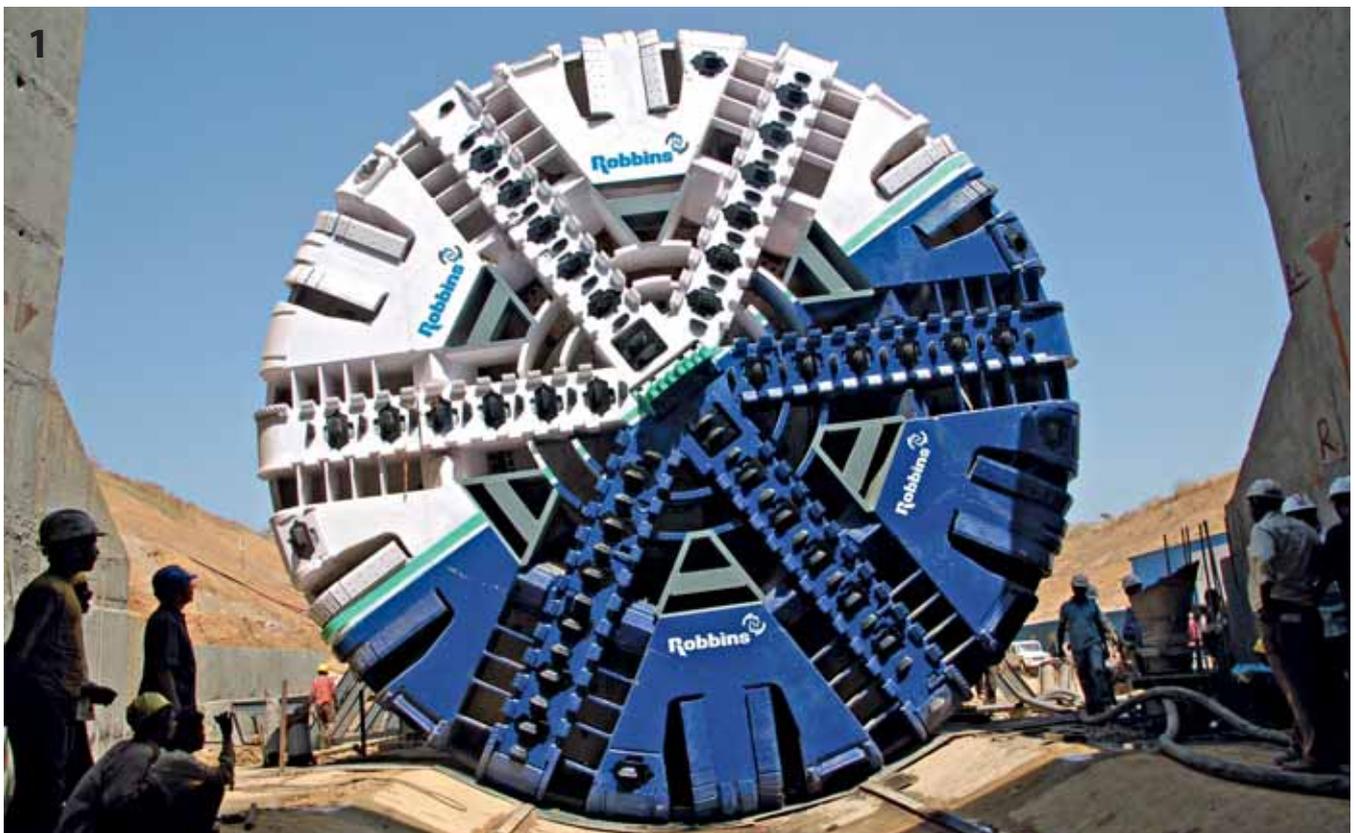
most often be a compromise of what is best for each option,” said Martin Knights, past president of the International Tunneling Association (ITA) and Global Lead Consultant at Halcrow Group Ltd.

Designs for such machines do require a careful balance, as was the case for a 10 m diameter Robbins hybrid EPB supplied for India's Sleemanabad Carrier Canal in 2011 (Fig. 1). Core samples showed that the 12 km long water transfer tunnel site was located in short sections of soft ground changing to short sections of hard rock and back again. “At Sleemanabad, we optimized the machine towards EPB. We wanted to create an EPB design that would work in short sections of hard rock, since full conversion to a hard rock mode would be too frequent to be feasible,” said Grothen. In other tunnels with

more clear-cut, long sections of soft ground and hard rock, a hybrid EPB/Hard Rock machine would be designed towards ease of conversion between two distinct modes.

Much of the efficiency, then, in hybrid TBMs lies in the accuracy of the ground prediction. The selected machine must reflect the often complex geology of each specific site. “Current hybrid designs are effective as is, but the big issue is in the cutterhead layout: do you use a hard rock cutterhead, or a mixed face cutterhead? In addition the technology of the cutters themselves is moving at an exponential rate,” said Steve Skelhorn, Project Sponsor for McNally Construction Inc.

As for speed, Skelhorn believes that choosing the right machine type and operating in the correct mode are the keys.



Hybrid-EPB, wie zum Beispiel diese von Robbins mit 10 m Durchmesser für Sleemanabad Carrier Canal in Indien, finden größeren Zuspruch
Hybrid EPBs, such as this 10 m diameter Robbins machine supplied for India's Sleemanabad Carrier Canal, are gaining in popularity

Hybrid-TBM mit Fokus auf eine einfache und wenig aufwändige Umrüstung zwischen den Betriebsarten konstruiert.

Die Aussagekraft der ermittelten Baugrundbeschaffenheit ist folglich entscheidend für die Effizienz einer Hybrid-TBM. Das gewählte Maschinenkonzept muss die oft komplexen geologischen Verhältnisse jedes Projekts individuell berücksichtigen. „Die geläufigen Hybrid-Konzepte haben ihre Effektivität bewiesen. Die Konstruktion des Bohrkopfs ist dabei entscheidend: Wird ein Hartgesteinbohrkopf oder ein Schneidrad für wechselnde Bodenverhältnisse eingesetzt? Hinzu kommt die sich sehr rasch entwickelnde Technologie der Schneidwerkzeuge als solcher“, so sagt Steve Skelhorn, Project Sponsor bei McaNally Construction Inc.

Mit Blick auf die Vortriebsgeschwindigkeit sind nach Skelhorns Auffassung die Wahl des richtigen Maschinenkonzepts und der Betrieb in der jeweils angebrachten Betriebsart entscheidend. „Hybrid-Maschinen haben Zukunft. Tunnel mit Tübbingauskleidungen eliminieren eine Vielzahl der Probleme aus Gebräch im Baugrund. Für Projekte in beiden Baugrundtypen ist es (das Hybrid-Konzept) die perfekte technische Lösung. Meiner Auffassung nach sind die Vortriebsgeschwindigkeiten vergleichbar mit denen von konventionellen EPB-TBM bedingt dadurch, dass die Betriebsart EPB immer die vortriebsbestimmende Größe sein wird.“

Während viele Unternehmer zum Einsatz einer Hybrid-Maschine neigen, gibt es dennoch wachsende Vorbehalte bei vielen in der Industrie Täti-

gen, weil die Technologie eben noch neu ist. „Es gibt gewisse Vorbehalte gegen den Einsatz einer EPB-TBM in nicht EPB-fähigem Baugrund“, so fährt Skelhorn fort. „Es existiert die Auffassung, dass EPB-Vortriebe langsamer sind und den Einsatz von Betontübbings erfordern. Aber das trifft für Hybrid-TBM nicht zu. Es gibt beispielsweise ein Projekt in Honolulu, Hawaii, für einen 3,50 km langen Tunnel, der am Ende der Strecke eine Teilstrecke von 200 m im Weichboden aufweist. Aus praktischen Erwägungen heraus macht es keinen Sinn, für einen derartigen Vortrieb eine EPB-TBM einzusetzen – aber es gibt keinen Grund gegen den Einsatz einer Hybrid-EPB-TBM in offener Betriebsart.“

Die nächste Generation

Neue Hybrid-Konstruktionen sind Variationen eines Basis-konzepts: alle Maschinen arbeiten in der Betriebsart EPB, druckbeaufschlagt und drucklos, ebenso wie auch in der Betriebsart einer Hartgesteinsschildmaschine. Die charakterisierenden Merkmale dieser Maschinen sind Schneidräder für wechselnde Bodenverhältnisse, robuste Schneckenförderer, ein Förderband für Hartgesteinsaustrag und Schneidradantriebe – ausgelegt für Hartgestein vortrieb und für Vortrieb in Weichböden (Bild 2). Untertägiger Umbau zwischen den Betriebsarten Hartgestein und EPB dauert erfahrungsgemäß bis zu zwei Wochen und umfasst Umrüstungen am Schneidrad, an den Anlagenteilen für den Bohrgutaustrag und anderen wichtigen Bauteilen.

In praxi meiden viele Bauunternehmer jedoch die Umrüstung ihrer Hybrid-Maschine

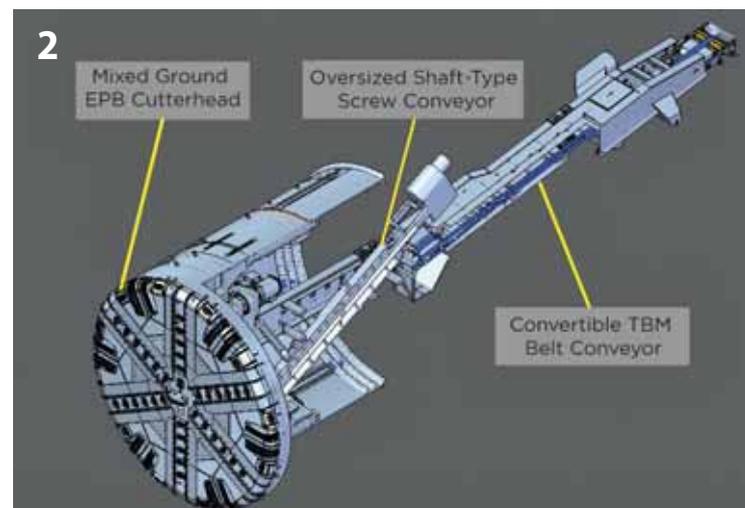
„Hybrid machines are the way to go. Segmentally lined rock tunnels eliminate a lot of issues in loose rock. And for projects with both ground types, it makes perfect sense. I think advance rates are comparable to standard EPBs, as the EPB mode will always be the factor restricting advance rates.“

While some contractors are quick to adopt hybrid machines, there is an increased perception of risk by many in the industry, as the technology is newer. „There is some resistance against using EPBs in non-EPB conditions“, continued Skelhorn, „There is a mindset that an EPB tunnel will be slower and will need to use concrete segments, but this is not the case with hybrid TBMs. For example, there is a tunnel coming up in Honolulu, Hawaii in 3.5 km of rock with 200 m of soft ground at one end. From a practical point of view it doesn't make sense to use an EPB for such a tunnel, but there is no reason why you couldn't use a hybrid EPB in open mode.“

The Next Generation

New hybrid designs are variations on a theme: the machines are all capable of operating in EPB mode, both pressurized and non-pressurized, as well as in shielded hard rock mode. The key features of these machines include mixed ground cutterheads, robust screw conveyors, a belt conveyor for hard rock, and cutterhead drives that are capable of handling both hard rock and soft ground conditions (Fig. 2). Mode conversion between hard rock and EPB modes typically takes up to two weeks' time in the tunnel, as modifications are done to the muck discharge facilities, cutterhead and any other critical structures.

In practice, however, many contractors using hybrid machines avoid mode changes because of the downtime associated with it. This type of TBM is a substantial investment, and if not used properly in the ground type each mode was designed for, advance rates will be less than desired. The requirement



Hybrid-Maschinen EPB/Einfachschild sind oft mit einem überdimensionierten, verstärkten Schneckenförderer für Bodenverhältnisse höherer Abrasivität und einem im Austausch einsetzbaren und im Tunnel austauschbaren Förderband ausgerüstet

Hybrid EPB/Single Shield machines often include an oversized, reinforced screw conveyor for more abrasive ground conditions, and a convertible belt conveyor that can be changed out in the tunnel

während des Vortriebs wegen der damit verbundenen Stillstandszeiten. Diese Art von TBM stellt eine wesentliche Investition dar und die Vortriebsgeschwindigkeiten bleiben hinter den Erwartungen zurück, wenn sie in den Bodenverhältnissen nicht bestimmungsgemäß eingesetzt wird. Der Anspruch auf schnellen und effizienten Betriebsartwechsel ist daher wesentlich für die Konstruktion und führt zur nächsten Generation dieser Maschinen für wechselnde Bodenverhältnisse: Maschinen, die keinen Kompromiss der Charakteristika für Hartgestein und für Weichböden darstellen und einfache Umstellung der Betriebsart im Tunnel ermöglichen. Mit dieser Zielrichtung wurden neue Konzepte entwickelt für

den Einsatz von TBM mit Bohrdurchmessern im Bereich von 12 bis 15 m und für Tunnelvortriebe mit etwa gleich langen Abschnitten in Hartgestein und weichen Böden.

Großer Bohrdurchmesser, Dual Mode Konzept

Das jüngste Konzept einer Hybrid-TBM hat Robbins für einen Tunnel mit großem Bohrdurchmesser in der Türkei entwickelt: Die konzipierte Hybrid-TBM ist sowohl für uneingeschränkten Vortrieb in der Betriebsart EPB geeignet als auch für uneingeschränkten Vortrieb als Einfachschildemaschine im Hartgestein. Die TBM wurde für Vortrieb in Abschnitten aus Hartgestein und Mischformationen konstruiert – in extrem wechseln-

for smooth and efficient mode changes is thus essential for these hybrid designs, leading to the next generation of mixed ground machines: those that compromise no features in hard rock or soft ground, and allow for ease of mode changes. New setups have been designed with this in mind, for use on large diameter TBMs in the 12 to 15 m range, and for tunnels in nearly equal lengths of hard rock and mixed face ground.

Large Diameter, Dual Mode Setup

Robbins' latest hybrid design is for a large diameter tunnel in Turkey: It is capable of operating in 100 % EPB mode or 100 % hard rock single shield mode. The TBM has been designed for sections of hard rock and mixed ground,

in highly variable conditions including sandstone, mudstone, claystone, quartzite, schist, soil, and clay.

In EPB mode, the screw conveyor operates as in any typical EPB machine. The screw features a replaceable inner liner and replaceable carbide wear bits for abrasion protection. A mixed ground cutterhead is fitted with knife bits that can be switched out with disc cutters in harder conditions. Much of the cutterhead is covered in Trimay wear plate for additional abrasion protection. A wear detection pipe on the cutterhead monitors any wear occurring to the cutterhead structure itself, while wear detection bits on the cutterhead and periphery tell the operator about tool wear, and if a gage cutter has been lost. The



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

den Baugrundverhältnissen mit Sandstein, Tonstein, Lehmstein, Quarzit, Schiefer, lehmigem Boden und Ton.

In der Betriebsart EPB arbeitet der Schneckenförderer wie in einer klassischen EPB-Maschine. Die Schnecke ist mit einer austauschbaren Auskleidung des Schneckenrohrs und auch austauschbaren Verschleißstücken an der Wendel ausgestattet. Das Schneيدرad für Mischböden ist mit Schäl-messern ausgerüstet, die für Vortrieb im Hartgestein gegen Diskenmeißel ausgetauscht werden können. Zum weiteren Verschleißschutz sind große Teile des Schneيدرads mit Trimay-Verschleißplatten belegt. Mit einem Verschleißindikator am Schneيدرad wird die Abnutzung an der Schneيدرadstruktur erfasst. Verschleißzähne am Schneيدرad und im äußeren Bereich signalisieren dem Maschinenfahrer den Verschleiß der Schneيدرadwerkzeuge wie auch den Verlust eines Werkzeugs. Das Maschinenkonzept sieht sowohl eine Personenschleuse für Schneيدرadkontrollen und Werkzeugwechsel als auch Mischflügel in der Abbaukammer vor.

Zur Umrüstung auf Hartgesteinsvortrieb können die Mischflügel und das vordere Ende der Förderschnecke zurückgezogen werden. Am Schneيدرad werden Bohrgutleitbleche installiert, um das Bohrgut in den Bohrguttrichter zu führen. Der hydraulisch bewegbare Bohrguttrichter mit dem Bohrguttrichter kann nach vorn und gleichzeitig entlang einer Diagonalen nach unten verschoben werden. Dadurch wird ermöglicht, das Bohrgut im Bohrguttrichter zu sammeln und auf das TBM-

Förderband zu laden (Bilder 3 und 4). Durch eine Öffnung im Schneckenförderer wird das Bohrgut auf das Förderband geleitet. Anstelle der EPB-Schneيدرadwerkzeuge werden Hartgesteinsdiskenmeißel am Schneيدرad montiert und die EPB-Kratzer werden gegen Hartgesteinsbohrgutschaufeln ausgetauscht.

Optimiert für Hartgesteinsvortrieb

In genau die entgegengesetzte Richtung geht ein Hybrid-Konzept, das für große Bohrdurchmesser (8 m und größer) und überwiegenden Vortrieb im Hartgestein entwickelt wurde. Im Laufe des Jahres 2013 wird eine 8,0 m Robbins Hybrid-TBM Einfachschicht/EPB den Grosvenor Decline Tunnel in einem australischen Kohlenbergwerk der Minengesellschaft Anglo-American auffahren. Die Maschine wird wegen des äußerst engen Zeitplans mit Verzicht auf eine Werksmontage für Erstmontage auf der Baustelle gebaut (OFTA Onsite First Time Assembly).

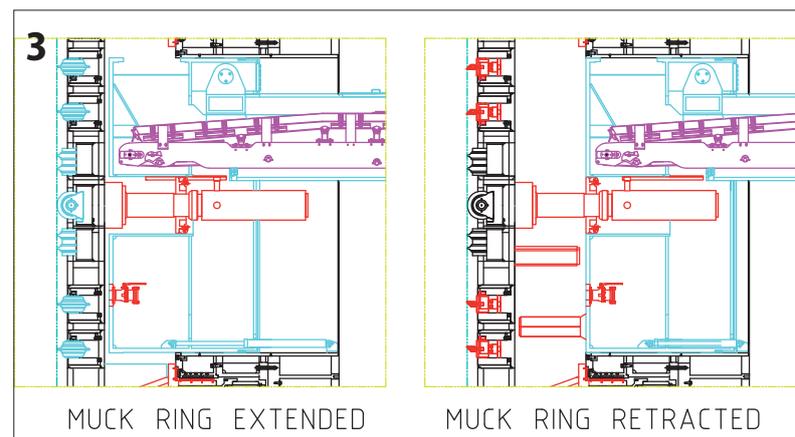
Der 1 km lange und mit Neigung von 1 : 6 einfallende Tunnel wird für den Zugang zu neuen Kohlenflözen gebraucht. Die Hybrid-TBM wird wechselnde Bodenformationen antreffen – von Sand und Ton bis hin zu Hartgestein mit Festigkeiten bis zu 120 MPa – und auch Kohlenbänder.

Mit Austreten von Grubengas (Methan) ist über die gesamte Vortriebsstrecke zu rechnen. Daher wurde die Maschine entsprechend den Regeln und Vorschriften Class I Division I, Explosion Proof, konstruiert. Aus diesem Grund wurde auch auf eine Personenschleuse verzichtet, obgleich das Maschinen-

design includes a man lock for cutterhead inspection and changes, and mixing bars inside the mixing chamber.

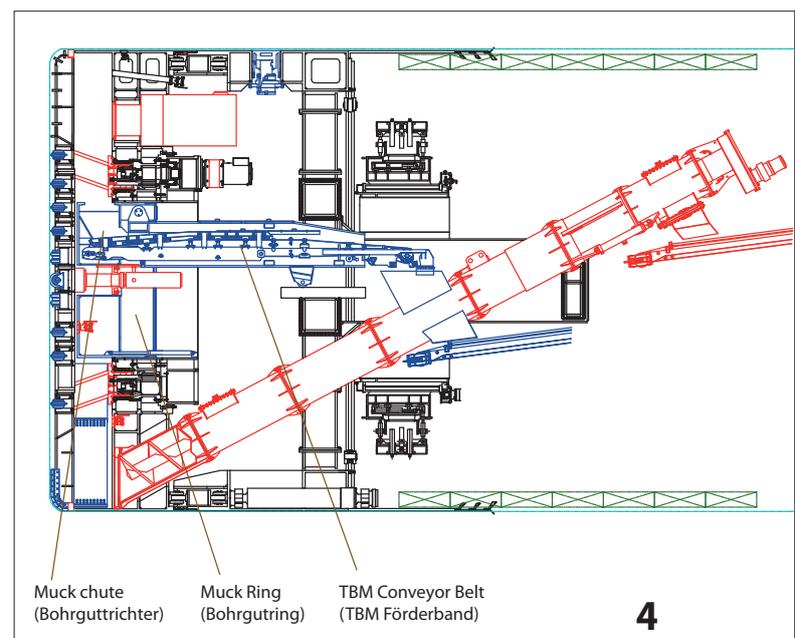
To convert to hard rock mode, the mixing bars and initial portion of the screw conveyor can

be optionally retracted. Muck paddles are installed in the cutterhead to allow the muck to fall into the muck chute. A hydraulic muck ring allows a chute attached to the bulkhead to move forward and down at a diagonal



Für mehr als 12 m Durchmesser wurde ein neuer Maschinentyp entwickelt. Durch einen Hydraulikzylinder in der Robbins Hybrid-EPB können die Schnecke und das Förderband (pink dargestellt) am Platz bleiben und reduziert sich die Umrüstzeit zum Wechsel der Vortriebsart erheblich

For machines over 12 m in diameter, a new type of setup is available. This Robbins hybrid EPB features a hydraulic muck ring that allows both the screw and belt conveyor (in pink) to stay in place – thereby drastically reducing in-tunnel conversion time between modes



Seitenansicht der Robbins Hybrid-EPB großen Durchmessers in der Betriebsart Hartgesteinsvortrieb. Ein Bohrguttrichter (blau dargestellt) leitet Felsstücke durch Schneckenförderer (rot dargestellt) auf das Förderband

A side view of the large diameter Robbins hybrid EPB design in hard rock mode. A muck chute (blue) transfers rock chips through the screw conveyor (in red) onto the belt conveyor

konzept den Einbau erlauben würde. Etwa 300 m der Strecke lassen Bodenverhältnisse für EPB-Vortrieb erwarten, der Rest der Strecke wird in der Betriebsart Hartgestein gebohrt. Daher wurde die TBM auch mit Blick auf Vortrieb im Hartgestein konzipiert.

In der Betriebsart EPB kommt eine zweistufige Schnecke zum Einsatz, die im Zentrum montiert ist und zum Verschleißschutz mit einer austauschbaren Auskleidung im Schneckenrohr und Hartmetallzähnen an der Wendel versehen ist. Das Schneidrad für gemischte Bodenverhältnisse ist ausgerüstet mit austauschbaren Schneidzähnen und Trimay-Verschleißplatten zum Schutz gegen Abrieb. Die

Abbaukammer wird mit Wasser gefüllt, um sie bei Vortrieb in grubengasführenden Bereichen funkensicher zu halten. Zur Handhabung des wasserdurchtränkten Bohrgutes läuft eine Schnecke schneller als die andere, wodurch ein Dichtpfropfen im zweiten Schneckenförderer erzeugt und dadurch das Wasser aus dem Schneckenförderer gedrückt wird. Diese Vorgehensweise wird durchgehend während des gesamten Vortriebs erfolgen und damit eine sichere Methode im Umgang mit Grubengas darstellen.

Zur Umstellung auf Hartgesteinvortrieb muss von der Vortriebscrew am Schneckenförderer ein Bohrgutrichter montiert werden. Durch diesen

angle, allowing rock chips to be deposited in the chute and through the screw conveyor onto the TBM belt conveyor (Figs. 3 and 4). Replaceable EPB knife bits must be replaced with disc cutters on the cutterhead, and the EPB scrapers on the cutterhead must be replaced with hard rock bucket lips.

Optimization towards Hard Rock

Going the other direction, a separate hybrid design has been developed for large diameter (8 m upwards) machines in majority hard rock tunnels. In 2013, an 8.0 m diameter Robbins Hybrid Single Shield/EPB TBM will bore the Grosvenor Decline Tunnel for Australia's Anglo-American Coal Mine.

The machine will be built using Onsite First Time Assembly (OFTA) in order to fit within a tight project schedule.

The 1.0 km (0.6 mi) decline tunnel, at a grade of 1 : 6, will be used for mine access to new coal seams. The hybrid machine will tackle mixed ground conditions ranging from sand and clay to varying grades of hard rock up to 120 MPa UCS, as well as coal seams.

Methane gas is expected to be present throughout the tunnel, so the machine has been designed as Class I Division I, Explosion Proof. Because of this, it was decided not to include a man lock, though one could be included. Only about 300 m of ground are expected to be in EPB mode, while the rest will be bored in hard rock mode. Thus,



Trichter werden die Bohrgut-chips in die Schnecke und dann zum TBM-Förderband geführt. Am Schneidrad werden austauschbare EPB-Schneidmesser durch Hartgesteinsdiskenmeißel ersetzt und die EPB-Räumer durch Bohrgutschaufeln mit Hartgesteinskratzern. Für den Transport des Bohrguts werden Bohrgutkanäle in die Schneidradstruktur eingesetzt.

Ein Pressenverstellring dient zum Drehmomentausgleich bei Vortrieb im Hartgestein, wodurch der im Hartgestein effizientere Vortrieb und die Bohrgutaufnahme bei einer Schneidraddrehrichtung dargestellt wird. Kleine Gripper im rückwärtigen Schild erlauben, mit der Maschine 400 bis 600 mm voraus zu bohren und den Schild dann für den Werkzeugwechsel zurückzuziehen.

Ausblick

Dem Einsatz von Hybrid-TBM wird steigende Tendenz vorausgesagt, weil mehr Vortriebe in wechselnden Bodenverhältnissen erwartet werden. Die in diesem Beitrag nicht behandelten Maschinentypen, wie EPB/Slurry („Mixschild“) und offene Schilde/Hartgesteinsschild-TBM, werden sich auch zunehmender Popularität erfreuen.

Steve Skelhorn erwartet dennoch einigen Widerstand gegen die Akzeptanz der Hybrid-Konzepte Hartgestein/Slurry und EPB/Slurry: „Ich denke sie haben ihre Daseinsberechtigung, aber die Verwendung von Slurry ist sehr teuer und die Größe der Slurry-Separationsanlagen und die mit ihrem Betrieb verbundenen Anforderungen sind gewaltig. Ich denke mit fortschreitender Entwicklung der Maschinenteknologie wird die Lücke zwischen Slurry

und EPB geschlossen, und das Hybrid-Konzept auf EPB-Basis hat sich mit Blick auf die Umrüstung bereits als das vorteilhaftere erwiesen.“ Auf die Frage nach der Machbarkeit einer lang ersehnten „Universal-TBM“ – geeignet für Vortrieb in allen Betriebsarten und umrüstbar im Tunnel – gehen die Meinungen auseinander. „Es wird nie eine „Universal-TBM“ geben, die gleiche Leistungen auffahren kann wie eine Maschine singulären Konzepts“, sagt Knights und deutet damit an, dass die Effizienz einer solchen Maschine recht gering wäre.

Steve Skelhorn ist dagegen der Meinung, dass die Machbarkeit für eine derartige TBM gegeben sei, aber einige Fortschritte in der Technologie für die Entwicklung eines brauchbaren Konzepts nötig seien: „Ich denke, es wird in vielleicht 15 Jahren möglich sein. Der Unterschied zwischen den verschiedenen TBM-Typen ist nicht sehr groß, es ist wohl möglich. Der größte Unterschied wird darin bestehen, eine solche Maschine auf Vortrieb in sehr hartem Fels umzurüsten, wo robuste Hartgesteins-Diskensmeißel eingesetzt werden müssen. Der Austausch von Bohrköpfen und Schneidwerkzeugen wird die größte Herausforderung sein.“

Gegenwärtig scheint der Einsatz von Hybrid-TBM zuzunehmen. „Bei der Konzeption effizienter Hybrid-TBM gilt es vor allem, mögliche Komplikationen zu minimieren“, so Brad Grothen. „Jede Arbeit untertage ist nicht einfach. Hybrid-Maschinen müssen in der Lage sein, in den vorausgesagten Baugrundverhältnissen effizient zu arbeiten, um die Vortriebskosten für alle Projektpartner minimal zu halten.“

the design was optimized towards hard rock excavation.

In EPB mode, the EPB utilizes a two-stage, center-mounted screw, with a replaceable inner liner and carbide bits for abrasion protection. A mixed ground cutterhead is fitted with interchangeable knife bits and Trimay wear plates for abrasion protection. To keep the mixing chamber spark-safe in the presence of methane the chamber is filled with water. To deal with the watery muck, one screw conveyor is run faster while the second screw conveyor is run slower, creating a muck plug in the screw conveyor, which pushes the water out of the screw conveyor. This operation will be done throughout the bore to deal with methane gas safely.

To convert to hard rock mode, crews must install a muck chute around the screw. This chute then drops rock chips into the screw and onto the TBM belt conveyor. Interchangeable EPB knife bits must be replaced with disc cutters on the cutterhead, and the EPB scrapers on the cutterhead must be replaced with hard rock bucket lips. In addition, muck chutes must be installed on the inside of the cutterhead to allow the rock to move inward into the cutterhead chamber. A skew ring offsets the torque of the machine in hard rock, allowing for more efficient single direction muck pickup. Mini grippers on the rear shield allow the machine to bore 400 to 600 mm forward, and then be retracted for cutter changes.

Coming Directions

The future use of all hybrid TBMs is predicted to increase, as more tunnels are slated for areas in mixed ground conditions. Other types of hybrids than those dis-

cussed here, such as EPB/Slurry („Mixshield“), and Open-Type/ Shielded Hard Rock TBMs, are also increasing in popularity.

Skelhorn sees some barriers to the acceptance of hybrid Rock/Slurry and EPB/Slurry designs however: „I think they have their place, but slurry is very expensive, and the size of the slurry plant and its requirements is tremendous. I think with advances in machine technology, we are closing the gap between Slurry and EPB, and the hybrid design lends itself better to EPB conversion anyway.“

When asked about the likelihood of the long-predicted „universal TBM“ – able to operate in all modes and convertible from within the tunnel – attitudes are quite mixed. „There will never be a Universal TBM that can equal the performance of a uni-purpose TBM“, said Knights, indicating that the efficiency of such a machine would be quite low.

For Skelhorn, the possibility is there, but it would require some advances in technology to make the design useable: „I think it's probably 15 years away. There is not a huge difference between the various TBM types, so it is possible. The biggest difference would be in converting such a machine for very hard rock tunnels where robust disc cutters are needed. Replacing cutterheads and cutting tools will be the biggest challenge.“

For now, the use of hybrid machines seems destined to increase. Above all, Grothen says that effective hybrid machine design is about minimizing complications: „Any job underground is not a simple one. Hybrid machines must be able to mine efficiently in the prescribed conditions while minimizing cost to everyone involved.“

Maschinelles Tunnelvortrieb beim Wasserkraftprojekt Chute de Gavet in Frankreich

Aufgrund steigender Bevölkerungszahlen werden nachhaltige und erneuerbare Energiequellen in Zukunft noch mehr an Bedeutung gewinnen. Mit der stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien gewinnt die Speicherung von Wasserkraft ebenso an Bedeutung, da mit ihrer Hilfe Energieüberschüsse für Nachfragespitzen genutzt werden können. Der Bau neuer Kraftwerke, Kapazitätserweiterungen bzw. Sanierungen bestehender Anlagen werden aktuell in Erwägung gezogen. Nachstehend werden die großen Eckdaten des EDF-Projekts zur Sanierung des Romanche-Gavet-Wasserkraftwerks mit Schwerpunkt auf dem Bau eines Druckstollens und dem Einsatz zweier offener Gripper-TBMs beschrieben.

Weltweit betrachtet, rangiert die Wasserkraft bei der Stromproduktion auf dem dritten Platz hinter Kohle sowie Öl&Gas. Wasserkraft ist somit derzeit die wichtigste erneuerbare Energiequelle. Sie trägt in großem Maß zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei. Mit der stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien gewinnt die Speicherung von Wasserkraft ebenso an Bedeutung, da mit ihrer Hilfe Energieüberschüsse für Nachfragespitzen genutzt werden können. Das fördert wiederum die optimale Verwendung verschiedener erneuerbarer Energiequellen. Der Bau neuer Kraftwerke,

Dr. Karin Bäßler, Herrenknecht AG, Schwanau/D, www.herrenknecht.com

Kapazitätserweiterungen bzw. Sanierungen bestehender Anlagen werden aktuell in Erwägung gezogen. Die Nutzung unterirdischen Raums ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Konstruktionsüberlegungen, was zu einer großen Nachfrage nach innovativen maschinellen Tunnelbaulösungen führt. Lange horizontale Tunnel, Tunnel mit großen Neigungen und Steigungen, Schacht- sowie komplexe Stollenvortriebe sind oft integrale Bestandteile solcher Konzepte. Nachstehend werden die großen Eckdaten des EDF-Projekts

Mechanized Excavation for the Chute de Gavet Hydropower Project in France

Due to the growing population the sustainable and renewable energy sources are seen as more significant for the future. With the expansion of renewable energy the storage potential of hydropower is becoming more and more important because it allows us to store energy surpluses for use in times of energy peak demand. The construction of new power plants, capacity increases or renovations of existing schemes are under consideration today. With this, options for the use of underground space are an essential element of design creating a strong need for innovative mechanized excavation solutions. This paper highlights EDF's rehabilitation of the Romanche-Gavet hydropower plants with focus on the construction of the headrace tunnels to be excavated by two Open Gripper Tunnel Boring machines.

In the world-wide production of electricity, hydropower is in third place after coal and oil&gas. Therefore it is the most important renewable energy source and makes a significant contribution to the reduction of CO₂ emissions. With the expansion of renewable energy the storage potential of hydropower is becoming more and more important because it allows us to store energy surpluses for use in times of energy peak demand. Thus it supports better use of the various renewable energy sources. The construction of new power plants, capacity increases or renovations of existing

schemes are under consideration today. With this, options for the use of underground space are an essential element of design creating a strong need for innovative mechanized excavation solutions. Long distance horizontal, inclined or declined tunnels as well as shaft and complex cavern excavations are often part of these schemes.

A new hydroelectric scheme on the Romanche River in eastern France will be constructed which will offer potential capacity of 560 million KWh per year. The mid-section of the Romanche River, 30 km from Grenoble in the Isère department of France, has been equipped with hydro-

zur Sanierung des Romanche-Gavet-Wasserkraftwerks mit Schwerpunkt auf dem Bau eines Druckstollens und dem Einsatz zweier offener Gripper-TBMs beschrieben.

Eine neue Wasserkraftanlage mit einer geplanten Kapazität von 560 Mio. kWh/Jahr wird in Ostfrankreich entlang der Romanche gebaut. Auf dem mittleren Flussabschnitt, 30 km entfernt von Grenoble im französischen Département Isère, wurden seit dem frühen 20. Jahrhundert Wasserkraftwerke gebaut. Die Gültigkeit der staatlichen Zulassungen von Électricité de France (EDF) für den Betrieb dieser Anlagen nähert sich dem Ende. EDF möchte nun sechs dieser Kraftwerke durch eine einzelne neue Anlage mit 94 MW ersetzen und die vorhandene Wassersäule von 270 m nutzen. Dadurch soll die Stromproduktion um 30 % gesteigert

werden. Mit der teilweise unterirdisch gebauten neuen 94 MW-Anlage sind die Auswirkungen auf die Umwelt außerdem geringer. Das Konsortium „Dodin Campenon Bernard / Chantiers Modernes Rhône Alpes / Sotrabas / Spie Batignolles TPCI“ wurde von EDF mit dem Bau eines Zulauf隧nels bei Livet beauftragt, der ein Durchflussvolumen von 41 m³/s haben soll. Weitere Bauvorhaben sind:

- eine neue Zugangsstraße,
- vorübergehende Entwässerungen,
- Vorbereitung eines Zielstollens für die TBM,
- Anschlüsse an den unterirdischen Stollen,
- Fischdurchlässe sowie
- Flussbettsicherungen.

Zu dem Projektabschnitt Gavet gehört der Bau einer 10 km langen unterirdischen Leitung, der nachstehend beschrieben wird.

electric power stations since the early 20th century. The administrative authorizations held by EDF (Électricité de France) to operate the existing plants are reaching the end of their validity period. EDF has decided to replace six of these plants by a single new 94 MW hydroelectric power station that will make use of the 270 m water head available with an increase of generation output compared with today of about 30 %. With that partly buried new 94 MW plant it will have moreover a reduced impact on the environment. The consortium “Dodin Campenon Bernard, Chantiers Modernes Rhône Alpes, Sotrabas, Spie Batignolles TPCI” was awarded the contract by EDF for the construction of an intake at Livet to divert water at a rate of 41 m³/sec. Other work to be performed includes:

- an access road,
- temporary dewatering works,

- preparation of the gallery for arrival of the tunnel boring machine and
- connection to the underground gallery,
- fish passage and
- bank protection.

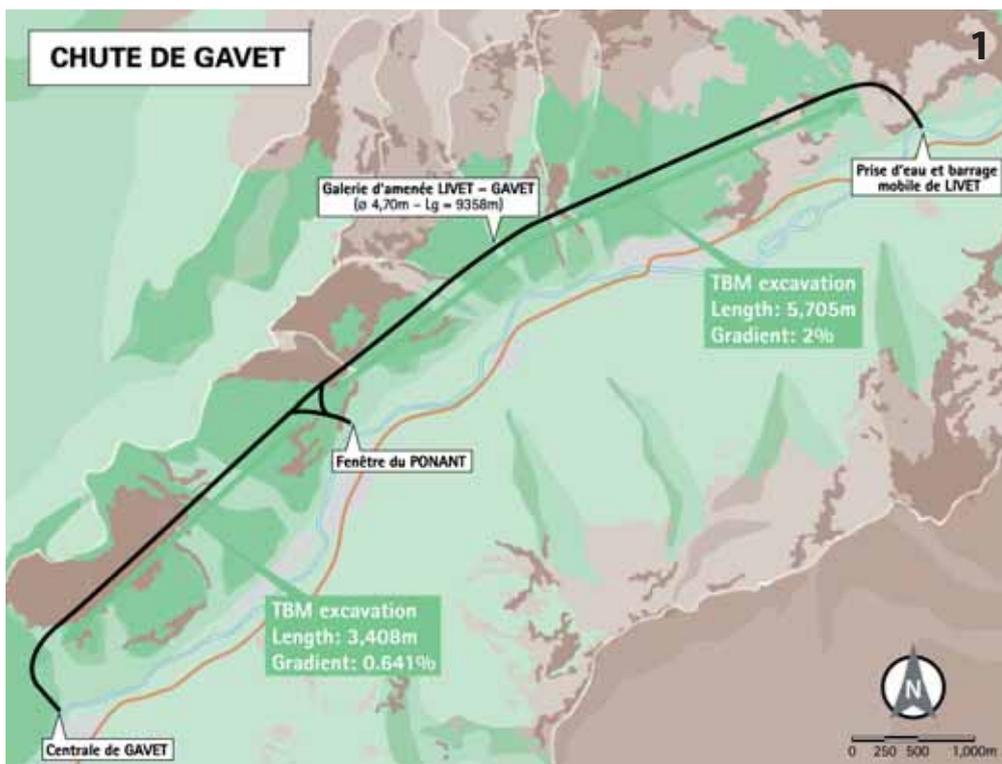
The project Gavet includes the construction of a 10 km underground conduit that this publication is focused on.

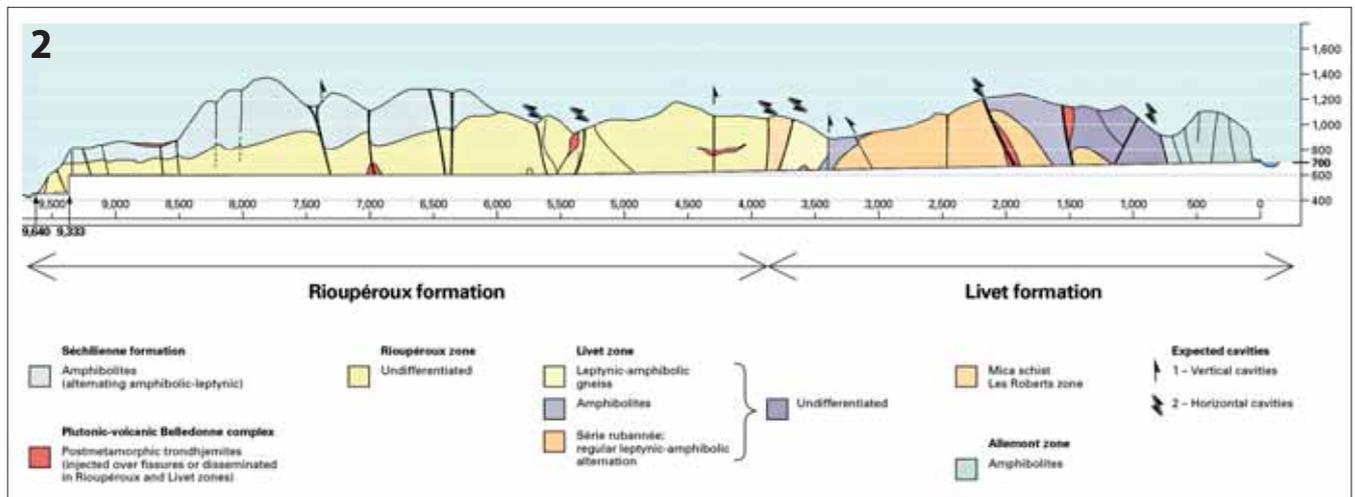
Project Overview

The project “Chute de Gavet” includes a 9,358 m long gallery between Livet Dam and Gavet Station (Fig. 1). Two TBMs are to be used for the excavation of this headrace tunnel. Both open gripper TBMs will start from the intermediate adit tunnel at Ponant. One machine will excavate the downstream section between the Ponant adit and the Gavet Station. This section comprises of 3,408 m of tunneling with a gradient of 0.641 %. The upstream section between the Ponant adit and the Livet Dam will be 5,705 m upwards excavation of 2 %. At the end of each drive the TBM will be dismantled and drawn back to the starting area at the Ponant adit.

Predicted Geological conditions on the Chute de Gavet galleries

The headrace tunnel is located within the central part of the crystalline Belldonne Massif (Fig. 2). The rocks to be encountered along the tunnel drive are generally very compact with little influence of tectonic events and comprise rocks of the Rioupéroux Formation (leptynite, leptynitic gneiss and amphibolite) and rocks of the Livet Formation characterized by leptynites, amphibolite. Leptynite is a metamorphic rock, fine grained and mainly





Geologisches Längsprofil des Druckstollens (Chute de Gavet Galleries) Geological long section of the headrace tunnel (Chute de Gavet Galleries)

Projektübersicht

Das Projekt „Chute de Gavet“ umfasst einen 9.358 m langen Stollen zwischen dem Damm in Livet und der Station Gavet (Bild 1). Zum Auffahren dieses Druckstollens werden zwei Tunnelbohrmaschinen eingesetzt. Die beiden Gripper-TBM werden ihren Einsatz im Zwischenstollen in Ponant beginnen. Eine Maschine wird den Abschnitt flussabwärts zwischen Ponant und Gavet auffahren. Dieser Abschnitt mit einer Neigung von 0,641 % ist 3.408 m lang. Die Vortriebsstrecke flussaufwärts zwischen Ponant und Livet wird eine Steigung von 2 % haben. Bei Vortriebsende werden die TBM demontiert und zurück zum Ausgangspunkt im Zwischenstollen in Ponant gezogen.

Erwartete geologische Bedingungen in den Chute-de-Gavet-Tunneln

Der Druckstollen verläuft im zentralen kristallinen Abschnitt der Chaîne Belledonne (Bild 2). Die entlang der Vortriebsstrecke zu erwartenden Formationen werden im Allgemeinen

sehr kompakten Fels mit geringem Einfluss tektonischer Vorgänge sowie Hartgestein der Rioupéroux-Formation (Leptinit, Leptinit-Gneis und Amphibolit) sowie Livet-Felsformationen mit Leptinit und Amphibolit aufweisen. Bei Leptinit handelt es sich um eine feinkörnige metamorphe Gesteinsart, die überwiegend aus Quarz sowie Feldspat mit Granat und einem geringen Anteil von Glimmer und Hornblende besteht.

Die Vortriebsstrecke verläuft in einigen Störzonen sowie Formationen geringerer Gesteinsqualität mit einer hohen Wahrscheinlichkeit hydraulischer Leitfähigkeit sowie Tonschüttungen. Ausgehend von den allgemeinen Erfahrungen bei Vortrieben in ähnlichen Gesteinsformationen besteht die Möglichkeit hoher Festigkeiten, hoher Abrasivität, Abplatzungen und Zerbersetzungen.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wurde der Einsatz von 19-Zoll-Schneidrollen mit einer höheren Belastbarkeit von 315 kN als bestmögliche Vortriebsmethode zum Auffahren des Druckstollens in

consisting of quartz and feldspar with garnet and a low portion of few mica and hornblende.

The alignment crosses some fault zones and zones of lower rock quality with the potential of high hydraulic conductivity and clay fillings.

Based on general experience from TBM tunnelling in similar rock conditions there is the potential of encountering high rock strengths and rock abrasiveness as well as possible spalling and rock bursting. To direct these as-

pects, the use of 19 inch disc cutters with a higher load capacity of 315 kN was considered to be most favorable for the construction of the headrace tunnel. The specifications of the client for TBM technology comprise an excavation diameter of 4.70 m and the capability to handle a potential tunnelling radius of 200 m. Based on specific geological conditions and in consideration of zones of lower rock quality, the machine will be designed with adequate equipment for

Sofort mehr Raum

... mit mobilen ELA-Lösungen

UBER 40 JAHRE SEIT 1971

ELA®

Mobile Räume mieten
www.container.de

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

info@container.de

ELA-Kontaktdaten als QR-Code für Ihr Smartphone.

Erwägung gezogen. Die technischen Spezifikationen des Kunden geben hinsichtlich der Maschinenteknik einen Ausbruchdurchmesser von 4,7 m sowie einen Kurvenradius von 200 m vor. Ausgehend von den spezifischen geologischen Bedingungen sowie der geringen Gesteinsfestigkeit wird die TBM mit entsprechenden Zusatzausrüstungen zur Durchführung von Sondier-, Entwässerungs- und Injektionsbohrungen ausgestattet. Die technischen Spezifikationen der Maschine sehen darüber hinaus eine Felssicherung in Form von Stahlmatten, mit einem Stahlmattenversetzgerät innerhalb der TBM, Ankerarbeiten – die von einer Arbeitsbühne hinter der Maschine aus durchgeführt werden – sowie Spritzbeton vor.

Maschinelle Vortriebsmethode zum Auffahren des Druckstollens

Für den Bau des Druckstollens bzw. der Chute-de-Gavet-Tunnel wurde das maschinelle Vortriebsverfahren ausgewählt. Insgesamt werden zum Auffah-

ren der beiden Tunnelabschnitte zwei TBM eingesetzt.

Die TBM werden als Gripper-TBM mit einem Ausbruchdurchmesser von 4,74 m ausgeführt. Dieser Maschinentyp wird im Allgemeinen in Hartgestein mit mittlerer bis hoher Standfestigkeit, wie im vorliegenden Projekt, eingesetzt, um einen wirtschaftlichen Vortrieb zu gewährleisten, bei dem keine kontinuierliche Felssicherung mit Anker, Stahlmatten oder Spritzbeton nötig ist. Die beiden Gripper-TBM für das Projekt Gavet sind hinter dem Bohrkopf mit einem ausfahrbaren Schild mit Stützzylindern zur Stabilisierung im First- und Ulmenbereich ausgestattet. Der ausfahrbare Schild und die seitlichen Abstützungen zur Stabilisierung der TBM und zur Reduzierung der Vibrationen werden über Hydraulikzylinder bewegt. Die Gripperschuhe ermöglichen eine Steuerung der Maschine während des Vortriebs. Die Gripperschuhe werden seitlich verspannt, während die Vortriebszylinder die Maschine nach vorne bewegen. Die Maschine kann konti-

probing, drainage and injection drillings. The TBM specifications foresee also to place tunnel support such as steel sets with an erector from within the TBM area, rock bolts from a working platform behind the machine and the application of shotcrete.

Chosen Mechanized Tunnelling Technology for the Headrace Tunnel

The construction of the headrace tunnel, respectively Chute de Gavet galleries, was specified as TBM drive. In total two TBMs will be applied for the two tunnelling sections.

The TBMs are designed as Single Gripper Hard Rock TBM with an excavation diameter of 4.74 m. This TBM type is generally applied in hard rock with medium to high stand-up time as to be encountered in the project and can be economically used if the rock does not need constant support with rock anchors, steel arches or shotcrete.

The two Gripper machines for Gavet are designed with an extendable shield behind the cutterhead comprising roof and side supports. The extendable shield and side supports which are actuated by hydraulic cylinders are to stabilize the TBM and to minimize vibration. The side supports act as pivot for vertical steering. The pivot for vertical steering is the invert shoe.

The floating single gripper unit permits TBM steering during advance. The floating gripper system pushes on the sidewalls and is locked in place while the thrust cylinders extend allowing the main beam to advance the TBM. The machine can be continuously steered while the gripper shoes push on the sidewalls to thrust the machine forward. The TBM is designed

with a maximum thrust of 14,250 kN (Fig. 3).

The cutterhead is of closed type suitable for unidirectional hard rock excavation. It is equipped with back loading hard rock tools comprising disc cutters and reamers (Fig. 4). The cutterhead is designed with a full face wear protection due to the predicted abrasive to very abrasive rock mass that will be encountered. In respect of disc cutter sizes 17 inch and 19 inch disc cutters were discussed. Both options would be available for back loading hard rock cutterheads. Handling will be feasible for both sizes, requiring with additional mechanical help. The decision of using 19 inch cutters or alternatively 17 inch cutters was left to the bidder. The 19 inch disc cutters were preferred because they offer a better solution for the tunnelling works of the Gavet headrace tunnel as following aspects are improved:

- Longer lifetime of 19" cutters (significantly less cutter changes causing less down time).
- Higher thrust capacity (slightly increased penetration rates).
- Higher thrust potential in case of unforeseen increased rock strength.
- Increased lifetime for the disc cutter rings in case of unforeseen increased rock abrasiveness.
- Improved resistance in case of unforeseen rock spalling or blocky rock conditions at the tunnel face

The 19 inch disc cutters sit in the cutterhead with a fixed spacing between the tracks. In total a number of 17 single disc cutters, 4 twin disc cutters in the center and 4 reamers are installed on the cutterhead. The rock is crushed by the rolling of the disc



Gripper-TBM für die Chute-de-Gavet-Tunnel (Werksabnahme der ersten Gripper-TBM im November 2012)

Single Gripper TBM for Chute de Gavet Galleries (factory acceptance of the first Gripper TBM in November 2012)

nuierlich gesteuert und nach vorne geschoben werden, während die Gripperschuhe die Maschine weiterhin an den Seiten abstützen. Die TBM ist für eine maximale Antriebsleistung von 14.250 kN ausgelegt (Bild 3).

Verwendet wird ein geschlossener Bohrkopf für einen unidirektionalen Hartgesteinsvortrieb. Der Bohrkopf ist mit Abbauwerkzeugen für einen Werkzeugwechsel von hinten ausgestattet und umfasst Schneidrollen sowie Räumern (Bild 4). Aufgrund des zu erwartenden harten bis sehr harten Gebirges wird der Bohrkopf mit einem vollumfänglichen Verschleißschutz versehen. Hinsichtlich der Schneidrollengröße sind 17-Zoll- bzw. 19-Zoll-Schneidrollen im Gespräch. Beide Größen eignen sich für einen Werkzeugwechsel hinter dem Bohrkopf. In Bezug auf das Handling sind lediglich zusätzliche mechanische Montagehilfen nötig. Die Entscheidung für den Einsatz von 19-Zoll- bzw. 17-Zoll-Schneidrollen wurde dem Bieter überlassen. 19-Zoll-Schneidrollen wurden letztlich bevorzugt, da diese für die Vortriebsarbeiten am Gavet-Druckstollen bezüglich der nachstehenden verbesserten Parameter geeigneter schienen:

- Längere Lebensdauer der 19-Zoll-Schneidrollen mit deutlich weniger Werkzeugwechseln und somit erheblich kürzeren Stillstandzeiten.
- Höhere Vortriebskraft mit leicht verbesserten Penetrationsraten.
- Höheres Vortriebskraftpotenzial im Falle unvorhergesehener höherer Gesteinsfestigkeiten.
- Verbesserte Lebensdauer der Schneidringe im Fall un-

vorgesehener höherer Gesteinsabrasivität.

- Optimierte Widerstandsfähigkeit im Fall von Abplatzungen oder blockigem Fels an der Ortsbrust.

Die 19-Zoll-Schneidrollen werden am Bohrkopf mit einem festgelegten Spurbstand angebracht. Insgesamt wird der Bohrkopf mit 17 Einfachschneidrollen, vier Zweifachschneidrollen im Zentrum sowie vier Räumern ausgestattet. Das Gestein wird durch die Rollbewegung der Schneidrollen, die Bohrkopfantriebsleistung (installierte Antriebsleistung von 7.857 kN) sowie die zwischen den Spuren entstehenden Scher- bzw. Zugkräfte abgebaut. Die Räumern nehmen das abgebaute Material auf und werfen dieses auf einen Bandförderer mit 650 mm Bandbreite ab, der sich innerhalb der TBM-Stahlkonstruktion befindet. Von dort aus wird der Abraum in den hinteren Maschinenbereich gefördert, wo er letztlich zum Abtransport aus dem Tunnel an das Nachläuferband übergeben wird. Nach Beendigung eines Hubs werden die hinteren Abstützungen der Maschine abgelassen und die Grippersowie Vortriebszylinder eingezogen. Beim Zurückziehen der Vortriebszylinder wird die Grippervorrichtung für den nächsten Vortriebszyklus positioniert. Diesen Vorgang nennt man Regripping. Anschließend werden die Gripperzylinder ausgefahren, die hinteren Abstützungen angehoben und ein weiterer Vortriebszyklus begonnen. Während des Vortriebs wird das Nachlaufsystem nicht bewegt. Es wird anschließend über Nachschleppzylinder nach vorne gezogen.

cutter tools because of the thrust on the cutterhead (installed thrust of 7,875 kN) and because the shear or tension strength is exceeded between the disc cutter tracks. The reamers scoop up the excavated muck which is tipped onto the conveyor (width of 650 mm) running inside the main beam. The muck is then transferred to the rear of the machine and discharged onto the back-up conveyor for removal from the tunnel. At the end of a stroke the rear legs of the machine are lowered, the grippers and thrust cylinders are retracted. The retraction of the thrust cylinders repositions the gripper assembly for the next boring cycle. This process is called re-grip cycle. The grippers are extended, the rear legs lifted,

and boring begins again. During excavation the back-up does not move. It will be pulled afterwards by back-up pull cylinders.

The electric VFD cutterhead has an installed power of 2,100 kW and a variable speed of 0 to 12 revolutions per minute. The rotational speed of the cutterhead depends directly on the radial speed of the gauge cutters.

The main beam with thrust system and rear support accommodates thrust cylinders, belt conveyor, roof bolting equipment and hydraulic rear support comprising load during re-grip. All trailers are of closed portal structure running on tunnel rails. The trailers are configured for mucking by tunnel belt conveyor.

The TBM ventilation system comprising duct storage and

Der Spezialist für Ihren

Tunnelbau

Weitere Projekte finden Sie unter www.msd-dresden.de

Maschinen
und Stahlbau



Dresden
tradition der technischen Ausbildung



Tübbingwagen, Gerede, Türkei

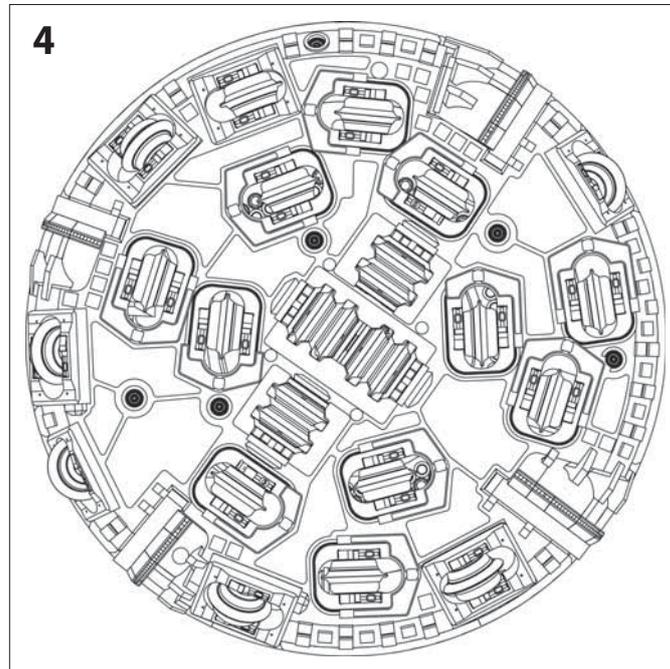
bauma
2013

Besuchen Sie uns
Halle C3, Stand 415/514

Der frequenzgesteuerte elektrische Bohrkopf hat eine installierte Leistung von 2.100 kW sowie eine Drehzahl von 0 bis 12 U/min. Die Drehzahl des Bohrkopfs leitet sich direkt aus der Radialgeschwindigkeit der Kaliberwerkzeuge ab.

Die Stahlkonstruktion der TBM mit der Grippervorrichtung sowie der hinteren Abstützung umfasst Vortriebszylinder, Bandförderer, Ankerbohrgeräte sowie eine hydraulische hintere Abstützung zur Aufnahme der Lasten während des Umsetzvorgangs. Sämtliche Nachläuferwagen sind als gleisgebundene geschlossene Konstruktionen für einen Materialaustrag per Bandförderer ausgeführt.

Das Be- und Entlüftungssystem der TBM umfasst eine Luttenspeicherkassette sowie einen Luttenspeicherkran für einen Anschluss an die vorhandenen Luttensysteme des Kunden sowie eine Sekundärventilation, um die TBM sowie den Nachläuferbereich effizient be- und entlüften zu können. Auf einem Nachläufer befindet sich ein Rettungscontainer mit unabhängiger Atemluftversorgung. Die Vortriebsanlage hat eine Gesamtlänge von 208 m.



Der Bohrkopf The cutterhead

Ausgehend vom technischen Lastenheft des Kunden verfügt die TBM über Felssicherungs- und Sondierbohrer im L-1-Arbeitsbereich. Dazu gehören ein hydraulisches Sondierbohrgerät, zwei Ankerbohrgeräte, Felssicherungsmittel sowie ein Radial- und ein Kernbohrgerät. Dadurch wird ein Bereich von 200° auf einer Länge von 1,5 m in Vortriebsrichtung abgedeckt. Im L-1-Arbeitsbereich befindet sich darüber hinaus ein Druckluftsondierbohrgerät (20 kW) für 6-Zoll-Bohrgestän-

handling system for connection to customer supplied tunnel ventilation duct as well as air blowing secondary ventilation system for effective ventilation in TBM and back-up areas. One back-up is equipped with a rescue container with independent breathing air supply with a compressed air cylinder station. The tunnelling system has an overall length of 208 m.

According to the TBM specification of the client, the TBM is equipped with roof bolting equipment in the L1 area consisting of one hydraulic percussive rock-drill for probing ahead, two roof-bolting drill rigs, roof-bolter mounts, an indexing system and a core drill kit. They are covering an area of 200 degrees and a distance of 1.5 m in advance direction. Also located in the L1 area is a probe drill for 6" extension rods with a percussive rock-drill (20 kW). It covers an area of about 100 degrees without any modifications and an area of about 280 degrees if an additional ring segment

is mounted (drilling depth: up to 50 m, drill diameter: up to 89 mm). This probe drill can be converted to a core drill by installing a rotary head on the carriage (drilling depth: up to 50 m, drill diameter: up to 100 mm).

Both Gripper TBMs were designed and manufactured in the Herrenknecht factory in Germany. The factory acceptance of the first Gripper TBM and the complete tunnelling equipment took place in November 2012.

The second Gripper TBM has been accepted in the workshop in February 2013. After disassembly in the workshop in Schwannau, the machines will be transported on site. The machines are assembled horizontally on site. After assembly, the Gripper with all gantry cars is pushed into the tunnel up to the starting point where final installations and connection of water, compressed air and electricity are done. Then the testing and commissioning on site starts before the TBM is ready to bore.

After completion of the tunnelling drives both machines will be disassembled in caverns and all parts will be retracted through the already excavated tunnel to the starting portal and out of the site.

Conclusion

The construction of the headrace tunnel for the project Gavet are realized by applying mechanized excavation technology. Two open Gripper TBMs will excavate a total of 9,358 m of tunnel. This headrace tunnel is part of EDF's upgrading of the Romanche-Gavet hydropower plants to replace six aging units with a more powerful unit at Romanche. The availability and the use of mechanized tunnelling technology for such under-

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



ge, mit dem ohne Anpassungen ein Bereich von 100° sowie nach Installation eines zusätzlichen Ringelements (Bohrtiefe: bis 50 m, Bohrdurchmesser: bis 89 mm) ca. 280° bearbeitet werden können. Durch Installation einer Schwenkeinheit auf der Bohrlafette (Bohrtiefe: bis 50 m, Bohrdurchmesser: bis 100 mm) kann das Sondierbohrgerät zur Durchführung von Kernbohrungen umgebaut werden.

Beide Gripper-TBM wurden im Werk der Herrenknecht AG in Deutschland konstruiert und hergestellt. Die Werksabnahme der ersten Gripper-TBM sowie der kompletten Vortriebsanlage erfolgte im November 2012.

Die zweite Gripper-TBM wurde im Februar 2013 im Werk abgenommen. Nach der Demontage in Schwanau werden die Maschinen auf die Baustellen transportiert. Dort werden sie horizontal installiert. Nach der Baustellenmontage werden die TBM sowie die Nachläufer an den Ausgangspunkt in den Tunnel geschoben, wo die finalen Montagearbeiten sowie Anschlussarbeiten für Wasser, Druckluft und Strom durchgeführt werden. Vor Bohrbeginn erfolgen dann noch weitere Testläufe sowie die Baustellenbetriebnahme.

Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten werden beide Maschinen in den jeweiligen Stollen demontiert. Sämtliche Komponenten werden durch den aufgefahrenen Tunnel an den Ausgangspunkt am Tunnelportal zurückgezogen und von der Baustelle abtransportiert.

Zusammenfassung

Für den Bau des Druckstollens für das Projekt Gavet wird das maschinelle Vortriebsverfahren

eingesetzt. Zwei Gripper-TBM werden insgesamt 9.358 m Tunnel auffahren. Der Druckstollen ist Teil der von EDF geplanten Sanierung der Wasserkraftanlagen im Romanche-Gavet-Tal, bei der sechs veraltete Anlagen durch ein leistungsstärkeres Wasserkraftwerk entlang der Romanche ersetzt werden. Die Eignung und Verwendungsmöglichkeit der maschinellen Vortriebstechnik zum Bau eines solchen unterirdischen Systems bietet neue Anwendungsmöglichkeiten für TBM. Der Neubau von Wasserkraftwerken, die Modernisierung bzw. der Ausbau bereits bestehender Anlagen können unter die Erde verlegt werden, was eine Reduzierung der Auswirkungen über Tage und somit Schonung der Umwelt bedeutet. Die Herrenknecht AG und zahlreiche andere Hersteller von Tunnelvortriebstechnik setzen sich anders, als bei den derzeit üblichen querschnittsorientierten Hartgesteinsmaschinen für die Entwicklung flexibel einsetzbarer Vortriebstechnologien und -maschinen ein. Diese Technologien werden beim Bau komplexer unterirdischer Anlagen für Wasserkraftwerke mehr maschinelle Alternativen zu den heute eingesetzten konventionellen Sprengvortriebsmethoden bieten [1]. Ein höherer Mechanisierungsgrad im Bereich des Schachtbaus könnte ebenfalls eine Alternative zu steilen Neigungsstollen bieten. Die neue Generation der Boxhole-Boring-Maschinen [2] der Herrenknecht AG ermöglicht ebenfalls neue alternative Anlagekonzepte. Die Nutzung von Wasserkraft wird darüber hinaus auch in Zukunft eine attraktive Form der Energiegewinnung bleiben. 

ground structures has opened additional options for TBMs. New hydropower plants, upgrades or extensions of already existing facilities can be planned underground with less impact to the surface and thus environment.

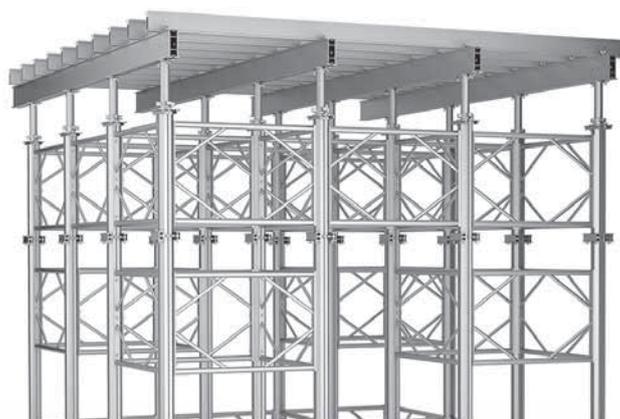
Herrenknecht and a number of other manufacturers of underground excavation equipment are engaged in the development of more flexible rock excavation technologies and equipment compared to today's circular cross-section rock TBMs. These technologies will finally be able

to provide a more mechanized alternative to the drill and blast methods applied today for some of the complex underground structures required for hydropower schemes. [1] A higher level of mechanization also in shaft construction finally could offer an alternative to steep inclined shafts. Also the new generation of Herrenknecht BBM boxhole boring machines [2] may offer new plant design options. Nevertheless, the use of hydropower will continue to be an attractive form of generating power. 

Literatur/References

- [1] Burger, W.: Mechanized Excavation for Hydropower Projects. Montreal TAC Conference, October 2012
- [2] Künstle, B.; Burger, W.: Safe Slot Hole Excavation With A New Boxhole Boring Machine. SME Annual Meeting 2012, Seattle, WA, USA, 2012

Typenstatik nach DIN EN 12812? – ja sicher. Alu-Schalungsgerüst TITAN



- Stiellasten ≤ 128 kN
 - einfachste Handhabung in Planung und Ausführung
 - Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
 - typengeprüftes System
- Weitere Infos: www.ischebeck.de

FRIEDR. ISCHEBECK GMBH
Loher Str. 31-79 | DE-58256 Ennepetal

ISCHEBECK[®]
TITAN

Tunnel Sonnenburg: TSM-Vortrieb unter schwierigen geologischen Bedingungen

Der Tunnel Sonnenburg ist Teil des Ausbaus der bestehenden Pustertaler Staatsstraße SS 49 durch die Autonome Provinz Bozen, Südtirol bei St. Lorenzen. Der Gesamtbauabschnitt umfasst eine Länge von rd. 1,7 km. Kernstück ist der rund 310 m lange Tunnel in bergmännischer Bauweise unter der denkmalgeschützten Burganlage der Sonnenburg. Obwohl die geologischen Rahmenbedingungen zunächst nicht für einen TSM-Vortrieb sprachen, wurden die Vortriebsarbeiten unter der Sonnenburg aufgrund vorhergegangener Probleme mit Sprengerschütterungen mit einer schweren Teilschnittmaschine (TSM) durchgeführt (Bild 1).

Flankiert wurde die Bauausführung durch ein – für ein Projekt dieser Größenordnung – vermutlich einzigartiges ingeniergeologisches Untersuchungsprogramm aus felsmechanischen Laborversuchen sowie Leistungs- und Verschleißdokumentationen. Der vorliegende Beitrag schildert die Probleme, die zur Umstellung von Spreng- auf Fräsvortrieb führten. Er stellt die im Zuge der Machbarkeitsstudie angesetzten Modelle und die während der Bauausführung gesammelten Erfahrungen zu den Zusammenhängen der Gesteins- und Gebirgseigenschaften sowie Abbauleistung und Werkzeugverschleiß vor.

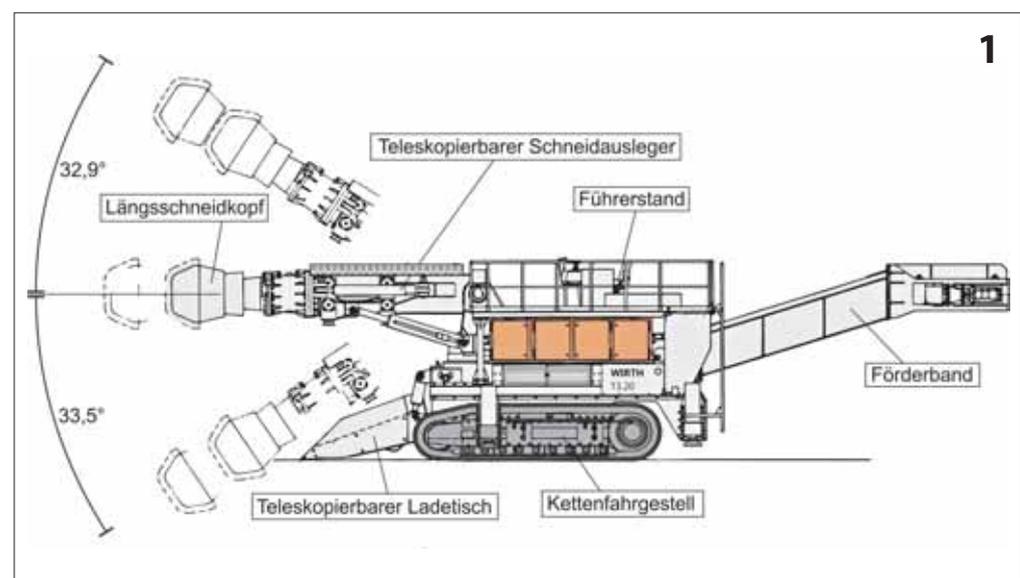
Diese Modelle haben im vorliegenden Projekt ihren Wert als grundlegende Werk-

Sonnenburg Tunnel: Roadheader Drive under tricky geological Conditions

The Sonnenburg Tunnel is part of the upgrade for the existing Pustertal valley national highway SS 49 through the autonomous Province of Bolzano, South Tyrol at St. Lorenzen. The total construction section is some 1.7 km long. The roughly 310 m long tunnel under the listed Sonnenburg Castle, the core of the project, was built by trenchless means. Although initially the geological general conditions appeared unsuitable for using a TBM, the driving activities beneath the Sonnenburg were tackled by a heavy roadheader (TSM) owing to prior problems with vibrations deriving from blasting (Fig. 1).

Dipl.-Geol. Dr.rer.nat. Ralf J. Plinninger, Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried, Deutschland, rp@plinninger.de, www.plinninger.de
Dipl.-Ing. Reinhold Palla, hbpm Ingenieure GmbH, Brixen, Italien, reinhold.palla@hbpm.it, www.hbpm.it

Construction was executed accompanied by what must be a unique engineering geology investigation programme – for



Seitenansicht einer schweren TSM des Typs WIRTH T3.20, wie beim Projekt Sonnenburg eingesetzt

Side view of a WIRTH T2.20 heavy roadheader as applied for the Sonnenburg project

zeuge für die Risikobewertung zur realistischen Einschätzung der Möglichkeiten und zur Anwendung eines ausgewogenen Vertragsmodells bewiesen.

1 Projektüberblick

Der Tunnel Sonnenburg ist Teil des Ausbaus der bestehenden Pustertaler Staatstrasse SS 49 durch die Autonome Provinz Bozen – Südtirol. Der Gesamtbaubauabschnitt umfasst eine Länge von rund 1,7 km entlang der orographisch rechten Flanke des Pustertals bei St. Lorenzen und ist als zweispurige Straße für eine Geschwindigkeit von 70 bis 80 km/h ausgelegt. Das Bauwerk besteht aus folgenden vier Teilabschnitten (Bild 2):

- 70 m Tunnel in offener Bauweise
- 310 m Tunnel in bergmännischer Bauweise unter der Sonnenburg
- 125 m Tunnel in offener Bauweise zwischen dem Sonnenburghügel und dem Amtmannbühel
- 105 m Tunnel in bergmännischer Bauweise unter dem Amtmannbühel

Die geologischen Verhältnisse werden durch die metamorphen Folgen des so genannten „Brixner Quarzphyllites“ (Alter ca. 450 bis 500 Mio. Jahre) geprägt, in die untergeordnet Paragneis-Bänder und gangförmige Intrusiva (u.a. quarzreicher Diorit) eingelagert sind. Die heute denkmalgeschützte Burganlage der Sonnenburg liegt unmittelbar über der Trasse des rund 310 m langen, bergmännischen Kernabschnitts des Tunnels. Die Unterfahrung der sensiblen Bausubstanz bei Überlagerungen von rund 50 m und laufendem Hotelbetrieb stellte eine besondere Heraus-

forderung für die Planung und den Bau des bergmännischen Tunnels dar.

2 Problemstellung im Frühjahr 2009

Mit der Bauausführung des Tunnels Sonnenburg wurde im September 2009 eine Arbeitsgemeinschaft aus den Bauunternehmen Oberosler Cav. Pietro S.P.A., Trento, und Wipptaler Bau AG, Sterzing, Italien, beauftragt. Das ursprüngliche Vortriebskonzept sah einen bergmännischen Vortrieb im Bohr- und Sprengverfahren vor. Dabei wurde davon ausgegangen, dass durch ggf. angepasste Sprengverfahren die gesetzlichen und projektspezifischen Grenzwerte eingehalten und Schäden an der Bauwerkssubstanz der Sonnenburg verhindert werden können.

Doch es kam anders: Obwohl die Erschütterungen ständig überwacht und die von den Sprengungen verursachten Schwinggeschwindigkeiten unter den Grenzwerten lagen, wurden bei einem Vortriebsstand von circa 30 m vom Westportal Schäden an einem romanischen Fresko sowie ein Mauersprung in der Sonnenburg festgestellt und alle Arbeiten am 16. Februar 2009 eingestellt [1]. Der Bau des Tunnels war damit in den Brennpunkt des öffentlichen Interesses getreten.

3 Machbarkeitsstudie und Versuchsvortrieb unter dem Amtmannbühel

Durch die mit dem Bau beauftragte Arbeitsgemeinschaft wurde nach dem Baustopp eine technische Machbarkeitsstudie [2] in Auftrag gegeben. Diese sollte die Möglichkeit



Luftbildansicht der Trasse mit den Teilabschnitten in offener und bergmännischer Bauweise [1].

Aerial view of the route with the cut-and-cover and trenchless part-sections [1].

a project of this magnitude. It comprised rock mechanical lab tests as well as performance and wear documentations. This report examines the problems, which led to switching from drill+blast to excavating via roadheader. It presents the models applied in the course of the feasibility study and the findings obtained on the interactions of rock and rock mass characteristics as well as extraction rate and tool wear. In this particular project these models proved their worth as basic tools for evaluating risks for realistic appraisal of the possibilities and applying a balanced contractual model.

1 Project Overview

The Sonnenburg Tunnel is part of the upgrade for the existing Pustertal valley national highway SS 49 through the autonomous Province of Bolzano, South Tyrol at St. Lorenzen, Italy. The entire construction section is some 1.7 km long running along the orthographic right flank of the Pustertal near St. Lorenz. It is designed as a 2-lane road for a top speed of 70 to 80 km/h. The scheme comprises the following 4 part-sections (Fig. 2):

- 70 m of cut-and-cover tunnel
- 310 m of tunnel driven be-

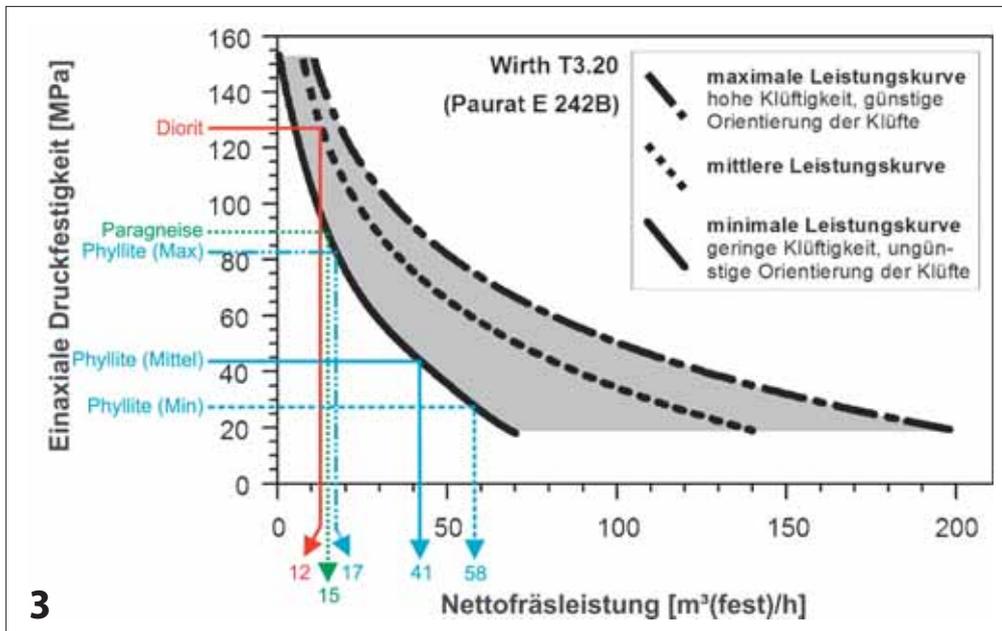
neath the Sonnenburg by mining means

- 125 m of cut-and-cover between the Sonnenburg hill and the Amtmannbühel
- 105 m of tunnel driven beneath the Amtmannbühel by mining means

The so-called “Brixner Quartz Phyllites” (some 450 to 500 million years old) metamorphic series characterise the geological conditions, with embedded subordinated paragneiss belts and lianous intrusive diorite rich in quartz. The present-day listed Sonnenburg castle is located immediately above the route for the 310 m long trenchless core section of the tunnel. Undercutting this sensitive structure given overburdens of roughly 50 m and a functioning hotel operation represented a particular challenge for planning and producing the trenchless tunnel.

2 Problem Complex in Spring 2009

A joint venture consisting of the construction companies Oberosler Cav. Pietro S.P.A., Trento, and Wipptaler Bau AG, Sterzing, Italy was commissioned to build the Sonnenburg Tunnel in September 2009. The original excava-



Fräsleistungsdiagramm für die TSM mit den in der Machbarkeitsstudie angesetzten Kennwerten der verschiedenen Gebirgsarten [2]

Cutting rate diagram for the roadheader with the characteristic values for the various types of rock applied in the feasibility study [2]

eines TSM-Vortriebs klären und wurde von einer Arbeitsgemeinschaft der Ingenieurbüros Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried, Deutschland, und hbpm Ingenieure, Brixen, Italien, ausgearbeitet. Im Rahmen der Studie wurden alle zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden geologisch-felsmechanischen Daten bewertet und ein Maschinenkonzept erarbeitet. Die erarbeiteten Leistungs- und Verschleißprognosen (Bild 3) ließen den Schluss zu, dass ein Vortrieb mit einer schweren TSM nach herkömmlichen Maßstäben unwirtschaftlich, jedoch an der Grenze der Machbarkeit technisch möglich sein würde. Die bereits dargestellten Erfahrungswerte zur Erschütterung sprachen jedoch klar für das Verfahren.

Grund für diese geringen prognostizierten Erschütterungen ist die von der TSM über Schneidkopf und Meißel nur punktuell und über einen relativ

langen Zeitraum (mehrere Stunden) eingetragene Energie zum Lösen eines Abschlags, während beim Sprengen die gesamte, für einen Abschlag erforderliche Energiemenge innerhalb weniger Sekunden bzw. Millisekunden umgesetzt wird.

Dieser Löseprozess bedingt aber auch eine hohe Sensitivität des Verfahrens gegenüber den Eigenschaften des zu lösenden Gebirges. Da – anders als beim Sprengen – während des Vortriebs die zur Verfügung stehende Energiemenge (Schneidleistung) nicht erhöht werden kann, sind dem TSM-Einsatz je nach Leistungsklasse der Maschine technische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt. Abweichungen oder Fehleinschätzungen der geologisch-geotechnischen Einsatzbedingungen können daher zu gravierenden Leistungseinbußen und Werkzeugmehrerbrauch führen, die oft kostenintensive Nachtragsforderungen

tion concept foresaw a trenchless drive by drill+blast. Towards this end it was assumed that the legal and project-specific limit values would be adhered to if necessary by applying adapted blasting methods so that damage to the structure of the Sonnenburg could be avoided.

However, things turned out differently: although the vibrations were monitored continuously and the oscillation speeds caused by blasting lay under the limit values, damage to the Romanic fresco as well as a crack in the wall of the Sonnenburg was determined during excavation some 30 m from the west portal and all operations ceased on February 16, 2009 [1]. As a result public interest became centred on building the tunnel.

3 Feasibility Study and Test Drive beneath the Amtmannbühel

The JV commissioned to carry out construction thereupon

called for a technical feasibility study [2]. This was designed to establish if a roadheader drive were possible and was worked out by a joint venture comprising the Ingenieurbüro Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried, Germany and hbpm Ingenieure, Brixen, Italy. Within the scope of this study all available geological-rock mechanical data were evaluated resulting in an engineering concept. The performance and wear prognoses that were determined (Fig. 3) allowed the conclusion to be drawn that a drive with a heavy roadheader was uneconomical according to conventional standards but nonetheless just technically feasible. The reference values relating to vibrations clearly spoke in favour of the method.

The reason why minimal vibrations were forecast can be attributed to the energy required to loosen a round applied only at points by the roadheader via its cutterhead and bits over a relatively long period of time. In the case of blasting however the entire amount of energy needed for a round is applied within seconds if not milliseconds.

This loosening process also calls for high sensitivity of the method vis-à-vis the characteristics of the rock that is being tackled. As – in contrast to drill+blast – the amount of energy available during the drive (cutting rate) cannot be increased, the application of a roadheader is defined by technical and economic considerations depending on the machine's performance class. Deviations or false calculations of the geological-geotechnical conditions of application can as a result lead to serious losses in performance and added wear on tools. These

seitens des Bauausführenden nach sich ziehen (siehe u.a. [3]).

Auf Anraten der Sachverständigen entschloss sich die Provinz Bozen daher, zuerst den in Bezug auf die Burganlage unkritischen Tunnel unter dem Amtmannbühel zu realisieren und dort beide Verfahren – einen angepassten Sprengvortrieb und einen Vortrieb mit TSM – einem kritischen Vergleich zu unterziehen. Da die geologischen Verhältnisse mit denen unter der Sonnenburg vergleichbar waren, war damit eine Einschätzung und Prognose für den eigentlichen Haupttunnel möglich.

Die von der Baufirma eingesetzte schwere TSM vom Typ WIRTH T3.20 bewährte sich bei dieser Auffahrung. Die Tat-

sache, dass beim Ausbruch mit TSM faktisch keine messbaren Erschütterungen an der Geländeoberfläche auftraten, brachte schließlich die Entscheidung zugunsten eines TSM-Vortriebs unter der Sonnenburg.

4 Teilschnittmaschinen-vortrieb

Am 4. März 2010 wurde der Vortrieb unter der Sonnenburg als TSM-Vortrieb wiederaufgenommen. Der Vortrieb erfolgte in zwei Teilquerschnitten – Kalotte und Strosse – von Osten nach Westen. Die Kalotte des Tunnels konnte schließlich am 18. Mai 2010 am Westportal durchgeschlagen werden, ohne dass messbare Erschütterungen oder gar weitere Schäden an der Burg aufgetreten wären.

can often lead to the contractor calling for cost-intensive amendments (please see inter alia [3]).

Consequently on the advice of experts, the Province of Bolzano first decided to tackle the non-critical tunnel beneath the Amtmannbühel – and subject both methods – an adapted drill+blast and roadheader drive – to scrutiny. As the geological conditions were comparable to those prevailing beneath the Sonnenburg, it was possible to arrive at conclusions and a prognosis for the main tunnel.

The Type WIRTH T3.20 heavy roadheader applied by the contractor proved its worth during the excavation. The fact that practically no appreciable vibrations occurred on the ground surface ultimately led to the

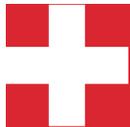
decision to use a roadheader to drive beneath the Sonnenburg.

4 Roadheader Drive

On March 4, 2010 the drive beneath the Sonnenburg was resumed using a roadheader. The excavation took place on 2 part cross-sections – crown and bench – from east to west. The tunnel crown was finally broken through on May 18, 2010 at the west portal without measurable vibrations or any further damage occurring at the castle.

4.1 Excavation and Engineering Concept

The cited roadheader was applied by the responsible JV. The cutterhead was sprayed with water during the cutting process to reduce the dust impact.



STATIONÄRE BACKENBRECHANLAGE GIPOSTATION B 1385



bauma
2013

15. – 21. April, München

Besuchen Sie uns
an der bauma 2013
Freigelände Nord F9,
Stand N924/1

GIPO AG

Industriegebiet See, Zone C, Kohlplatzstrasse 15, CH-6462 Seedorf
T +41 41 874 81 10, F +41 41 874 81 01
info@gipo.ch, www.gipo.ch



4.1 Vortriebs- und Maschinenkonzept

Durch die bauausführende Arbeitsgemeinschaft wurde die benannte TSM eingesetzt. Zur Verminderung der Staubbelastung wurde der Schneidkopf beim Schneiden über ein Bedüsungssystem mit Wasser benetzt sowie entstehende Staubschwaden zusätzlich händisch mit einem Sprühstrahlrohr niedergeschlagen. Für die Bewetterung wurde eine Sauglutte mit Staubabscheider eingesetzt. Das Ausbruchsmaterial wurde vom Ladetisch der Maschine aufgenommen und über das Förderband auf einen Muldenkipper abgekippt. Die Sicherung des ausgebrochenen Hohlraums erfolgte in Anlehnung an die Prinzipien der NÖT mit einer bewehrten Spritzbetonaußenschale und einer Systemankerung mit SWELLEX-Ankern.

4.2 Vergütungs- und Dokumentationskonzept

Um eine ausgewogene Risikoverteilung bei dem als tech-



Ausbruch mit der TSM in Quarzphylliten. Durch die geringe Zerlegung des Gebirges sind die Schneidspuren jedes Meißels an der Ortsbrust deutlich erkennbar

Roadheader excavation in quartz phyllite. The cutting lines of each bit are clearly discernible at the face on account of the low segmentation of the rock

nisch grenzwertig betrachteten Vortrieb zu gewährleisten, wurde bereits im Vorfeld des Hauptvortriebs ein Vergütungsmodell vereinbart, das die Vergütung über fünf Fräsbarkeitsklassen vorsah. Diese Klassen wurden während des Vortriebs in Abhängigkeit von den relevanten felsmechanischen Eigenschaften des angetroffenen Gebirges definiert.

Voraussetzung für dieses Vergütungsmodell war eine

Any clouds of dust that ensued were additionally treated manually with a spraying nozzle. A suction duct with dust separator was applied for ventilation purposes. The muck was transported from the machine's loading device and transferred to a dumper via a belt conveyor. The excavated cavity is secured along the lines of the NATM with a reinforced shotcrete shell and an anchoring system with SWELLEX anchors.

4.2 Remuneration and Documentation Concept

A remuneration model was decided on prior to the main drive to ensure balanced risk distribution for a drive that was pushing technical limits. This related to remuneration based on cutability classes. These classes were defined during the drive in accordance with the relevant rock mechanical characteristics.

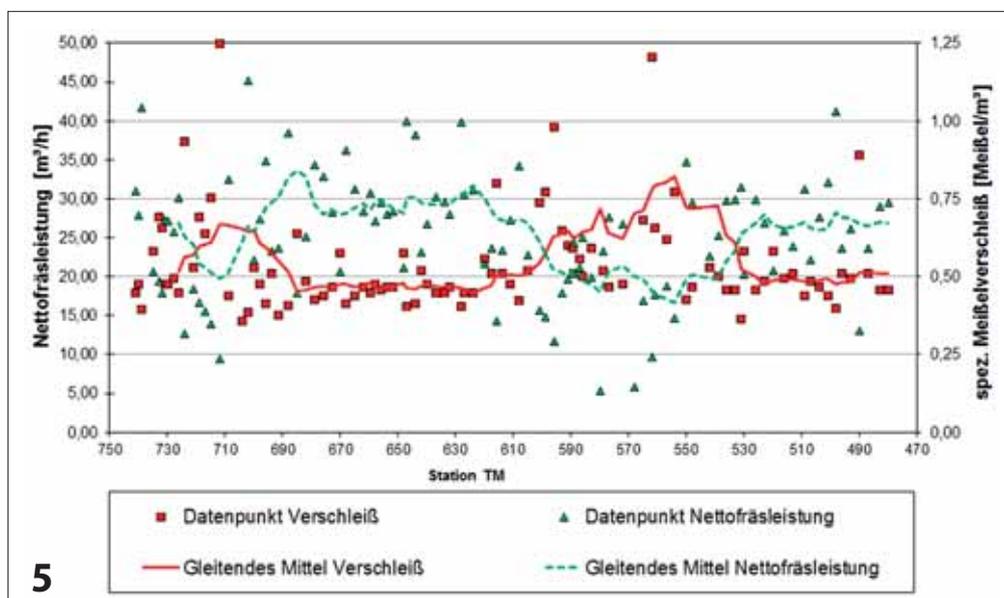
Intensive geological-geotechnical supervision of the drive was the prerequisite for this remuneration model. It was undertaken in accordance with the 4-eyes principle by the Büro Geoproject, Bolzano, on behalf of the client and by the JV Baubegleitung Tunnel Sonnenburg, Dr. Plinninger Geotechnik and hbpm Ingenieure on behalf of the responsible JV. Within the scope of this supervision – probably unique for a project of this magnitude – a programme consisting of taking samples, rock mechanical lab tests and performance and wear documentations was executed.

4.3 Encountered Geology

The expected geological conditions were confirmed during the course of construction. By and large dark-grey coloured, in part graphite-bearing quartz phyllites prevailed, which were in some cases interspersed with cm to dm-thick, milky-white coloured quartz intermediate layers, quartz belts and quartzitic phyllite layers.

Point load tests were carried out on the spot as a direct test method to facilitate a realistic and appropriate on-site evaluation on the uni-axial rock compressive strength.

Thanks to the coordinated taking of samples and testing in keeping with the 4-eyes principle



Ganglinien des spezifischen Werkzeugverschleißes und der Nettoschnitleistung

Graphs of the specific tool wear and the net cutting rate

intensive geologisch-geotechnische Betreuung des Vortriebs, die im Vier-Augen-Prinzip durch das Büro Geoproject, Bozen, im Auftrag des Bauherrn und durch die Arbeitsgemeinschaft Baubegleitung Tunnel Sonnenburg, Dr. Plinninger Geotechnik, Bernried, und hbpm Ingenieure, Brixen, im Auftrag der bauausführenden Arbeitsgemeinschaft ausgeführt wurde. Im Rahmen dieser Betreuung wurde ein – für ein Projekt dieser Größenordnung vermutlich einzigartiges – Programm aus Probenahmen, felsmechanischen Laborversuchen und Leistungs- und Verschleißdokumentationen durchgeführt.

4.3 Angetroffene Geologie

Die erwarteten geologischen Verhältnisse haben sich im Zuge der Bauausführung bestätigt. Es standen ganz überwiegend dunkelgrau gefärbte, z.T. graphitführende Quarzphyllite an, die bereichsweise von cm- bis dm-mächtigen, milchigweiß gefärbten Quarzzwischenlagen, Quarzbändern und quarzitischen Phyllitlagen durchzogen wurden.

Um eine zeitnahe und baustellentaugliche Bewertung der einaxialen Gesteinsdruckfestigkeit zu ermöglichen, wurden vor Ort Punktlastversuche als mittelbares Prüfverfahren durchgeführt. Durch die einvernehmliche Probenahme und Prüfung im Vier-Augen-Prinzip wurde sichergestellt, dass für jeden Abschlag repräsentative Kennwerte ermittelt wurden. Die Mittelwerte der einaxialen Druckfestigkeit lagen bei rund 70 MPa, wobei auch Spitzenwerte bis über circa 175 MPa erreicht wurden.

Zur Bewertung der Gesteinsabrasivität wurden ins-

gesamt 25 Indexversuche nach dem CERCHAR-Verfahren durchgeführt. Mit einem mittleren CERCHAR-Abrasivitätsindex CAI von 3,0 sind die angetroffenen Quarzphyllite als „sehr abrasiv“ einzustufen. Untersuchungen an Gangquarzlagen ergaben erwartungsgemäß extrem hohe CAI-Werte von bis zu 5,5.

In den Phylliten lag meist eine intern blättrige bis plattige (mm bis cm) Schieferung vor, die jedoch nur bereichsweise durch die Teilschnittmaschine aktivierbar war. Bei der Dokumentation der Fräsarbeiten konnte beobachtet werden, dass das Gebirge durch die TSM überwiegend zerspannt werden musste. Die Leistung der TSM orientierte sich daher am „Minimum“-Graphen der Fräsleistungskurve (Bild 4).

4.4 Fräs- und Vortriebsleistung

Datengrundlage für die Bewertung der Lösbarkeit des Gebirges sind die durch das bauausführende Unternehmen detailliert geführten Schichtberichte sowie regelmäßige Dokumentationen einzelner Fräsabschläge, die etwa dreimal wöchentlich durchgeführt wurden und welche die sekundengenaue Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte umfassten.

Aus diesen Daten konnten u.a. Trends zur Leistung und zum Verschleiß abgeleitet werden, welche gut die auch dem Vergütungsmodell zugrunde gelegten Erfahrungen bestätigten. So war beispielsweise die negative Korrelation von Verschleiß und Leistung deutlich erkennbar, d.h. in festeren Gebirgsbereichen wurden niedrigere Leistungen bei gleichzeitig

it was assured that representative characteristic values were determined. The uni-axial compressive strength average values amounted to around 70 Mpa although peak values of approx. 175 Mpa were also attained.

Altogether 25 index tests according to the CERCHAR method were executed to evaluate the rock abrasiveness.

The encountered quartz phyllites possess an average CERCHAR abrasiveness index CAI of 3.0 and are thus classified as „very abrasive“. Investigations of vein quartz layers as anticipated resulted in extremely high CAI values of up to 5.5. Usually a foliated to platy structure (mm to cm) prevailed in the phyllites, which however was only partially activated by the roadheader. It

could be observed while documenting the cutting operations that the rock had largely to be chipped by the roadheader. The roadheader performance was thus largely geared to a „minimum“ graph of the cutting rate curve (Fig. 4).

4.4 Cutting and Driving Rate

Detailed shift reports and regularly executed documentations of individual cutting rounds, which were undertaken roughly thrice weekly by the contractor and which embraced documenting the individual working steps to the second were the basis for assessing the cutability of the rock.

Trends relating to performance and wear were derived from these data, which also

DEVO-Tech
 // Apparatebau // Vakuumtechnik /// Tunnelbau //// Fertigungstechnik

Schweres wird ganz leicht.

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

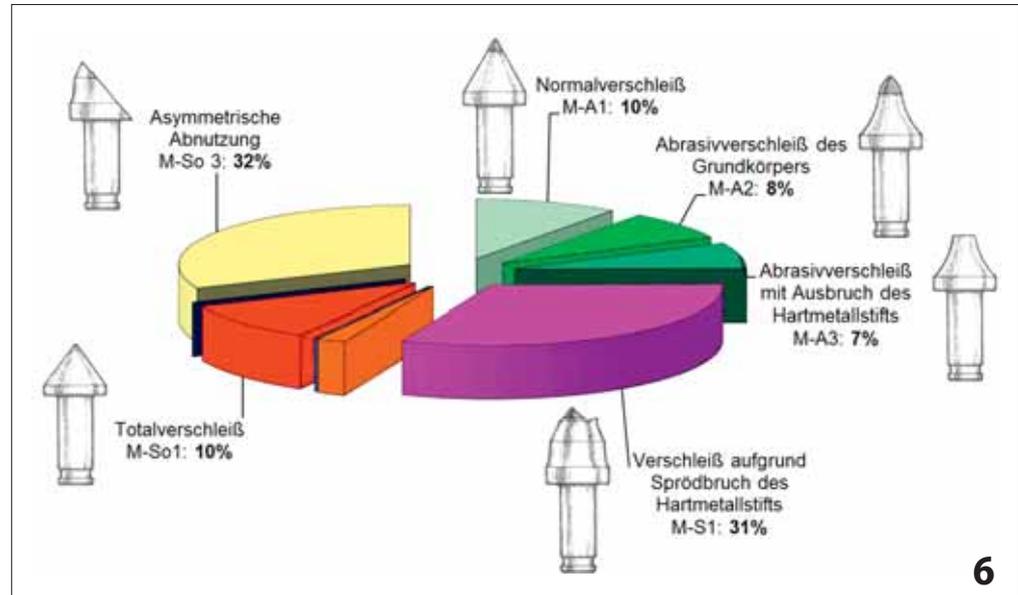
DEVO-Tech AG
 Hauptstrasse 39 Tel +41 61 935 97 97 info@devo-tech.ch
 CH-4417 Ziefen Fax +41 61 935 97 99 www.devo-tech.ch

hohem Werkzeugverschleiß erreicht, und umgekehrt (Bild 5).

Die mit den Schichtberichten dokumentierten Bruttofräsleistungen liegen zwischen rund 5 und 41 m³/h und betragen im Mittel circa 19 m³/h. Für die Korrelation mit den Gebirgskennwerten deutlich signifikanter ist jedoch die erreichte Nettofräsleistung, die unter Abzug jeglicher Nebenarbeitszeiten und Leerlaufzeiten ausschließlich die Arbeitszeit berücksichtigt, in der der Fräskopf im Eingriff ins Gebirge steht. Hier wurde im Mittel eine Leistung von rund 28 m³/h (netto) erreicht. Mit diesen Fräsleistungen war es möglich, eine mittlere Vortriebsleistung von etwa 4 m/Arbeitsstag zu erzielen; die besten Wochenleistungen lagen im Bereich von etwa 26 m/Arbeitswoche.

4.5 Werkzeugverschleiß

Auf Basis der erwarteten, schwierigen Einsatzbedingungen bewährte sich ein von der bauausführenden Arbeitsgemeinschaft eingesetzter Rundschافتmeißel System Glattschaft 38 mm mit gedrungener Bauform und massivem



Tortendiagramm der angetroffenen Werkzeugverschleißformen (Klassifikation nach [4])

Pie chart of the tool wear forms encountered (classification according to [4])

Hartmetallstift mit 22 mm Durchmesser.

Die Meißelwechsel am Schneidkopf der Teilschnittmaschine wurden durch die Bauausführende in den Schichtberichten vermerkt. Insgesamt wurden 3.153 Meißel ausgetauscht, im Mittel etwa 34 Stück/Schicht. Der mittlere spezifische Meißelverschleiß lag bei 0,28 Meißeln/m³. Insbesondere in Bereichen mit hoher Festigkeit und hohem

backed up the findings on which the remuneration model was based. Thus for instance, the negative correlation of wear and performance was clearly discernible, i.e. lower rates and higher tool wear were registered in more solid rock masses – and vice versa (Fig. 5).

The gross cutting rates documented by the shift reports lie between 5 and 41 m³/h and average roughly 19 m³/h. However the net cutting rate attained is far more significant for the correlation with the rock coefficients, which solely relates to the working time for the cutterhead in the rock excluding all secondary working times and idling times. A rate of 26 m³/h on average (net) was attained here. Thanks to these cutting rates it was possible to arrive at a driving rate of roughly 4 m/working day with the best weekly rates amounting to around 26 m/working week.

4.5 Tool Wear

Based on the expected, tricky working conditions the straight

shaft bit System Glattschaft 35 mm with a compact form and massive 22 mm diameter hard metal pin proved itself.

Changing the bits at the roadheader cutterhead was recorded in the shift reports by the contractors. Altogether 3,153 bits were replaced, on average some 34 per shift. The average specific bit wear amounted to 0.28 bits/m³. However extremely high wear rates of up to in excess of 1.0 bits/m³ were recorded especially in areas with high strength and a high proportion of quartz (please see Fig. 5).

The specific forms of wear for the straight shaft bits were examined more closely within the scope of 4 counts undertaken during the construction phase. Such statistical assessments emerged as an important instrument for indirectly determining the causes of wear and evaluating possibilities for tool optimisation. The most frequent reasons for replacing tools were asymmetrical wear and chip fractures of the hard metal pin – each accounting for 30 %. Forms of



Durchschlag der TSM am Portal Amtmannbühel

Roadheader breakthrough at the Amtmannbühel Tunnel

Quarzanteil wurden aber auch extrem hohe Verschleißraten von bis zu über 1,0 Meißel/m³ erreicht (vgl. Bild 5).

Die spezifischen Verschleißformen der Rundschafftmeißel wurden im Rahmen von vier über die Bauzeit verteilten Auszählungen näher untersucht. Derartige statistische Auswertungen stellen ein wichtiges Hilfsmittel zur indirekten Bewertung der Verschleißursachen und zur Bewertung von Optimierungsmöglichkeiten am Werkzeug dar. Mit jeweils rund 30 % Anteil stellten asymmetrischer Verschleiß und Splitterbrüche des Hartmetallstifts die weitaus häufigsten Ursachen für Werkzeugwechsel dar. Verschleißformen, die auf reinen Abrasivverschleiß zurückzuführen sind, treten demgegenüber anteilmäßig zurück (Bild 6).

5 Fazit

Der Bau der Tunneltrasse unter der Sonnenburg und unter dem Amtmannbühel zählte 2009/2010 zu einem der wichtigsten Verkehrsprojekte in Südtirol. Die beim Tunnelbau aufgetretenen Probleme konnten durch die interdisziplinäre

Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten letztlich erfolgreich gelöst werden (Bild 7).

Obwohl die geologischen Rahmenumstände – kristalline Gesteinsfolgen mit einaxialen Druckfestigkeiten von bis zu 150 MPa – technisch zunächst nicht für einen TSM-Vortrieb sprachen, wurden die Vortriebsarbeiten für den Tunnel Sonnenburg mit einer schweren TSM des Typs WIRTH T3.20 mit geringsten Erschütterungsimmissionen an der darüberliegenden Burganlage durchgeführt.

Dabei haben sich die im Zuge der Machbarkeitsstudie angesetzten Modelle bewährt, mit deren Hilfe die Zusammenhänge von Festigkeit, Trennflächenengefüge, Gesteinszähigkeit und Nettoschneidleistung einerseits sowie Festigkeit, Abrasivität und Werkzeugverschleiß andererseits quantifiziert werden konnten. Diese Modelle haben als grundlegende Werkzeuge für die Risikobewertung zur realistischen Einschätzung der Möglichkeiten und zur Anwendung eines ausgewogenen Vertragsmodells beigetragen. 

wear, which were attributable to pure abrasive wear on the other hand, proportionally occur less frequently (Fig. 6).

5 Summary

Producing the tunnel route beneath the Sonnenburg and the Amtmannbühel was numbered among the most important transport projects in South Tyrol in 2009/2010. The problems that cropped up during tunnelling were ultimately successfully mastered thanks to interdisciplinary collaboration among all those involved in the project (Fig. 7).

Although the geological circumstances – crystalline series of rocks with uni-axial compressive strengths of up to 150 Mpa – were at first against a roadheader

drive as seen from the technical viewpoint – the driving operations for the Sonnenburg Tunnel were tackled using a heavy WIRTH T3.20 roadheader with ultra-low vibration immissions affecting the castle located above.

In this connection the models applied in the course of the feasibility study proved themselves. As a result the interactions of strength, joint plane structure, rock hardness and net cutting rate on the one hand and strength, abrasiveness and tool wear on the other could be quantified. These models contributed towards realistic appreciation of the possibilities and application of a balanced contractual model as basic tools for risk assessment. 

Literatur/References

- [1] Provinz Bozen (2010): Ausbau der Pustertaler Staatsstraße im Gemeindegebiet St. Lorenzen, Untertunnelung der Sonnenburg und Regelung der Zufahrt nach St. Lorenzen: Tunneldurchstich unter der Sonnenburg, 26.05.2010, Informationsbroschüre, herausgegeben durch das Assessorat für Bauten und Vermögen, ladinische Schule und Kultur, Crispistr. 2, 39100 Bozen, 12 Seiten.
- [2] Arbeitsgemeinschaft Dr. Plinninger Geotechnik – hbpm Ingenieure (2009): Projekt Ausbau Pustertalerstrasse SS 49 Abschnitt km 27+300 bis 29+000: Tunnel Sonnenburg / St. Lorenzen – Geotechnische Stellungnahme 2008_D_0032-1: Stellungnahme zur Fräsbarkeit des Gebirges, 47 Seiten, 22 Tabellen, 22 Abbildungen, 7 Anlagen, Bernried/Brixen, 14.01.2010.
- [3] Thuro, K. & Plinninger, R.J. (1998): Geologisch-geotechnische Grenzfälle beim Einsatz von Teilschnittmaschinen. – Felsbau 16: 358-366.
- [4] Plinninger, R.J. (2002): Klassifizierung und Prognose von Werkzeugverschleiß bei konventionellen Gebirgslösungsverfahren im Festgestein. – Münchner Geologische Hefte, Reihe B, 17 – Angewandte Geologie, XI + 146 S., 99 Abb., 36 Tab, München (Hieronymus).



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker im Tunnelbau

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

	Pressluft	compressed air
	Wasser	water
	Beton	concrete



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

 **TechnoBochum**

Streckensicherung nach dem Sprengen mit dem Paus Scaler 853 S8

Untertägige Sprengarbeiten verursachen naturgemäß eine Auflockerung des Gebirges. Dies birgt Gefahren durch loses gesplittertes Material, das insbesondere von der Firste herabfallen kann. Um dieser Gefahr zu begegnen, werden die Firste und die Streckenstöße berissen. Hierzu wird traditionell von Hand mit einer Beraubestange das Gebirge abgeklopft. Anhand des Geräusches und des Aussehens des Gebirges kann der erfahrene Mineur oder Bergmann die Stellen erkennen, die Gefahren bergen und mithilfe der Beraubestange lose Partien herauslösen. Der vorliegende Beitrag stellt ein Verfahren vor, mit dem die Bereiðarbeit mechanisch aus sicherer Arbeitsposition aus durchgeführt werden kann.

1. Berauben und Bereiðen – wichtige Streckensicherung

Das Bereiðen oder Beräumen der Firste und Stöße unter Tage dient im Wesentlichen zur Streckensicherung nach dem Sprengen und zur Unterhaltung. (Anm. der Redaktion: es wird unterschieden in händisch ausgeführt: Bereiðen, maschinell ausgeführt: vom Berauben, jedoch gibt es auch regionale Unterschiede.) Es ist somit ein unabdingbarer Arbeitsgang für den sicheren Vortrieb und Produktionsbetrieb in den Bergwerken. Diese Arbeit erfordert viel Erfahrung im Umgang mit den eingesetzten Werkzeugen – sowohl von Hand als auch maschinell – und setzt gleichzeitig gute geologische und gebirgsmechanische Kenntnisse voraus. Ein erfah-

Dipl.-Ing. (FH) Christian Potthoff, Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH, Emsbüren/D, www.paus.de

rener Mineur oder Bergmann verlässt sich hierbei nicht nur auf sein Auge; eine ebenso wichtige Rolle spielt bei dieser Arbeit das Gehör. Anhand von z.B. dumpferen Klopfgeräuschen können Einschlüsse, Blasen etc. früh erkannt werden. Es soll grundsätzlich nur gefährdendes Material entfernt werden. Hierbei ist speziell bei Arbeiten mit schwerem Gerät „Fingerspitzen-Gefühl“ gefragt, um den Streckenquerschnitt nicht unnötig zu erweitern. Außerdem sollen starke Vibrationen und Schläge nicht zusätzlich das Gebirge erschüttern und schwächen. Vibrationen, Wassereinbrüche oder zeit- und klimaabhängiges Gebirgsverhalten können

Securing the Roadway after Blasting with the Paus Scaler 853 S8

Underground blasting operations naturally cause loosening of the rock. This entails dangers with loose splitters of material, which can fall down especially from the roof. The roof and the ribs are worked to counter this danger. Traditionally this was carried out by hand with the rock being tackled with a scaling bar. Based on the noise and the appearance of the rock the experienced tunneller or miner can identify the places, which are potentially dangerous and remove loose parts with the scaling bar. This report presents a method which allows scaling to be carried out mechanically from a safe working position.

1. Barring down and Scaling – important for Securing the Excavation

Scaling or barring down the roof and ribs underground largely serves to secure the excavation following blasting and for maintenance. It thus represents an essential working step for safe tunnel driving and production in mines. This work calls for a great deal of experience in handling the tools that are applied – both by hand and mechanically – and at the same time depends on good geological and rock-mechanical knowledge. An experienced tunneller or miner does not simply rely on his sense of sight in this respect; his sense of hearing also has an important role to play. Intrusions, voids etc.

can be identified at an early stage through more hollow knocking sounds for instance. Basically only potentially dangerous material should be removed. Towards this end a “fine touch” is required for work with heavy equipment so that the cross-section of the drive is not unnecessarily enlarged. Furthermore strong vibrations and blows must not additionally affect and weaken the rock. Vibrations, water ingresses or time and climate-related rock conditions can result in scaling having to be repeated.

Regardless of the type of scaling a systematic approach and securing that is successively geared to the conditions are essential. In addition good lighting is imperative, particularly given high headings.

Scaling is numbered amongst the most dangerous jobs under-

ein wiederholtes Berauben erforderlich machen.

Unabhängig von der eingesetzten Beraubart ist ein systematisches Vorgehen und eine sukzessive an die Bedingungen angepasste Sicherung erforderlich. Des Weiteren ist eine gute Beleuchtung, gerade bei hohen Strecken, unabdingbar.

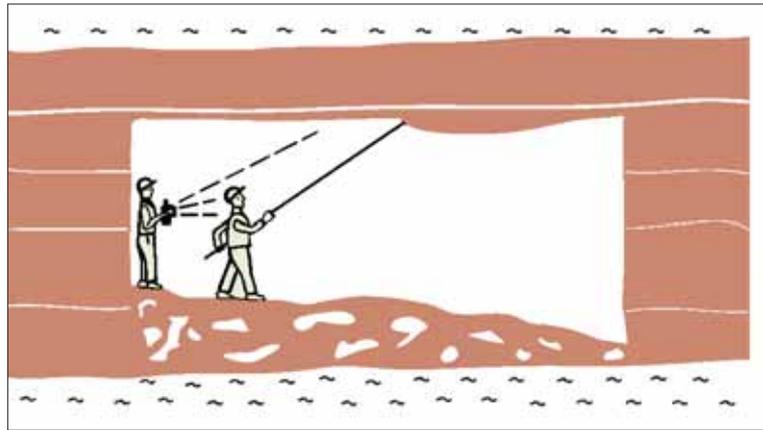
Das Berauben zählt zu den gefährlichsten Arbeiten unter Tage. Durch die vielen unterschiedlichen Bedingungen im Bergbau wie Wetter, verschiedene Gesteinsarten, Gesteinsaufbau, Schichtungen, geologische Lage oder Gebirgsdruck kommt es häufig zu Unfällen durch unerwartete Steinfälle.

2. Beraubarten

Eine grobe Einteilung kann in manuelles Bereißen sowie maschinelle Beraubung vorgenommen werden. Manuelles Bereißen ist gerade in kleineren Tunnel- und Bergbaubetrieben und geringen Streckenquerschnitten noch heute sehr verbreitet. Bei größeren Querschnitten, erhöhter Produktivität und höherer geforderter Sicherheit ist der Einsatz von speziellen oder adaptierten Beraubefahrzeugen anzuraten, wenn nicht unabdingbar. Generell sind eine an die Grubensituation angepasste und geeignete Auswahl des Beraubefahrzeugs erforderlich sowie intensive Schulung und viel „Fingerspitzen-Gefühl“ des Bedienpersonals für dessen effizienten Einsatz.

2.1 Manuell mit Beraubestange

Bei dieser Beraubart wird die Firste mit einer langen, am Einsatzende gekrüpfen Beraubestange aus Stahl (Länge circa Firsthöhe + 1 m)



Bereißen mit Beraubestange vom Abschlag aus Barring down with scaling bar from the round of advance

abgeklopft. Längere Beraubestangen haben üblicherweise einen Aluminiumhohlkörper zur Gewichtsreduzierung mit Wechsellspitzen aus Stahl für unterschiedliche Pick- oder Hebelansätze. Diese sind hierdurch jedoch weniger „Klangkörper“ als die klassischen schweren und massiven Stahlstangen. Die Bereißenarbeit wird häufig vom Haufwerk des gerade hereingesprengten Abschlags aus durchgeführt, um die Distanz zur Firste zu verringern (Bild 1). Beim regelmäßigen Nachbereißen von fertigen Strecken wird oft auch von einer Hubeinrichtung (Steiger, Sprengfahrzeug) aus gearbeitet. In Strecken mit Firsthöhen > 3 m wird von Arbeitsplattformen an entsprechenden Trägergeräten aus gearbeitet.

Die körperlichen und einseitigen Belastungen sind beim manuellen Bereißen sehr hoch, wodurch die Sicherungsarbeiten langsam vonstatten gehen. Einige Jahre Praxis verleihen zwar „Herkulesarme“, gehen aber oft mit starken Rückenproblemen einher.

Der Arbeiter ist hier den Gefahren des Steinfalls direkt ausgesetzt. Ermüdung, schlechte Beleuchtung, Fehleinschätzung der Situation und Arbeiten auf

ground. As a result of the many different conditions prevailing in mining such as ventilation, various types of rock, rock structure, bedding, geological location or rock pressure, accidents caused by unexpected rockfalls are frequent.

2 Types of Scaling

By and large scaling can be divided up into the process as carried out by hand and the mechanised method. Manual scaling is still very much in use today in smaller tunnels and mining operations and small driven cross-sections. In the case of larger cross-sections, greater productivity and higher demanded safety, the application of special or modified scaling vehicles is advisable if not essential. Generally speaking a suitable choice of scaling vehicle that is adapted to the situation in the mine is necessary quite apart from intensive training and the “fine touch” of the operating crew to ensure efficient deployment.

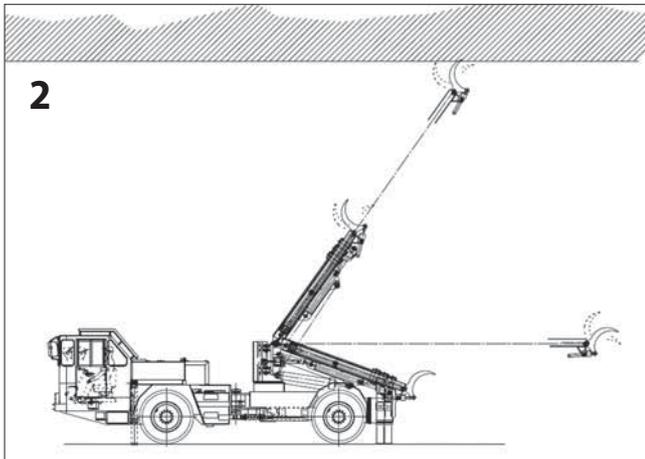
2.1 Manually with Scaling Bar

For this type of scaling the roof is tapped with a long, goose-necked scaling bar made of steel (length circa roof height + 1 m). Longer scaling bars usually possess an aluminium hollow shaft

to reduce the weight with replaceable tips made of steel for different pick or prying applications. As a result these act less as a “sounding board” than the classical heavy and massive steel bars. Scaling work is often undertaken from the heap of excavated material produced during the last round in order to reduce the distance to the roof (Fig. 1). When completed headings have to be scaled at regular intervals the work is often tackled from a hoisting device (aerial platform, blasting vehicle). In headings with roof heights > 3 m work takes place from working platforms on corresponding carrier units. Physically manual scaling work is very demanding and one-sided so that the task in hand of securing the excavation is time-consuming. A number of years on the job may result in developing strong arms but this is often accompanied by serious back problems.

The worker is directly exposed to the dangers of falling rock here. Fatigue, poor ventilation, false appraisal of the situation and working on an uneven surface increase the risk of accidents. Very frequently there are hand injuries caused by falling rocks or ricocheting scaling bars. For safety reasons and on





Paus Uni 50 Beraubefahrzeug für das schälende Berauben. Das hydraulisch bewegliche Werkzeug kann auch zum Aushebeln von Gesteinsbrocken genutzt werden. Es ist ein direkter mechanischer Arbeitsansatz, ähnlich dem Arbeiten mit einer Brechstange. Der Einsatz solcher Fahrzeuge beschränkt sich daher normalerweise auf weiche Gesteinsarten, insbesondere Kali- oder Salzgruben wo auch häufiges Nachreißen erforderlich sein kann

Paus Uni 50 Scaler for scaling by peeling. The hydraulically mobile tool can also be used to pry out blocks of rock. It operates along direct mechanical lines similar to a worker using a crowbar. The application of such machines is thus usually restricted to soft types of rock, especially potash or salt mines where frequent reworking can also be required.

unebenem Untergrund steigern das Unfallrisiko. Sehr häufig sind Handverletzungen durch kleinere Gesteinsfälle oder rückprallende Beraubestangen. Aus Sicherheitsgründen und aufgrund der schnellen Ermüdung wird diese Arbeit grundsätzlich von mindestens zwei Bergleuten ausgeführt. Es ist die Beraubart mit dem höchsten Unfallrisiko bei geringster Effizienz und Geschwindigkeit.

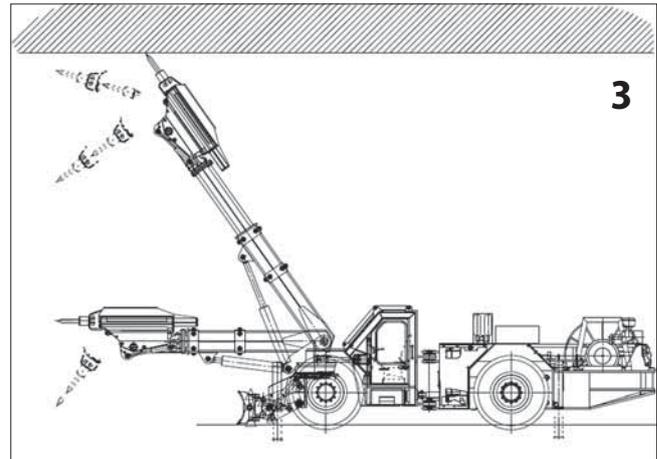
2.2 Schälendes Berauben

Bei dieser Beraubart wird mit einem an einem langen Ausleger montierten Kratz- oder Schälwerkzeug gearbeitet (Bild 2). Der Ausleger ist an einem Grundfahrzeug angebaut, welches eine robuste Bauweise und ein hohes Eigengewicht aufweisen muss, um den Belastungen beim Schälen standzuhalten und dabei ausreichende Standsicherheit zu gewährleisten. Es ist ein rein mechanisches Berauben ähn-

lich dem Arbeiten mit einer Brechstange.

2.3 Schlagendes Berauben

Bei einigen Beraubern werden Pick- oder Kratzwerkzeuge (ähnlich dem schälenden Berauben) hydraulisch in Schwingung versetzt, um diese effizienter zu machen. Generell ist jedoch das Berauben mit einem Hydraulikhammer die derzeit am häufigsten anzutreffende und bei hartem Gestein oft einzig effektiv einsetzbare Beraubart. Je nach Gesteinsarten und Bedingungen werden Hämmer zwischen 150 und 300 kg eingesetzt. Diese werden an robusten Auslegern verschiedenster Bauart montiert. Die Basisfahrzeuge sind auch hier oft schwere Konstruktionen. Häufig kommen auch an die Bedingungen angepasste Hydraulikbagger mit Rad- oder Kettenfahrwerk zum Einsatz (Bild 3). Generell sind zu große Hämmer (ähnlich Gesteinsbre-



Paus Scaler PTS700: Für spezielle Anwendungsfälle je nach Vor-Ort-Bedingungen werden auch große Maschinen mit schweren Hämmern zum Einsatz gebracht, um Aufgaben wie Berauben und Gesteinsbrechen in einem Gerät zu vereinen. Hier mit einem Einsatzgewicht von 31 t und 12,5 m Gesamtlänge für große Höhen bis 10,0 m

Paus Scaler PTS700; for special applications depending on on-site conditions, large machines with heavy hammers are also used to combine tasks such as scaling and rock crushing. The service weight here is 31 t with an overall length of 12.5 m for major heights up to 10 m

account of the speedy onset of fatigue this work is essentially undertaken by at least 2 miners. This represents the type of scaling with the highest risk of accident and the least efficiency and speed.

2.2 Peel Scaling

Work in this case is tackled by a scraping or peeling tool mounted on a long boom (Fig. 2). The boom is attached to a carrier unit, which must be robustly constructed and possess a high operating weight to cope with the loads imposed during peeling and thus provide sufficient stability. This is pure mechanised scaling similar to working with a crowbar.

2.3 Percussive Scaling

In the case of some scalers pick or scraper tools (similar to peel scaling) are operated hydraulically to make them more efficient. Generally though scaling with a hydraulic hammer is cur-

rently the most customary form of scaling to be encountered and often the most effective one for hard rock. Depending on the type of rock and conditions, hammers ranging from 150 to 300 kg are applied. They are mounted on robust booms of different designs. The carrier vehicles are often in this case heavy-duty as well. Often hydraulic excavators with wheel or crawler assemblies are used (Fig. 3). By and large, big hammers (similar to rock crushers) cannot be applied properly as an excessive amount of percussive energy is transferred to the rock. If anything the optimal combination of percussive energy and a high percussion rate is required to produce a seismic effect in order to ensure that the cross-section is not unnecessarily enlarged and only to remove loose, dangerous material. It is optimal and efficient when the blows of the hammer can be carried out in combination with

chern) nicht vernünftig einsetzbar, da zuviel Schlagenergie in das Gebirge eingebracht wird. Es wird viel mehr eine optimale Kombination aus Schlagenergie und hoher Schlagzahl für einen seismischen Effekt benötigt, um den Querschnitt nicht unnötig zu vergrößern und nur loses, gefährdendes Material zu entfernen. Optimal und effizient ist es, wenn die Schläge des Hammers mit der Bewegung des Teleskopauslegers kombiniert entlang der Streckenkontur durchgeführt werden (Profiliereffekt).

3. Paus 853 S8

3.1 Konzept

Der Paus Scaler 853 S8 ist eine Maschine, welche speziell für das Berauben von kleinen bis mittleren Streckenquerschnitten bzw. Firsthöhen entwickelt wurde (Bild 4). Diese Maschine soll hauptsächlich das Bereißen von Hand mit Beraubestangen ersetzen. Hierdurch wird der Bergmann körperlich entlastet und die Sicherheit bei der Durchführung erhöht. Die optimale Arbeitshöhe der Maschine liegt bei 3,0–6,0 m.

3.2 Chassis

Die Basis des 853 S8 ist ein knickgelenktes Fahrgestell mit stufenlosem diesel-hydraulischem Fahrtrieb. Die hintere Pendelachse bietet in Verbindung mit dem permanenten Allradantrieb gute Traktion auch bei schlechten Fahrbahnverhältnissen. Der Fahrerstand ist auf dem Hinterahmen platziert und somit möglichst weit von der Gefahrenstelle (Beraubezone) entfernt. Die ROPS/FOPS-geprüfte Kabine bietet zudem durch die robuste Konstruktion ausreichend Schutz gegen Steinschlag. Durch die Dachscheibe hat der Bediener

eine optimale Sicht auf die Firste und den Hammer. Über den seitlich angeordneten Joystick können alle Funktionen des Auslegers angesteuert werden.

3.3 Ausleger und Hammer

Der Teleskopausleger ist auf dem Vorderwagen an einem Drehturm mit $\pm 45^\circ$ Schwenkwinkel angelenkt (Bild 5). Durch den 2-fachen Teleskopauschub wird eine max. Arbeitshöhe von 8 m erreicht. Auf dem Außenrohr befindet sich ein pfeilförmiger Abweiser der größere Gesteinsbrocken abhält. Der Ausleger bietet mit vielen Freiheitsgraden optimale Einsatzmöglichkeiten vergleichbar mit dem „verlängertem Arm“ des Arbeiters. Bei Einsatz des Hammers und gleichzeitigem Austeleskopieren kann die Firste optimal beraubt werden. Der beste Angriffswinkel des Hammers zur Firste liegt bei 25 bis 40° .

An der Anbauplatte ist der 240-kg-Hydraulikhammer GH2-S von NPK verbaut. Der



4
Paus 853 S8: Kompakte Abmessungen und geringes Einsatzgewicht sorgen für Wendigkeit und Flexibilität. Die schnelle Verfahrbarkeit steigert die Produktivität und ist somit ein großer Vorteil gegenüber Beraubern mit Kettenfahrwerk

Paus 853 S8: compact dimensions and low service weight cater for manoeuvrability and flexibility. Its great mobility increases productivity and thus represents a major advantage over scaling with a crawler-mounted vehicle

the movement of the telescopic boom along the contour of the heading (profiling effect).

3 Paus 853 S8

3.1 Concept

The Paus Scaler 853 S8 is a machine, which was developed for scaling small to medium-sized roadway cross-sections or roof heights (Fig. 4). This machine is mainly intended to replace manual scaling with scaling bars. This means that the physical strain is removed from the miner and

safety enhanced during the scaling process. The machine's optimal working height amounts to 3.0–6.0 m.

3.2 Chassis

The basis of the 853 S8 is an articulated chassis with continuous diesel-hydraulic drive. The rear oscillating axle affords good traction in conjunction with the permanent all-wheel drive even given poor surface conditions. The driver's cab is mounted on the back frame so that it is as far from the danger zone (scaling area) as possible. The ROPS/FOPS tested cab also provides adequate protection against rockfall thanks to its robust design. The operator has an optimal view of the roof and the hammer through the roof window. All the boom functions can be controlled via the joystick arranged at the side.

3.3 Boom and Hammer

The telescopic boom is set up on the front section on a rotary tower with a turning radius of $\pm 45^\circ$ (Fig. 5). A max. working height of 8 m is attained thanks to the 2-fold telescopic extension. An arrow-shaped deflector is mounted on the outer pipe to wend off larger pieces of rock.

Fakten/Facts 853 S8	
Breite Width	1.900 bis 2.000 mm 1,900 to 2,000 mm
Höhe Height	2.300 bis 2.600 mm (je nach Ausführung) 2,300 to 2,600 mm (depending on version)
Knicklenkung Articulated steering	$\pm 40^\circ$, reduzierter Wenderadius $\pm 40^\circ$ reduced turning radius
Einsatzgewicht Service weight	8 t
Dieselmotor Diesel engine	75 kW
Fahrtrieb Drive	Hydrostatisch, 0 bis 18 (20) km/h hydrostatic, 0 to 18 (20) km/h
Betriebs-Standsicherheit Operating stability	Stützschild, Pendelachsblokkierung, Reifenschäumung support shield, oscillating axle locking cylinders, foam tyre sealant
Maximale Hammerhöhe max. hammer height	8 m
Maximaler seitlicher Arbeitsbereich max. lateral working area	9 m

5



Teleskopausleger 853 S8 + NPK GH-2S
Telescopic boom 853 S8 + NPK GH-2S

Ausleger wurde speziell für dieses Hammergewicht ausgelegt. Die Gleitführungen der Teleskoprohre sind aus robusten Materialien gefertigt, welche optimal den permanenten Schlagbelastungen standhalten. Der Hammer wird über eine automatische Schmieranlage kontinuierlich mit Schmierfett versorgt. Die Schlagfrequenz lässt sich von 560 bis 1.200 min⁻¹ optimal auf die verschiedenen untertägigen Bedingungen einstellen.

3.4 Räumschild

Das Räumschild am Vorderwagen erfüllt gleich zwei wichtige Aufgaben bei der Beraubarbeit. Zum einen wird es zum Räumen des eingefallenen Materials auf der Strecke eingesetzt und zum anderen dient es der Abstützung der Maschine, um die Standsicherheit bei der Arbeit zu erhöhen. Das Hubwerk ist durch ein Schutzblech gegen fallendes Gestein geschützt (Bild 6).

3.5 Hydraulik

Beraubemaschinen sind häufig hohen mechanischen und thermischen Belastungen ausgesetzt. Diese Maschinen arbeiten überwiegend direkt vor Ort. Hier ist die Bewitterung oft unzureichend. Das Kühlsystem des 853 S8 ist deshalb für Umgebungstemperaturen von 50°C ausgelegt.

Durch den permanenten Einsatz des Hydraulikhammers

ist das Hydrauliksystem zusätzlich sehr hohen Schmutzbelastungen ausgesetzt. Durch die aufgerichtete Arbeitsposition des Hammers gerät Schmutz über die Verschleißbuchsen in das Hydrauliksystem. Aus diesem Grund ist das Hydrauliksystem in zwei separate Kreise aufgeteilt (Bild 7). Der Kreis für den Hydraulikhammer hat separate Komponenten wie Pumpe, Ventile, Filter und ist somit komplett unabhängig von der restlichen Hydraulik, wie Fahrtrieb oder Bewegungsfunktionen. Spezielles Augenmerk wurde auch auf die Filterung des Hydrauliköls gesetzt. Eine 3-fach-Filterung sorgt für optimale Betriebssicherheit.

Optional kann die Maschine mit einer Staubunterdrückungsanlage ausgestattet werden. Durch eine feine Düse, welche seitlich am Hydraulikhammer angebracht ist, wird das Umfeld mit Wasser benebelt und dadurch der Staub gebunden. Diese Anlage hat sich gerade in trockenen Gruben als sehr nützlich erwiesen, da ohne Sichtbeeinträchtigung durchgehend gearbeitet werden kann.

Die Meißelspülung ist eine weitere Einrichtung am Hammer, um das Hydrauliksystem vor Verschmutzung zu schützen sowie den Verschleiß von Werkzeug und Buchsen zu mindern. Durch einen Kompressor wird der vordere Teil des Hammergehäuses mit

The boom's range of movements provides optimal application possibilities comparable with the worker's "extended" arm. The roof can be scaled optimally when the hammer is applied and the boom simultaneously extended.

The 240 kg hydraulic hammer GH2-S from NPK is set on the assembly plate. The boom was devised especially for this weight of hammer. The sliding guides for the telescopic pipe are made of special materials, which optimally withstand the permanent impact of the blows. The hammer is continuously supplied with lubricating grease via an automatic unit. The impact rate can be varied optimally from 560 to 1,200 min⁻¹ to comply with the various underground conditions.

3.4 Clearing Shield

The clearing shield at the front section simultaneously fulfils 2 important tasks during scaling. Firstly it is applied to clear the fallen material on the roadway and secondly to support the machine in order to increase stabil-

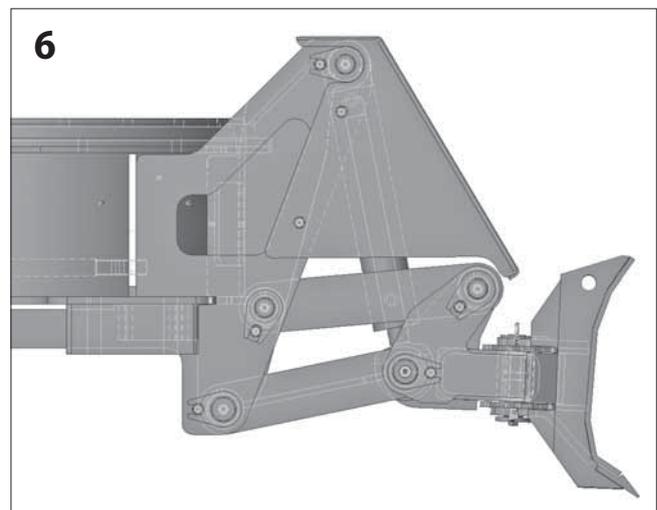
ity during the working phase. The hoisting unit is protected against falling rock by a protective plate (Fig. 6).

3.5 Hydraulic System

Scaling machines are frequently subjected to high mechanical and thermal loads. These machines mainly operate directly at the face. Ventilation is often inadequate here. As a result, the 853 S8 cooling system is devised for surrounding temperatures of 50 °C.

Through the permanent operation of the hydraulic hammer the hydraulic system is also subject to extremely high pollution loads. Through the upright working position of the hammer dirt enters the hydraulic system via the wear bushings. For this reason the hydraulic system is divided into 2 separate circuits (Fig. 7). The hydraulic hammer circuit possesses separate components such as pump, valves and filters so that it operates completely independent of the remainder of the hydraulic system such as the drive or movement functions. Special attention was also paid to filtering the hydraulic oil. A triple filter

6



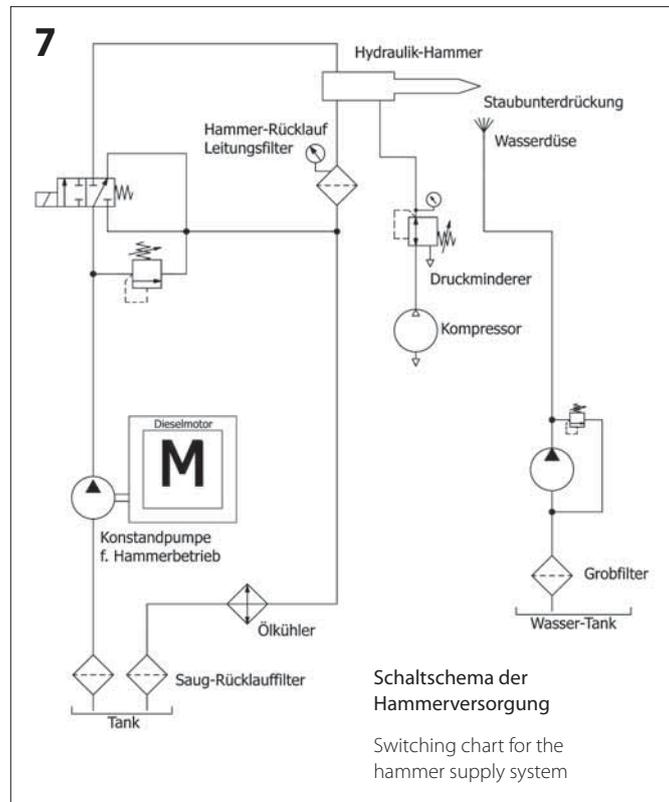
Räumschild, ein Schutzblech schützt das hydraulische Hubwerk
Clearing shield, a protective plate protects the hydraulic hoist

Druckluft beaufschlagt, welche zwischen Buchse und Meißel nach außen entweichen kann. Die ausströmende Druckluft verhindert, dass Staub und Schmutz ins Innere des Hammers gelangen.

3.6 Steuerung „Intelli Scale“

Die Steuerung „Intelli Scale“ des 853 S8 ist eine Entwicklung auf CAN-Bus Basis (Bild 8). Die Steuerung wurde aufgrund folgender Ansprüche entwickelt:

- erhöhte Sicherheit für den Bediener
- erhöhter Bedienkomfort
- optimale Systemüberwachung
- einfache Fehlerdiagnose
- Das zentral angeordnete Display im Armaturenbrett zeigt alle wichtigen Betriebsdaten der Maschine, hierüber lassen



system caters for optimal operating safety.

The machine can optionally be fitted with a dust suppression unit. The environment is sprayed with water thus binding the dust by means of a fine nozzle, which is mounted at the side of the hydraulic hammer. This unit has proved itself to be very useful particularly in dry mines as work can forge ahead unimpeded without visibility being impaired. The bit flushing system at the hammer serves to protect the hydraulic system from wear as well as to reduce wear on the tools and bushes. Compressed air is passed into the front section of the hammer housing by a compressor, which can escape between the bushing and the bit. The released compressed air prevents dust and dirt from entering the hammer's interior.



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

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

WE'LL BE THERE

bauma
2013

15 - 21 April
Hall C2, Stand 417
in Munich

GROUTING SYSTEMS

HÄNY

Häny AG • Buechstrasse 20 • CH-8645 Jona/Switzerland
Tel. +41 44 925 41 11 • Fax +41 44 923 62 45 • info@haeny.com • www.haeny.com

sich auch Parameter einstellen (Bild 9).

3.7 Sicherheitseinrichtung Fluchtfunktion

An erster Stelle steht die Sicherheit des Maschinenführers bei der Beraubearbeit. Um diese noch weiter zu erhöhen, ist die „Fluchtfunktion“ integriert worden. In besonders kritischen Bereichen kann diese über einen Taster am Joystick aktiviert werden. Die Maschine führt dann zeitgleich folgende Funktionen mit maximaler Geschwindigkeit aus:

- Teleskop einfahren,
- Räumschild hochfahren,
- Rückwärtsfahrt einleiten.

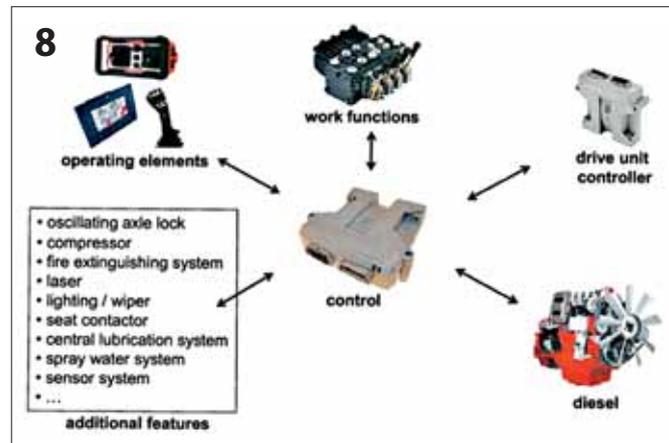
Im Falle eines größeren Firstfalls kann so die Maschine bzw. der Maschinenführer möglichst schnell aus dem Gefahrenbereich gebracht werden.

3.7 Sicherheitseinrichtung Funkfernsteuerung

Eine weitere optionale Sicherheitseinrichtung ist die Funkfernsteuerung. Hierüber können alle Arbeitsfunktionen sowie das Verfahren der Maschine gesteuert werden. In Extremsituationen kann der Bediener dann aus einer gesicherten Position die Beraubarbeit durchführen. Über die Steuerung werden alle betriebsrelevanten Komponenten überwacht und angesteuert.

4. Fazit

Das Bereißen oder Berauben ist eine sicherheitlich äußerst wichtige Arbeit unter Tage im Sprengvortrieb oder in der Streckenwartung. Die vorgestellte Beraubemaschine erleichtert die schwere körperliche Bereißenarbeit der Mineure und Bergleute. Aus sicherer



Steuerung „Intelli Scale“ „Intelli Scale“ control system

Position – entweder geschützt gegen Steinfall in der Fahrerkabine oder mithilfe einer Fernbedienung aus einem sicheren Stand heraus – kann die Maschine eingesetzt werden. Eine intelligente Steuerung in Verbindung mit einer teleskopierbaren und relativ frei beweglichen Beraubeeinrichtung mit angepasstem Hammer sichert eine effiziente und zügige Beraubearbeit vor Ort. Der Aufbau der Maschine mit relativ geringem Gewicht und wendigem Fahrwerk mit Knicklenker sichert eine gute Verfahrbarkeit und eine hohe Produktivität. Eine Notfallsteuerung leitet einen sofortigen, automatisierten Rückzug des Geräts aus der Gefahrensituation ein. 

3.6 „Intelli Scale“ Control

Die „Intelli Scale“ control system for the 853 S8 is devised on the CAN-Bus Basis (Fig. 8). The system was designed based on the following requirements:

- enhanced safety for the operator,
- enhanced operating comfort,
- simple error diagnosis.

The centrally mounted display on the instrument panel shows all essential operating data for the machine, also allowing parameters to be preset (Fig. 9).

3.7 Escape Function Safety Device

Priority is accorded the machine operator during scaling activities. The „escape function“ has been integrated in order

to further enhance this. In the event of especially critical situations this can be activated by a switch on the joystick. The machine then executes the following functions at maximum speed:

- retract telescope,
- raise clearing shield,
- activate reverse drive.

3.7 Remote Control Safety Device

A further optional safety function involves remote control. It enables all working functions such as advancing the machine to be executed. In extreme situations the operator can undertake the scaling work from a safe position. All operationally-relevant components can be monitored and steered by the control system.

4 Summary

Barring down or scaling is an extremely important task to ensure safety underground during drill+blast or for roadway maintenance. The Scaler machine that was presented eases hard manual work for miners and tunnellers. The machine can be operated from a secure position – either protected against rockfall in the cab or using remote control from a safe distance. An intelligent control system in conjunction with a telescopic and relatively free moving scaling device with adapted hammer ensures efficient and speedy scaling operations on-site. The design of the machine with relatively low weight and mobile chassis with articulated steering caters for good handling and high productivity. An emergency control system enables the machine to reverse out of the danger zone immediately. 



Display zur zentralen Steuerung Display for central control system

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

Finnetunnel: Innovative gezielte Fugennachdichtung in Tübbingröhren – Teil 1

Am Finnetunnel in Thüringen/D wurden undichte Fugen der Tübbingauskleidung innovativ nachgedichtet. Ursachen von Undichtigkeiten und mögliche Nachdichtungsmethoden werden in diesem Teil 1 grundsätzlich beschrieben und bewertet. Teil 2 behandelt die im Finnetunnel erfolgreich angewendete innovative Methode.

1 Einleitung

Die durch zusammengepresste Dichtprofile verschlossenen Fugen zwischen den Tübbings sind potenzielle Schwachstellen in einschaligen Tübbingauskleidungen (Bild 1). Die Wasserdichtigkeit einer aus Tübbings zusammengesetzten Tunnelauskleidung wird fast ausschließlich durch die Fugen bestimmt. Die Fugen werden in aller Regel mit umlaufend um die Tübbings eingebauten Profilen aus Elastomer gedichtet. Beim Ringbau werden die Tübbings kraftschlüssig miteinander verbunden, wobei die aus der Betonoberfläche herausstehenden Dichtprofile auf das für die Dichtwirkung erforderliche Maß zusammengedrückt werden [1]. Ungenaue Montage oder sonstige Fehler können die planmäßige Zusammendrückung verhindern. In solchen Fällen sind die Dichtprofile zwar vorhanden, wegen ungenügender Kompression aber nicht voll funktionstüchtig. Bei Überschreitung eines bestimmten Wasserdrucks kommt es zum Durchtritt von Wasser (Bild 2).

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kirschke, Beratender Ingenieur für Felsmechanik und Tunnelbau, Ettlingen/D; **Dipl.-Ing. Hendrik Schällicke**, Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Dieter Kirschke, Ettlingen/D; **Dipl.-Ing. Dirk Fraas** für die Arge Finnetunnel, Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG, München/D

Dieser Beitrag beschreibt eine am Finnetunnel erfolgreich angewendete innovative Methode zur direkten Nachdichtung im Bereich undichter Fugen.

2 Zur Wirkungsweise der Dichtprofile

Die Dichtwirkung der Fugendichtung von Tübbings beruht darauf, dass elastische Profile gegeneinander und zugleich gegen den angrenzenden Beton gepresst werden. Wenn die Pressung an jeder Stelle einer Fuge größer als der angreifende Wasserdruck ist, ist die Fuge dicht. Das Wasser kann dann weder an der Grenzfläche zwischen den zusammengefügteten Dichtprofilen durchtreten, noch außen um die Dichtprofile herumlaufen. Die Kontinuität der Dichtung ist allerdings an den Tübbingecken unterbrochen. Hier stoßen die benachbarten Dichtungen in ihrer Längsrichtung gegeneinander, es gibt eine die Dichtung que-

Finne Tunnel: Innovative targeted Resealing of Segment Bore Joints – Part 1

Leaking joints in the tunnel lining were resealed in an innovative fashion in the Finne Tunnel in Thuringia/D. Cause of leaks and possible resealing methods are described and assessed in principle in Part 1. Part 2 deals with the innovative resealing method successfully applied in the Finne Tunnel.

reseal leaking joints as applied successfully in the Finne Tunnel.

2 How the Sealing Elements work

1 Introduction

The joints closed by compressed sealing elements between the segments are potential weak points in monocoque tunnel linings (Fig. 1). Joints are practically entirely responsible for establishing the watertightness of a segmental tunnel lining. Generally the joints are sealed by elastomere gaskets installed continuously around the segments. When the ring is assembled the segments are coupled with one another with the sealing elements projecting from the concrete surface compressed to the degree needed to arrive at the sealing effect [1]. Inaccurate assembly or other errors can prevent scheduled compression. Although the sealing elements in such cases are in place they are unable to function completely on account of a lack of compression. Water can intrude should a certain water pressure be exceeded (Fig. 2). This report describes a method to directly

The waterproofing effect of the segment joint seal is based on elastic gaskets, which are compressed against each other and at the same time against the adjoining concrete. Providing compression at every point of a joint is greater than the invasive water pressure, the seal is tight. Then the water cannot penetrate the boundary layer between the compressed sealing elements nor can it find a way around the sealing element. However the seal's continuity is interrupted at the corners of the segment. The neighbouring seals come up against each other in a longitudinal direction resulting in a joint that transverses the seal. This joint is at right angles to the direction of compression applied during the installation of the ring. The 2 elements have to be compressed against each other in their longitudinal direction so that the joint remains watertight. This is only possible indirectly via the transverse expansion of

rende Fuge. Diese Fuge steht rechtwinklig zur Richtung der beim Ringbau aufgebracht Pressung. Damit auch sie wasserdicht wird, müssen die beiden gestoßen Profile in ihrer Längsrichtung gegeneinander gepresst werden. Dies ist nur indirekt über die Querdehnung der Profile möglich. Die Kunst des Dichtungsdesigns besteht darin, durch Kombination von Materialeigenschaften, äußerer Form und inneren Hohlräumen eine lückenlos ausreichende Pressung der aneinandergrenzenden Dichtprofile in beiden dichtungsrelevanten Richtungen zu erreichen.

3 Mögliche Schwachstellen im Dichtungssystem für die Tübbingfuge

An die geometrische Genauigkeit der Tübbings und der Dichtrahmen werden höchste Anforderungen gestellt. Die Dichtwirkung und die mechanischen Eigenschaften der Dichtprofile werden mit fest vorgegebenen Prüfmethode untersucht und müssen ganz bestimmte Kriterien erfüllen. Selbst gewisse Unvollkommenheiten des Einbaus werden im Prüfprogramm simuliert [2, 3]. Von daher kann eine ausreichende Abdichtung gegen den angesetzten Bemessungswasserdruck als gesichert angenommen werden, solange sich die Tübbingmontage innerhalb der Toleranzgrenzen bewegt.

Wenn es doch immer wieder zu Undichtigkeiten kommt, so liegt das in den meisten Fällen an Montagefehlern. Diese Fehler lassen sich teilweise als Überschreitung von Toleranzvorgaben einstufen, teilweise handelt es sich aber auch um nicht klassifizierte und in den

Tests daher auch nicht erfasste Montagesituationen innerhalb der Toleranzen. Daneben können selbstverständlich auch Beschädigungen der Tübbings oder der Dichtrahmen bei der Montage sowie infolge späterer Beanspruchungen Ursache von Undichtigkeiten sein.

3.1 Toleranzüberschreitungen

Toleranzüberschreitungen können sein:

- Größerer Querversatz zwischen den beiden gegeneinander gepressten Dichtprofilen mit der Folge einer minimalen oder gänzlich fehlenden Kontaktfläche (Bild 3).
- Größerer gegenseitiger Abstand der Tübbings mit der Folge einer ungenügenden Kompression der Dichtprofile.

3.2 Sonstige montagebedingte geometrische Fehler

Sonstige montagebedingte geometrische Fehler können sein:

- Größerer Höhenunterschied zwischen den Dichtrahmenecken benachbarter Tübbings eines Rings aufgrund ungenauer Montage. Beim Bau des nächsten Rings entsteht ein T-Stoß mit örtlich ungenügender Kompression oder gar einer Abdichtungslücke.
- Extremer Höhenunterschied der Dichtrahmenecken aufgrund der Ablösung des Dichtrahmens aus der Verklebung und Verschiebung längs der Dichtungsnut (Bild 4), wodurch auf jeden Fall eine Abdichtungslücke entsteht.
- Herauswölben und Ablösen des Dichtrahmens in der Ringfuge nahe einer Längsfuge infolge deren planmäßiger Kompression. Die eigentliche

the elements. The art of profile design involves attaining complete adequate compression in both directions relevant for waterproofing by combining material properties, external form and internal cavities.

3 Possible weak Points in the Waterproofing System for the Segment Joints

The highest demands are placed on the geometrical accuracy of the segments and sealing frames. The sealing effect and the mechanical properties of the sealing elements are investigated by firmly prescribed test methods and must fulfil certain criteria. Even certain inadequacies during installation are simulated in the test programme [2, 3]. As a result, adequate sealing against the dimensioned water pressure can be presupposed providing segment assembly adheres to the tolerance limits.

Should leaks recur at frequent intervals then this is mainly caused by assembly errors. These errors in some cases can be clas-

sified as exceeding tolerance specifications. However, they can also result from assembly situations within the tolerances, which have not been classified and thus have not been considered in the tests. Quite apart from this of course, damage to the segments or the sealing frames during assembly as well as a result of subsequent strains can cause leaks.

3.1 Exceeding Tolerances

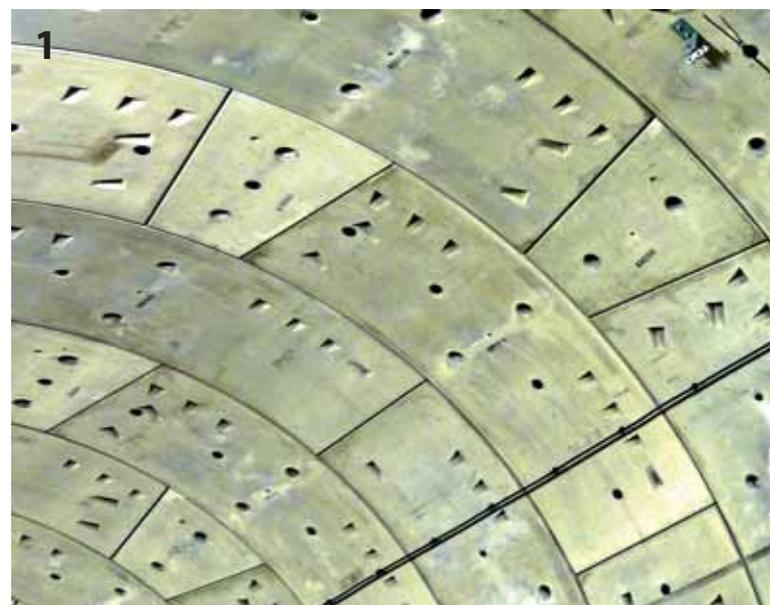
Tolerances can be exceeded owing to:

- Major misalignments between the 2 opposite compressed sealing elements resulting in a minimal or completely lacking contact area (Fig. 3).
- A major gap between the segments resulting in insufficient compression of the sealing elements.

3.2 Other assembly-related geometrical Errors

Other assembly-related geometrical errors can be:

- Major difference in height between the sealing frame



Ring- und Längsfugen einer Tübbingröhre

Annular and longitudinal joints of a segment bore

Ursache liegt in der unpassenden Gestaltung der Rahmenecken. Die Ablösung aus der Nut kann ebenso zur Undichtigkeit führen wie der örtliche Materialüberschuss.

- Fehllage der Dichtprofile durch Umbiegen, Verdrecken oder seitliches Wegschieben aufgrund falscher Bewegungsabläufe beim Ringbau.

3.3 Beschädigungen beim Einbau und danach

Beschädigungen beim Einbau und danach können sein:

- Überdehnung, Herausfallen, Zerreißen des Dichtprofils durch Gewalteinwirkung bei Fehlmanipulationen.
- Bewusstes Abschneiden verschobener und abgelöster Dichtrahmenteile, die aus der Stirnfläche des zuletzt gebauten Rings herausragen.
- Abplatzung des Betons bergseitig der Dichtungsnut durch Kollision mit Stahlteilen des Schildes aufgrund grober Fehlmanipulation des Erektors.
- Abplatzung des Betons bergseitig der Dichtungsnut infolge ungeeigneter Tübbinggeometrie oder zu großer Anfangssteifigkeit des Dichtprofils. Die Gefahr des Abplatzens ist an den Tübbingecken am größten. Die exponierte Position einer Ecke als solche, die besonderen Bedingungen bei der Ringmontage und die häufig höhere Steifigkeit der Dichtrahmenecken machen diese Stellen besonders anfällig für Abplatzungen.
- Abplatzung des Betons bergseitig der Dichtungsnut infolge zu starker Kompression des Dichtprofils bei Verdre-

corners of neighbouring segments of a ring on account of imprecise assembly. When the next ring is assembled, a T-joint with locally inadequate compression or even a gap in the sealing system ensues.

- Extreme difference in height of the sealing frame corners on account of the sealing frame loosening from bonding and misalignment along the sealing groove (Fig. 4), thus resulting in a gap in the sealing system.
- Bulging and loosening of the sealing frame in the annular joint close to a longitudinal joint as a result of its scheduled compression. The actual cause is attributable to the unsuitable shape of the frame corners. Loosening from the groove can also lead to leakage just as a local surplus of material.
- False positioning of the sealing element as a result of bending, becoming dirty or lateral misalignment owing to a faulty sequence of movements during ring installation.

resulting from unsuitable segment geometry or excessive initial stiffness of the sealing element. The danger of spalling is greatest at the corners of the segment. The exposed position of a corner as such, the special conditions during ring assembly and the frequently higher stiffness of the sealing frame corners make these places particularly susceptible for spalling.

- Spalling of the concrete adjacent to the sealing groove resulting from excessive compression of the sealing element should neighbouring ring segments become distorted around their common longitudinal joint. This cause of spalling results from unfavourable interaction between the segment geometry, sealing element stiffness and ring deformation. This is admittedly improbable but cannot be entirely precluded given extremely small hinge neck width and application of sealing elements with a very small chamber volume and high filling level.

3.3 Damage during Installation and subsequent

Damage can be:

- The sealing element overexpands, falls out or tears on account of the effect of force given false manipulation.
- Deliberate removal by cutting off displaced or loosened sealing frame parts, which project from the face surface of the previously installed ring.
- Spalling of the concrete adjacent to the sealing groove resulting from colliding with steel parts of the shield owing to false manipulation of the erector.
- Spalling of the concrete adjacent to the sealing groove

3.4 Loss of applied Sealing Element Compression

The compression or pre-tensioning needed for the required sealing effect, which was established in the tests, is perforce secured by the segment geometry and the properties of the sealing element providing the segment is installed correctly. The maximum possible compressions and in turn, tension are attained in the longitudinal joints, providing that the segments that are arranged alongside one another touch. In the annular joints, which are generally provided with thin spacer plates, the plates come together as



Wasserzutritt aus einer Ringfuge
Water ingressing from an annular joint

hung benachbarter Tübbings eines Rings um die gemeinsame Längsfuge. Diese Ursache der Abplatzung setzt ein ungünstiges Zusammenspiel von Tübbinggeometrie, Dichtprofilsteifigkeit und Ringverformung voraus. Dies ist zwar unwahrscheinlich, aber insbesondere bei sehr kleiner Gelenkhalsbreite und Verwendung von Dichtprofilen mit sehr geringem Kamervolumen und hohem Füllungsgrad nicht gänzlich auszuschließen.

3.4 Verlust der aufgebrauchten Dichtprofilkompression

Die in Versuchen ermittelte, für die geforderte Dichtwirkung erforderliche Zusammendrückung bzw. Vorspannung der Dichtprofile wird bei korrektem Tübbingeinbau zwangsläufig durch die Tübbinggeometrie und die Eigenschaften des Dichtprofils sichergestellt. In den Längsfugen wird die maximal mögliche Zusammendrückung und damit auch Spannung erreicht, wenn sich die hier aneinandergrenzenden Tübbings berühren. In den Ringfugen, die im Regelfall mit dünnen Abstandhalterplatten belegt sind, tritt an die Stelle des Betonkontakts die planmäßige Zusammendrückung der Platten durch die Vortriebspresen. Diese Pressen wirken bei richtiger Bedienung kontinuierlich auch während des Ringbaus. Damit ist die dauernde Zusammendrückung der Tübbingröhre gewährleistet, und eine einmal erreichte Kompression der Dichtung kann in den Ringfugen nicht mehr durch Zurückfedern verloren gehen. Allerdings ist das Wirken der Vortriebspresen noch keine Gewähr für eine ausreichende

Kompression der Dichtung an allen Tübbings eines Rings. Bei zu früher Verschraubung in den Längsfugen ist es durchaus möglich, dass ein gerade eingebauter Tübbing von den wieder angesetzten Vortriebspresen nicht mehr bis gegen den Nachbarring geschoben werden kann. Damit unterbleibt auch die erforderliche Kompression der Dichtung in der Ringfuge.

Im Gegensatz zu den Ringfugen werden die Längsfugen allein durch die Kraft des Erektors zusammengedrückt. Die dabei erreichte Kompression der Dichtung muss durch sofortige Verschraubung noch vor dem Wegnehmer des Erektors gesichert werden. Die Schrauben müssen die Rückstellkräfte der Dichtung aufnehmen, bis der Tübbing fest vom erhärteten Ringspaltmörtel umgeben ist. Bei unzureichender Vorspannung der Schrauben ist es möglich, dass ein Teil der Dichtungskompression vorher durch Zurückfedern verloren geht. Auch beim späteren Ausbau der Schrauben kann es noch zu einer solchen Entspannung kommen, wenn die Tübbingröhre wegen fehlerhafter Ringraumverfüllung nicht ausreichend gebettet ist.

4 Erkenn- und Korrigierbarkeit von Schwachstellen beim Vortrieb

Im vorigen Kapitel wurden viele mögliche Ursachen von Undichtigkeiten beschrieben. Abgesehen von Systemfehlern, wie ungeeigneten Dichtprofilen, zu steifen Dichtrahmenecken oder falscher Tübbinggeometrie, sind die meisten Undichtigkeiten auf Fehler beim Ringbau zurück-



Undichtigkeit wegen unzulässig großem Versatz zwischen benachbarten Tübbings

Leak caused by excessively large misalignment between neighbouring segments

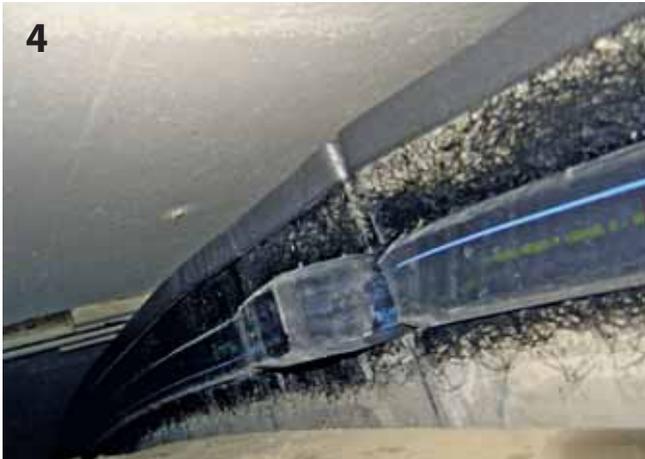
intended thanks to the thrusting jacks instead of concrete contact. If operated properly these jacks work continuously during ring installation as well. In this way the sustained compression of the segment bores is assured and once the seal has been compressed in the annular joints this can no longer be lost through resilience. At the same time, the action of the thrusting jacks is no guarantee for adequate compression of the seal for all segments of a ring. In the event of premature fitting in the longitudinal joints it is definitely possible that a segment that has just been installed cannot actually be pushed against the neighbouring ring when the thrusting jacks are reapplied. In this way the compression required for the seal in the annular joint is absent.

In contrast to the annular joints the longitudinal joints are compressed only by the erector force. The seal compression attained in this manner must be secured through immediate engagement prior to the removal

of the erector. The bolts must accept the seal's restoring forces until the segment is firmly surrounded by hardened annular gap mortar. Providing the bolts are sufficiently pretensioned it is possible that a portion of the seal compression is lost through resilience. Such stress relief can also result when the bolts are subsequently removed if the segmental bore is inadequately embedded due to faulty filling of the annular gap.

4 Recognising and Correcting weak Points during Driving

In the previous chapter many possible causes of leaks were described. Apart from system errors such as unsuitable sealing elements, excessively stiff sealing frame corners or faulty segment geometry, the majority of leaks are attributable to errors during ring installation. All deviations from the prescribed tolerances and other assembly instructions are to be understood as errors. However a distinction must be



Extremer Höhenunterschied der Dichtrahmen in der Ringfuge
Extreme height difference of the sealing frame in the annular joint

zuführen. Als Fehler sind alle Abweichungen von den Toleranzvorgaben und sonstigen Einbauvorschriften zu verstehen. Hierbei ist allerdings zu unterscheiden zwischen vortriebsbedingt unvermeidbaren Abweichungen, etwa bei Erfordernis starker Richtungskorrekturen, und Fehlern aufgrund mangelnder Sorgfalt. Die Dauer des Ringbaus hat wesentlichen Anteil an der Vortriebsleistung. Sie lässt sich durch gute Organisation und Routine beträchtlich verkürzen, darüber hinaus aber nur noch durch Mut zur Imperfektion. Das genaue Einpassen eines Tübbings unter Beachtung aller geometrischen und abdichtungstechnischen Erfordernisse kann bisweilen mehrere Anläufe erfordern und einige Minuten Zeit kosten (Bild 5). Je Ring kann durchaus eine Differenz von 10 Minuten und mehr entstehen. Die durch weniger genaues Arbeiten bedingten Undichtigkeiten sind damit der Preis für die Erreichung einer hohen Vortriebsleistung. Von daher ist es folgerichtig, dass der Aufwand für Nachdichtungsarbeiten vom AN getragen wird. Solange im Endzustand die geforderte

Dichtigkeit dauerhaft erreicht wird, ist es nur eine Frage der Wirtschaftlichkeit, ob der Schwerpunkt auf Vermeidung oder Nachbesserung von Undichtigkeiten gelegt wird.

Das Optimum liegt gewiss zwischen den Extremen einer zeitraubenden Millimeterarbeit und dem schnellstmöglichen Ringbau ohne Rücksichtnahme auf die Belange der Abdichtung. Es lohnt sich kaum, in die Verhinderung jeglicher Undichtigkeiten zu investieren, solange die Nachbesserung einzelner Fehlstellen grundsätzlich möglich ist und bei Durchführung nach Vortriebsende nicht auf dem kritischen Weg liegt. Noch weniger wirtschaftlich dürfte es sein, eine fast überall undichte Tunnelröhre herzustellen. Hier können die Nachdichtungsarbeiten nicht nur sehr teuer, sondern auch bauzeitrelevant sein. Bei besonders groben Fehlstellen wird auch schnell die Grenze der Machbarkeit einer Nachdichtung erreicht, mit dem Risiko der Minderung oder einer verweigerten Abnahme. Hieraus folgt, dass ein gewisses Mindestmaß an Sorgfalt beim Ringbau nicht unterschritten

drawn in this case between deviations caused inevitably by driving, say if major directional corrections are required, and errors owing to carelessness. The duration of ring assembly exerts a considerable influence on the rate of advance. It can be substantially shortened thanks to good organisation and routine quite apart from the courage for imperfection. The exact assembly of a segment taking all geometric and sealing technical aspects into account can require a number of attempts and several minutes' time (Fig. 5). A difference of 10 min or more can be the outcome per ring. The leaks caused by less precise work thus represent the price for attaining a high rate of advance. Thus it is logical that the outlay for resealing operations is carried by the contractor. Providing that the required tightness is permanently arrived at in the final state, it is only a question of economy whether emphasis is placed on avoiding or repairing leaks.

Certainly the optimum lies between the extremes of time-consuming work accurate to the millimetre and the fastest possible ring assembly without considering sealing requirements. It is scarcely worthwhile investing in preventing leaks, providing it is essentially possible to repair individual defects and that their execution following the conclusion of driving does not lie on the critical path. It would certainly be less economic to produce a tunnel bore that leaks practically throughout. In this case resealing operations would be extremely expensive quite apart from influencing the construction time. The feasibility limit for resealing is soon arrived at given particularly large defects together with the risk of reduction in value or

acceptance being refused. Consequently it is evident that a certain amount of care is essential for ring assembly. This has to be assured by self-supervision as well as through the client's construction supervision.

Monitoring directly following installation of the segments is best as most avoidable leaks result during this phase. It is only possible to prevent errors now. Crude warps and excessively wide joints can be identified at once visually and it is easy to correct them through realignment. The next control opportunity comes along after ring assembly is concluded when the evenness of the frontal area and the sealing element's correct position are examined. Serious errors can still be corrected through partial or complete disassembly of the ring and subsequent reassembly. This represents the final opportunity for correction. Should geometrical errors or water ingresses then be established, the segments can no longer be removed. As a result, strict monitoring of ring assembly including the subsequent checking of the frontal area (ring area) is imperative. Following this check the green light should formally be given to continue driving.

Checking the segment shell behind the tunnelling machine is of secondary importance owing to the lack of correction possibilities. However the systematic processing of assembly errors and water ingresses can at least result in technical changes for subsequent ring assembly and prevent systematic errors being continued. It is also advisable to allocate errors to different driving shifts to differentiate between basic causes and those due to personnel.

werden darf. Dies sollte sowohl durch Eigenüberwachung, als auch durch die BÜ des Bauherrn sichergestellt werden.

Am effektivsten ist die Überwachung unmittelbar beim Einbau der Tübbings, da die meisten vermeidbaren Undichtigkeiten in dieser Phase verursacht werden. Fehlerverhinderung ist nur jetzt möglich. Zumindest grobe Versprünge und zu breite Fugen können visuell sofort festgestellt werden, eine Korrektur durch Neuausrichtung ist leicht möglich. Die nächste Kontrollmöglichkeit besteht am Ende des Ringbaus, wenn die Ebenföchigkeit der neu entstandenen Stirnfläche und die korrekte Lage der Dichtprofile überprüft werden. Ernsthafte Fehler können noch durch teilweise oder auch völlige Demontage des Rings und anschließenden Wiedereinbau behoben werden. Dies ist die letzte Korrekturmöglichkeit. Werden geometrische Fehler oder auch bereits Wasserzutritte später festgestellt, ist ein Ausbau der Tübbings nicht mehr möglich. In diesem Sinne empfiehlt sich eine strenge Überwachung des Ringbaus einschließlich der abschließenden Kontrolle der Stirnfläche (Ringspiegel). Nach dieser Kontrolle sollte die Fortsetzung des Vortriebs förmlich freigegeben werden.

Die Kontrolle der Tübbingschale hinter der TVM ist wegen der fehlenden Korrekturmöglichkeit von nachrangiger Bedeutung. Allerdings kann die systematische Erfassung von Einbaufehlern und Wasserzutritten zumindest noch die Veranlassung technischer Änderungen bei weiterem Ringbau ermöglichen und das Mitschleppen systematischer

Fehler verhindern. Auch eine Zuordnung von Fehlern zu den verschiedenen Vortriebschichten ist empfehlenswert, um zwischen grundsätzlichen und personell bedingten Ursachen unterscheiden zu können.

5 Mögliche Nachdichtungsmethoden und ihre Bewertung

5.1 Grundsätzliche Methoden

Eine nachträgliche Korrektur der zu Undichtigkeiten föhrenden Montagefehler ist technisch praktisch ausgeschlossen. Eine fertig eingebrachte Tübbingschale muss so akzeptiert werden, wie sie ist. Leckstellen können deshalb nur durch ein zusätzliches Dichtelement abgedichtet werden. Grundsätzlich kommen hierfür verschiedene Lösungen in Betracht:

- Einbau eines zweiten Dichtungssystems luftseitig, unabhängig vom ersten Dichtungssystem. Nach diesem Prinzip wird bei einem zweischaligen Ausbau vorgegangen.
- Luftseitiger Verschluss der Fugen durch Verguss, Verpressen oder Ausstemmen.
- Bergseitiges Hinterlegen der Tunnelröhre durch Injektion, um vollflächig eine Dichthaut oder dichtende Schicht zu erzeugen.
- Bergseitiges Hinterlegen der Fugen, um die um die Dichtprofile herumföherenden Wasserwege von außen zu verschließen.

Zu a): Der nachträgliche Einbau einer zweiten vollflächigen Abdichtung auf der Innenseite der Tübbingschale scheidet bei einer einschalig konzipierten Tunnelauskleidung allein schon aus Platzgründen aus. Auch die mit einer solchen Lö-

5 Possible Resealing Methods and their Rating

5.1 Basic Methods

Subsequent correction of assembly errors leading to leaks is practically excluded in technical terms. A segmental shell that has been completely installed must be accepted as it is. As a result, leaks can only be sealed by an additional sealing element. Essentially various solutions can be entertained for this purpose:

- Installation of a second sealing system on the outer side independent of the first sealing system. This is the principle adopted by a twin-shell support.

b) Closing the joints on the outer side by grouting, injecting or caulking.

c) Injecting behind the tunnel bore to create a full-scale watertight zone or sealing layer.

d) Injecting behind the joints in order to close the paths of water circulating around the sealing elements from the outside.

Regarding a): Subsequent installation of a second large-area seal on the inner side of the segmental shell is precluded alone on account of a lack of space in the case of a single-shell tunnel lining. The additional costs and hold-ups to construction also speak against such a solution.



Feinarbeit bei der Tübbingmontage
Precision work during segment assembly

sung verbundenen Mehrkosten und Bauverzögerungen sprechen eindeutig dagegen.

Zu b): Der luftseitige Verschluss der Fugen ist grundsätzlich eine Möglichkeit zur kontrollierten drucklosen Abführung kleiner Leckwassermengen. Allerdings bedarf die Maßnahme einer dauernden Kontrolle und Wartung. Die Dichtelemente dürfen nicht herausfallen, und die Wasserwege müssen offengehalten werden. Selbstverständlich setzt die Leckwasserabführung voraus, dass diese wasserwirtschaftlich zulässig ist und vom späteren Betreiber des Tunnels hingenommen wird. Dieses Konzept ist zwar möglich, wird aber von den Autoren als minderwertig angesehen. Ein druckwasserdichtes Verschließen der Fugen auf der Luftseite unter Verzicht auf eine Dränage des Leckwassers ist bei den aktuell verwendeten Tübbings nahezu unmöglich oder aber viel zu aufwändig und nicht praktikabel.

Zu c): Bei ungezielter Verpressung der Tunnelumgebung ist ein nachhaltiger Dichtungserfolg allenfalls als Zufallsergebnis zu erhoffen. Beträchtlicher Materialeinsatz, das vielfache Durchbohren der Tübbings und mögliche Umweltgefährdungen stehen einer geringen Erfolgswahrscheinlichkeit gegenüber. Injektionen der Tunnelumgebung sind zwar zur Unterbrechung einer Längsläufigkeit bei wasserwirtschaftlich geforderten Schotts oder Dammringen üblich, zur Herstellung einer dichten Tübbingschale aber ungeeignet.

Zu d): Letztlich ist die vollwertige Nachbesserung nur dadurch zu erreichen, dass die eigentliche Fehlstelle ver-

schlossen wird. Geeignetes Dichtmaterial muss genau dorthin gebracht werden, wo es den bestehenden Wasserweg wirkungsvoll unterbrechen kann. Je gezielter dies geschieht, desto größer ist die Erfolgchance und desto geringer der erforderliche Materialverbrauch. Nachstehend werden die verschiedenen möglichen Techniken der gezielten fugennahen Verpressguteinbringung beschrieben.

5.2 Fugennahes Einbringen von Injektionsgut

Die Dichtprofile befinden sich in den Tübbingfugen nahe der Tübbingaußenkante. Ganz am Rand ist noch ein Schaumstoffband angeordnet, um ein Eindringen von Ringspaltmörtel in die Fuge zu verhindern (Bild 6). Ein Dichtmittel, das Undichtigkeiten der Fugendichtung verstopfen oder verkleben soll, muss auf jeden Fall zunächst in den Fugenspalt zwischen Abdichtung und Schaumstoffstreifen gelangen. Dies ist auf verschiedene Weise möglich:

- a) Schräges Anbohren durch den Tübbing und direktes Einpressen des Injektionsguts.
- b) Radiales Durchbohren des Tübbings neben der Fuge.
- c) Ausstattung ausgewählter oder aller Tübbings mit einem Injektionssystem für den Bedarfsfall.
- d) Bohren eines radialen Verpresskanals durch die komprimierten Profile.

Zu a): Das Injektionsgut kann sich bei entsprechendem Druck und Materialeinsatz weit in dem von Ring- und Längsfugen gebildeten Raster ausbreiten. So kann theoretisch auch eine von der Einpressstelle weiter

Regarding b): Closing the joints at the outer side is essentially a possibility of removing small amounts of leaking water in a controlled manner without pressure. However the method requires continuous control and maintenance. The sealing elements must not be permitted to fall out, and the water paths must be kept open. It goes without saying that the removal of leaking water depends on whether this is permissible in terms of water management and acceptable to the subsequent tunnel operator. Although this concept is feasible it is nonetheless regarded as inferior by the authors. Water pressure-tight joint closure at the outer side without resorting to draining off the leaking water is practically impossible given the segments currently in use or far too complicated and impractical.

Regarding c): Sustained success in sealing the tunnel surrounding area following random grouting can only be arrived accidentally. Substantial application of material, the need to drill through the segments on numerous occasions and possible environmental dangers stand opposed to a slight probability of success. Admittedly injections are customary for restraining a bulkhead or damming rings in water management but unsuitable for producing a tight segment shell.

Regarding d): Ultimately it is only possible to accomplish the complete repair if the defect is entirely closed. Suitable sealing material must be transported to the very spot, where it can effectively interrupt the existing water path. The more effectively this is carried out, the greater the chance of success and the lower the consumption of material are.

In the following the various possible techniques for targeted application of grout material to the joints are described.

5.2 Applying Injection Material to the Joints

The sealing elements are located in the segment joints close to the outer edge of the segment. A foam strip is attached to the extreme edge to prevent annular gap mortar from penetrating the joint (Fig. 6). A sealing agent, which must plug or cement the leaks in the joint seal, must first of all, be placed in the joint gap between the seal and foam strip. This can be accomplished in several ways:

- a) Inclined drilling through the segment and direct grouting of the injection material.
- b) Radial drilling through the segment next to the joint.
- c) Furnishing selected segments or all of them with an injection system in case of need.
- d) Drilling a radial grouting channel through the compressed element.

Regarding a): The injection material can spread far into the grid formed by the annular and longitudinal joints given corresponding pressure and application of material. Thus, in this way in theory, a leak remote from the grouting point can be reached and dealt with. Depending on the nature and the setting time of the injection material, however, technical and economic limits are posed. An agent that becomes viscous or stiff too quickly does not reach the source of the leak; with a material that is highly fluid the pressure needed to plug the defect cannot be attained in spite of high material consumption. The enormous technical outlay

entfernte Undichtigkeit erreicht und behandelt werden. Je nach Art und Abbindezeit des Injektionsmittels sind allerdings technische und wirtschaftliche Grenzen gesetzt. Ein zu schnell dickflüssig oder steif werdendes Mittel erreicht die undichte Stelle gar nicht, mit einem lange dünnflüssigen Material lässt sich trotz hohem Materialverbrauch nicht der für ein Verstopfen der Fehlstelle erforderliche Druck aufbauen. Häufig vorgebrachte Argumente gegen schräges Anbohren sind der große bohrtechnische Aufwand und die Beschädigung des Tübbings einschließlich seiner Bewehrung.

Zu b): Radiales Durchbohren des Tübbings neben der Fuge ist bohrtechnisch wesentlich einfacher als schräges Bohren. Das Anbohren von Bewehrung lässt sich ganz oder weitgehend vermeiden. Allerdings mündet die Bohrung an der Tübbingaußenfläche an der Grenze zum Ringspaltmörtel. Das eingepresste Injektionsgut breitet sich von dort in den Poren des Mörtels und in einem etwa vorhandenen Spalt zwischen Tübbingaußenfläche und Mörtel aus. Gelangt es zur nahegelegenen Fuge, muss es dort noch das Schildschwanzfett und den zusammengedrückten Schaumstoffstreifen überwinden, um an seinen Bestimmungsort zu kommen. Die Erfolgsaussichten einer derartigen, extrem indirekten Verpressung sind naturgemäß gering. Der Materialverbrauch kann sehr klein sein, wenn sich kein Weg für die Ausbreitung findet. Er kann aber auch sehr hoch sein, ohne dass das Abdichtungsziel erreicht wird.

Zu c): Zur Aktivierung des Injektionsystems wird eine

Verschraubung geöffnet oder eine bestimmte Stelle der Tübbinginnenfläche angebohrt, um einen einbetonierten Schlauch zu erreichen (Bild 7). Dieser Schlauch führt genau in die Flanke des zu verpressenden Raums hinter der Abdichtung. Damit wird dasselbe Ziel erreicht wie im Fall der Schrägbohrungen, aber ohne den Aufwand für das zielgenaue Bohren und ohne Beschädigung des Tübbings. Nachteilig sind die erhöhten Herstellungskosten für den Tübbing. Deshalb wurden in den bisherigen Anwendungsfällen immer nur einzelne Tübbings mit einem Injektionssystem ausgestattet, z. B. zwei Stück je Ring oder überhaupt nur jeder zweite Ring. Man ging davon aus, dass sich dünnflüssiges Verpressgut im System der längs- und quer verlaufenden Außenfuge hinreichend weit ausbreitet. Dies hat sich teilweise bewahrheitet, wobei allerdings bisweilen bis zu 1000 l zur Abdichtung einer einzigen Leckstelle benötigt werden. Es gab aber auch Fälle ohne Abdichtungserfolg.

Zu d): Mit einem gezielt am Ort der Undichtigkeit angesetzten Verpresskanal, der radial mittig durch die aus zwei gegeneinander gedrückten Profilen bestehende Abdichtung verläuft, sind die Erfolgsaussichten für eine Nachdichtung selbstverständlich weit besser als bei jedem anderen Verfahren. Zugleich ist der Aufwand erheblich geringer. Wenn eine solche Vorgehensweise bislang noch nicht zur Standardlösung geworden ist, so liegt das an dem Tabu einer willkürlichen Beschädigung von Abdichtungselementen.

In der Vorschrift Ril 853.400 der Deutschen Bahn [4] heißt es



Äußerer Rand einer Tübbingfuge
Outer edge of a segment joint

for drilling and damage to the segment including its reinforcement are the main arguments often put forward against inclined drilling.

Regarding b): Radial drilling through the segment next to the joint is considerably easier in technical terms than inclined drilling. Drilling into the reinforcement can be completely or largely avoided. However the hole drilled emerges on the segment outer surface alongside the annular gap mortar. The grouted injection material spreads from there into the pores of the mortar and into a possible gap between the segment outer surface and the mortar. Should it reach the nearby joint, it must still negotiate the shield tail grease and the compressed foam strip there to arrive at its intended destination. Naturally the chances of success for such extreme indirect grouting are very slight. Material consumption can be very low if no path for it to spread is found. It can also be extremely high without the sealing objective ever being reached.

Regarding c): To activate the injection system a screw cap is

opened or a defined part of the segment inner surface drilled in order to access a hose that had been concreted in position (Fig. 7). This hose runs right into the flank of the area to be grouted behind the seal. In this manner the same goal is achieved as is the case with inclined drilling without the complication of highly accurate drilling and without damage to the segment. The increased production costs for the segment represent a disadvantage. As a result in cases of application hitherto only individual segments have been furnished with an injection system, e.g. 2 per ring or only every second ring at the most. It was presupposed that the highly fluid grouting agent spreads sufficiently throughout the system of longitudinally and transversely running outer joints. This has in part turned out to be the case although up to 1000 l was needed on occasion to seal a single leak. However there were also cases where sealing was unsuccessful.

Regarding d): With a grouting channel, which runs radially

unter Dichtigkeitsanforderungen (12): „Jeder Wasseraustritt ist durch Nachdichtung auf der Außenseite des Tübbingausbau zu beseitigen“. Diese Passage gilt vermutlich für die Fugenabdichtung, denn für den Tübbing selbst gilt: „Wasserführende Risse sind stets zu verpressen“. Wie die Nachdichtung auf der Tübbingaußenseite durchzuführen ist, wird in der Vorschrift nicht geregelt. Bislang wurde aber stillschweigend davon ausgegangen, dass eine Verpressung direkt durch die Fugendichtung nicht zulässig ist. Wie davon beim Finnetunnel abgewichen wurde, wird in Teil 2 beschrieben.

6 Fazit und Folgerungen für die Wahl der Nachdichtungsmethode im Finnetunnel

Eine gezielte Nachdichtung am Ort der Undichtigkeit mit einem Verpresskanal durch das Dichtungsprofil vermeidet trotz des bisherigen Tabus viele Nachteile der anderen beschriebenen Methoden. Eine die Dichtung querende Fuge ist in ihrer Wirkung vergleichbar mit einem Schnitt durch die Dichtung. Ein Profil, das aufgrund seiner Verformungseigenschaften und Steifigkeit die Fuge an der Rahmenecke dichtungsmäßig unschädlich machen kann, kann auch einen Schnitt vollwertig kompensieren. Damit steht fest, dass weder vollständige Kontinuität noch Unverletztheit Voraussetzung für das Erreichen von Dichtigkeit sind. Es kommt allein darauf an, dass die zusammengepressten Dichtrahmen im Endzustand überall hinreichend komprimiert sind.

Solange die Kompression erhalten bleibt, kann auch die



In der Tübbingbewehrung verlegter Verpressschlauch während der Betonage
Grouting hose laid in the segment reinforcement during concreting

Herstellung einer Bohrung quer durch die Dichtung deren Dichtwirkung nicht beeinträchtigen. Wasser würde allenfalls durch die hergestellte Öffnung selbst fließen. In diesem Sinne würde das Eindrehen einer Holzschraube in die zusammengepresste Dichtung zu überhaupt keinem Wasserzutritt führen, da die Pressung noch leicht verstärkt und kein Fließkanal hergestellt wird. Ebenso kann man sich ein echtes Durchbohren mit Materialentnahme vorstellen, dem unmittelbar das Nachschieben eines den alten Spannungszustand wieder herstellenden Rohrs folgt. Verschließt man dieses Rohr wieder, ist die ursprüngliche Dichtigkeit wieder vorhanden. Man kann das Rohr aber auch dazu nutzen, um am Ort einer Undichtigkeit gezielt Dichtmaterial auf die Wasserseite der Dichtung zu bringen. Wird die Undichtigkeit auf diese Weise beseitigt, ergibt sich trotz der lokalen Beschädigung durch Penetration der Dichtprofile im Endergebnis eine Verbesserung für das Abdichtungssystem. Wenn die zur Einbringung von Dichtmaterial verwendete Öffnung wieder

through the middle of a seal comprising 2 elements compressed against each other, applied directly at the location of the leak, the chances of success for resealing are naturally far better than for any other method. At the same time, the outlay is far lower. If such an approach has not become standard practice by now, this is due to an ongoing reluctance to damage sealing elements.

In the Deutsche Bahn Regulation 853.400 [4] the following is cited under tightness requirements (12): “Every discharge of water is to be eliminated by resealing on the outer side of the segmental lining”. This passage relates to the joint seal because the following applies to the segment itself: “Water-bearing cracks have always to be grouted”. The regulation does not describe how resealing on the outer side of the segment is to be executed. It has generally been implied up till now that grouting directly through the joint seal is impermissible. How this was actually performed in the case of the Finne Tunnel is dealt with in Part 2.

6 Summary and Conclusions for the Choice of Resealing Methods in the Finne Tunnel

Targeted resealing at the location of the leak with a grouting channel through the sealing element avoids many disadvantages of the other methods described in spite of the reluctance that has been evident so far. A joint traversing a seal exerts a comparable effect to a cut through the seal. An element, which can render the joint harmless at the frame edge thanks to its deformability characteristics and stiffness, can also completely compensate a cut. In this way it is evident that neither complete continuity nor inviolacy represents the prerequisite for attaining tightness. What really matters is that the compressed sealing frames in their final state are sufficiently compressed throughout.

Drilling a hole through the seal also cannot influence its sealing effect providing compression is retained. Water would at best flow through the opening that was produced. In this connection, inserting a wooden screw into the compressed seal would lead to no water access at all as the compression would be slightly increased without a flow channel being created. Similarly it is possible to conceive drilling straight through and removing material, followed by the insertion of a pipe to restore the former stress state. Once this pipe is reclosed, the original watertight state prevails. However the pipe can also be used to transport sealing material to the seal's water side. If the leak is eliminated in this way, ultimately the sealing system is improved in spite of the local damage caused by

verschlossen werden kann, ist sie für die Dichtwirkung absolut irrelevant und stellt daher für sich betrachtet keinen Mangel dar.

Die im Teil 1 verwendeten Fotos sowie die beschriebenen Erfahrungen zu Fehlerquellen und Schäden stammen von verschiedenen Tunneln. Im Endzustand wurde in allen Fällen eine uneingeschränkte Gebrauchstauglichkeit der Auskleidung erreicht. Die grundsätzlichen Betrachtungen im Teil 1 erläutern die Unbedenklichkeit eines kontrollierten Durchdringens der Tübbingdichtung zum Zweck der Nachdichtung. Über die praktische Umsetzung dieses Konzepts im

Finnetunnel wird im Teil 2 berichtet. Das gelungene Anwendungsbeispiel in Verbindung mit grundsätzlichen Betrachtungen der Abdichtungsproblematik mögen zu weiteren Entwicklungen sowie zu einer Einbeziehung dieser Technik in die Regelwerke anregen. 

penetration. If the opening used for installing the sealing material can be reclosed, it is absolutely irrelevant for the sealing effect and does not represent a defect as such.

The photos used in Part 1 as well as the described experiences relating to sources of

error and damage stem from various tunnels. In its final state unrestricted serviceability of the lining was attained in all cases. The fundamental observations in Part 1 explain the soundness of penetrating the segment seal in a controlled manner in order to reseal it. Part 2 deals with applying this concept in practice in the Finne Tunnel. The successfully applied example in conjunction with fundamental considerations of waterproofing problems will hopefully encourage further developments as well as the inclusion of this technology in codes of practice. 

Literatur / Reference

- [1] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB): Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen. Taschenbuch für den Tunnelbau 2014 (in Vorbereitung)
- [2] Kaundinya, I. et al.: Einfluss von Dichtungsprofilen auf das Abplatzverhalten von Tübbingkonstruktionen. Taschenbuch für den Tunnelbau 2010, S. 263-284, 2009
- [3] STUVA: Empfehlungen für die Prüfung und den Einsatz von Dichtungsprofilen in Tübbingauskleidungen. tunnel 8/2005, S. 8-21
- [4] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 853 – Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten: Modul 853.4005, Tübbingausbau

BGL Online

Baumaschineneinsätze schnell und sicher berechnen



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

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

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

Weltweit größter Katalog mit allen gängigen Gerätedaten

Jetzt online bestellen bei
www.profil-buchhandlung.de

Weitere Infos auf:
www.bgl-online.info
oder telefonisch unter:
05241 80 88957
Profil –
Buchhandlung im Bauverlag

Ankertechnik**„Semmering-Basistunnel Neu“ – Dauer-Selbstbohranker sichern Voreinschnitt**

Eines der zurzeit größten Bauprojekte der ÖBB-Infrastruktur AG ist der „Semmering-Basistunnel Neu“, der sich seit April 2012 im Bau befindet. Voraussichtlich ab dem Jahr 2024 wird die neue Südbahn den Semmering zwischen Niederösterreich und der Steiermark auf einer Strecke von 27,3 km durchqueren. Bevor der Portal- und der anschließende Tunnelvortrieb beginnen können, muss der Portalvoreinschnitt in den Freistreckenbereichen hergestellt werden. Dazu wird zurzeit der Hang abgetragen und mittels bewehrtem Spritzbeton und Dauer-Selbstbohrankern (SDA) gesichert. Diese Ankerlösung

ist besonders für Lockerböden wirtschaftlich und empfehlenswert. Nach der Beendigung der Bauarbeiten über Tage, soll ab dem Jahr 2015 das aus zwei Röhren bestehende, einspurige Tunnelsystem sowohl konventionell als auch kontinuierlich vorgetrieben werden.

Der Semmering-Basistunnel Neu wird nach seiner Fertigstellung einer der längsten Eisenbahntunnels Österreichs sein und eine wichtige Verbindung auf der transeuropäischen Strecke von Norddeutschland nach Italien bilden. Bis dahin läuft der Eisenbahnverkehr über die als Weltkulturerbe ausgezeichnete Bergstrecke zwischen den

Anchoring**„Semmering Base Tunnel New“ – Securing the Precut with Self-Drilling Anchors**

In April 2012, work started on one of the most ambitious construction projects of Austria's ÖBB-Infrastruktur AG: the New Semmering Base Tunnel. Scheduled for completion in 2024, the 27.3 km long tunnel through the Semmering range will cut the journey time on the south railway connecting Lower Austria and Styria. Before construction can begin at the entrance portal and tunnel bores, work concentrates on the above-ground sections with the clearance and excavation of the entrance ramp site. The slope is currently being excavated. The cut face is shored up with shotcrete and permanent self-drilling anchors, a per-

fect and economical bolting solution for softer rock formations. After completing the surface construction work, the twin-bore, single-track tunnel will be cut through the Semmering by conventional and continuous excavation beginning in 2015. Once completed, the New Semmering Base Tunnel will be one of the longest rail tunnels in Austria. It will act as a vital link on the route crossing Europe's heartland from Northern Germany to Italy, which currently has to climb the steep Semmering pass between Gloggnitz and Mürzzuschlag on a historic mountain railway recognized as one of the UNESCO World Heritage



(Minova MAI/BBC)

Der Baubeginn für den Semmering-Basistunnel Neu wurde im Frühjahr 2012 mit den Vorarbeiten im Bereich Gloggnitz eingeleitet

Construction on the new Semmering Base Tunnel started in early 2012 with preliminary work at the Gloggnitz end

Orten Gloggnitz und Mürzschlag. Diese Strecke ist für schwere Gütertransporte jedoch nur eingeschränkt befahrbar. Personenzüge können sie lediglich mit einer Geschwindigkeit von etwa 50 km/h nutzen. Der Semmering-Basistunnel Neu entlastet zukünftig die Bergstrecke und verkürzt die Fahrzeit für Personenfernzüge zwischen Graz und Wien um etwa 30 min. Besonders der Güterverkehr wird von der neuen Verbindung profitieren, da selbst schwere Güterzüge den Tunnel dank einer geringen Neigung von 8,4 % uneingeschränkt befahren können.

Herstellung des Portalvoreinschnitts

Der Baubeginn wurde im Frühjahr 2012 mit den Vorarbeiten im Bereich Gloggnitz eingeleitet. Die Hangsicherungsarbeiten werden von dem Unternehmen Baubeteiligungsgesellschaft m.b.H. (BBG), Graz, Österreich, hergestellt. Für die Sicherung der Einschnittsböschung setzt die BBG SDA Dauer-Selbstbohranker des Typs Minova MAI (Minova MAI GmbH, Feistritz/Drau, Österreich) ein. Laut BBG-Geschäftsführer Franz Schweighofer hat man gute Erfahrungen mit Minova Mai und schätzt

deren Service und Flexibilität. Bei der Herstellung des Voreinschnitts wird in so genannten Pilgerschritten vorgegangen, d.h. die horizontalen Öffnungsbreiten liegen bei circa 6 bis 10 m, vertikal bei etwa 2 m, wobei immer ein gleich großer Zwischenstock stehen bleibt. Anschließend werden diese mittels bewehrten Spritzbetons und Selbstbohrankern stabilisiert. Die bereits erwähnten Dauer-Selbstbohranker SDA sind CE-zertifiziert und eignen sich besonders für die Ankerung in weichem oder sandigem Gestein.

Ankerung sichert Halt

Um die Effizienz des Ankerprozesses zu steigern, wird auf der Baustelle auf die halbautomatische Installation mithilfe eines integrierten Bohr-Injektions-Adapters (IRIA) gesetzt. Der Dauer-Hohlstabanker mit verlängerter Bohrkronen dient dabei gleichzeitig als Bohrstange. Im gleichen Arbeitsschritt wie die Bohrung erfolgt – je nach Beschaffenheit des Bodens – eine gleichzeitige Injektion mit Mörtel oder Spülung mit Luft. Ist die vorgesehene Bohrtiefe erreicht, wird nochmals Ankermörtel durch den Hohlstabanker injiziert. Dieser härtet innerhalb von circa drei Tagen zu einer Be-



(Minova MAI/BBG)

Das Unternehmen Baubeteiligungsgesellschaft m.b.H., Graz, trägt zurzeit den Hang ab und sichert diesen mit Spritzbeton und Litzenankern sowie mit Dauer-Selbstbohrankern SDA des Typs Minova MAI

The Graz-based Baubeteiligungsgesellschaft m.b.H. is excavating and stabilizing the slope with shotcrete and permanent self-drilling anchors from Minova MAI

sites. The old route imposes considerable limitations on heavy freight transport, and passenger trains have to slow down to a speed of around 50 km/h. The New Semmering Base Tunnel will bypass this bottleneck and cut the journey time between Vienna and Graz by 30 min. It represents a particular advantage for freight traffic, since the new route's minimal incline of 8.4 % removes all obstacles for even heavy freight trains.

Preparing the Tunnel Entrance Precut

Construction on the new route started in early 2012 with preliminary work on securing the entrance slopes in the Gloggnitz section by the Baubeteiligungsgesellschaft m.b.H. (BBG), Graz, Austria. For shoring up the cut face, BBG relies on permanent self-drilling anchors type Minova MAI (Minova MAI GmbH, Feistritz/Drau, Austria).

“We have worked with Minova several times already, and we are very satisfied with the excellent advice and the flexibility that Minova has given us”, as the Managing Director of BBG, Franz Schweighofer, explains. The excavation of the precut proceeds by the so-called pilgrim steps process, in which cuts of a horizontal length of 6 to 10 m and height of 2 m are made with blocks of soil of similar dimensions remaining in place between each cut. The cuts are then secured with shotcrete and self-drilling anchors before moving on to the next sequence. The already mentioned permanent self-drilling anchors are CE-certified and are a particularly effective means for such bolting in soft or sandy rock formations.

Anchoring for Stability

For more efficient anchoring, BBG relies on a semi-mechanized setting process that uses an in-



(Minova MAI)

Insgesamt werden etwa 1.600 Dauer-Selbstbohranker von Minova in Längen von acht bis zwölf Metern in den Hang eingebracht

A total of approx. 1,600 of Minova's permanent self-drilling anchors with lengths of 8 to 12 m are bolted into the slope



(Minova MAI)

Mit einem Team von sechs Mitarbeitern stellt die BBG-GRAZ täglich eine Strecke des Voreinschnitts von etwa 60-80 m her

The 6-man team of the BBG-GRAZ clears approx. 60-80 m of the tunnel ramp precut

tonfestigkeit aus, welche dann die entsprechenden Spannkkräfte aufzunehmen vermag. Die Wahl der passenden Bohrkronen hängt von der geologischen Beschaffenheit des Bodens ab, in den der Anker gebohrt wird. Aufgrund der wechselhaften Geologie des Geländes kam auf dieser Baustelle das komplette Bohrkronensortiment von Minova MAI zum Einsatz. Auf der Gesamtstrecke des Voreinschnitts von etwa 500 m und einer Einschnittshöhe von circa 10 m werden etwa 1.600 Dauer-Selbstbohranker eingesetzt. Die 8 bis 12 m langen Anker werden in einem Ankeraster von circa 1,5 x 1,5 m gebohrt. Insgesamt werden etwa 5.000 m² Spritzbeton verbaut.

Tunnelvortrieb ab 2015

Zwei parallel geführte Röhren mit einem Durchmesser von rund 10 m werden zukünftig den Semmering-Basistunnel Neu bilden. Sie liegen in einem Abstand von 40 bis 70 m zueinander und sind alle 500 m durch Querschläge miteinander verbunden, um im Notfall eine schnelle Rettung zu gewährleisten.

Der Semmering-Basistunnel Neu entsteht aufgrund seiner Länge von knapp 28 km in mehreren Bauabschnitten. Um den geologischen Verhältnissen über die komplette Strecke gerecht zu werden, werden ab 2015 zwei unterschiedliche Vortriebsmethoden eingesetzt. Zum einen erfolgt ein konventioneller Vortrieb mit Baggern und Sprengungen nach der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NÖT). Andererseits wird ein maschineller Vortrieb mit einer Tunnelvortriebsmaschine (TVM) durch das Gestein stattfinden. Bis zum Zusammenschluss mit dem Gegenvortrieb wird der Tunnel in beide Richtungen vorgetrieben.

Mit Volldampf durch den Berg

Es ist geplant, die Vortriebsarbeiten bis 2020 abzuschließen und die Tunnelröhren im Rohbau fertigzustellen. Nach dem Einbau der Tunnelausrüstung sollen Personen- und Güterzüge den Semmering-Basistunnel Neu Ende des Jahres 2024 mit einer Geschwindigkeit von bis zu 230 km/h befahren. 



(Minova MAI)

Die Dauer-Selbstbohranker SDA von Minova MAI eignen sich besonders für die Ankerung in weichem oder sandigem Gestein

Minova MAI's permanent self-drilling anchors are the tool of choice for bolting in soft or sandy ground conditions

tegrated rotary injection adaptor (IRIA). In this method, the hollow-rod anchors with lost (sacrificial) drill bit act as their own drill. Depending on the ground conditions, a cementitious grout or resin is pneumatically injected into the rod during drilling. Once the planned depth has been reached, a specialized anchoring grout is fed through the rod, which hardens to a concrete strength sufficient to bear the intended loads. A selection of drill bits is available to match the geological properties at the destination: the varied geology of the Gloggnitz site meant that the entire drill bit range provided by Minova MAI is being used. With a precut of around half a km in length and a cut height of approx. 10 m, the site uses around 1,600 permanent self-drilling anchors at lengths of 8 to 12 m, arrayed in a 1.5 x 1.5 m grid. 5,000 m² of shotcrete covers the new slope's surface.

Tunneling to Begin in 2015

The New Semmering Base Tunnel will house 2 parallel shafts, each measuring 10 m in dia-

meter. The twin bores will be spaced at a distance of 40 to 70 m from each other and connected by cross-passages every 500 m to act as escape routes in the event of emergency. The geological challenges of the chosen tunnel route mean that the tunnelling work commencing in 2015 will rely on 2 means of drive: conventional tunnelling by excavation and blasting according to the New Austrian Tunnelling Method (NATM), and continuous excavation with tunnel boring machines (TBMs). Almost 28 km of tunnel will be cut for the New Semmering Base Tunnel, proceeding in multiple sections from both ends of the route until the 2 shafts meet far beneath the Semmering.

Powering on Through the Alps

The current plans envision the tunnelling work to be finished and the shafts ready by 2020. Once fully furnished and equipped, passenger and freight trains can begin to pass through the New Semmering Base Tunnel at speeds of up to 230 km/h at the end of 2024. 



Baustelleneinblick Nordhavnsvej-Tunnel Nordhavnsvej-Tunnel site view

Injektion

Innovativer Injektionsschlauch schützt den Nordhavnsvej-Tunnel vor dem Wasserdruck der Ostsee

Der vierspurige Nordhavnsvej-Tunnel ist eines der derzeit größten Bauvorhaben in Kopenhagen und gehört zum Großprojekt Nordhavnsvej-Vej- og Tunnelentreprise. Er unterquert auf 1,65 km Länge und mit einem Durchmesser von zwei mal 14 m die dänische Hauptstadt von der Helsingør-Autobahn nach Strandvænget. Ein 620 m langer Abschnitt mit einem Durchmesser von 25 m verläuft unter dem Meeresspiegel in einer Tiefe bis zu 22 m. Für die Abdichtung der Arbeitsfugen fiel die Wahl auf den speziellen Injektionsschlauch WaterproofX® 100 von StekoX®.

Der gigantische Straßen- und Tunnelkomplex, soll die Bewohner Kopenhagens und des benachbarten Gentofte ab 2015 von lärmendem Verkehr entlasten. Der Teilauftrag Nordhavnsvej-Tunnel wurde von der Stadt Kopenhagen an

das Joint Venture Pihl – Züblin, bestehend aus den beiden Unternehmen E. Pihl & Søn A.S. (Pihl), Dänemark, und Züblin A.S., Dänemark, vergeben. Baubeginn für den Tunnel war 2011, die geplante Bauzeit beträgt vier Jahre, der Tunnel soll im Jahr 2015 in Betrieb gehen. Die geschätzten Kosten für den Tunnel belaufen sich auf circa 160 Mio. €. Die Geometrie des Straßenkomplexes musste im Vorfeld hohen Bebauungen, vorhandenem Schienenverkehr und dem Verlauf der Straße von „Strandvejen“ angepasst und entsprechend geplant werden. Als besondere verfahrenstechnische Herausforderung gelten die schwierigen glazialen geologischen Randbedingungen Nordeuropas.

Der Beton des 620 m langen, in offener Bauweise ausgeführten Tunnelabschnitts unterhalb des Meeresspiegels

Injection

Innovative Injection Hose protects the Nordhavnsvej Tunnel from Baltic Sea Water Pressure

The 4-lane Nordhavnsvej Tunnel is currently one of Copenhagen's biggest construction projects and belongs to the Nordhavnsvej-Vej- og Tunnelentreprise major scheme. It underpasses the Danish capital over a length of 1.65 km with 24 m diameter from the Helsingør motorway to Strandvænget. A 620 m long section with a diameter of 25 m runs below sea level at a depth of up to 22 m. It was decided to use the special injection hose WaterproofX® 100 from StekoX® to seal the working joints.

The huge highway and tunnel complex is intended to relieve the inhabitants of Copenhagen and neighbouring Gentofte of noisy traffic from 2015. The Nordhavnsvej Tunnel part-project was awarded by the City of Copenhagen to the Joint Venture E. Pihl & Son A.S. (Pihl), Denmark and Züblin A.S., Denmark. Work on the tunnel commenced in 2011.

It is due to last 4 years and the tunnel will open in 2015. Around 160 million € is earmarked for the tunnel. The road complex's geometry had first to be geared to the high buildings, existing rail traffic and the alignment of the "Strandvejen" highway and planned correspondingly. The tricky North European glacial geological general conditions are seen as a particular engineering challenge.

The concrete for the 620 m long tunnel section below sea level, produced by cut-and-cover, requires special waterproofing to withstand the Baltic Sea's water pressure. The HauCon Company, which provides technical solutions, thus proposed the injection hose WaterproofX® 100 to seal the working joints. The hexagonal injection hose's cross-section is strongly reminiscent of a honeycomb and offers an optimal ratio of wall material

benötigt eine besondere Abdichtung, um dem Wasserdruck der Ostsee stand zu halten. Das Unternehmen HauCon als Anbieter für technische Lösungen hat deshalb für den Bereich der Arbeitsfugenabdichtungen den Injektionsschlauch WaterproofX 100 vorgeschlagen.

Der Querschnitt des sechseckigen Injektionsschlauchs erinnert stark an Bienenwaben und bietet ein optimales Verhältnis von Wandmaterial zu Volumen. Der Schlauch weist Mikroöffnungen auf, durch die das Injektionsmaterial leicht austritt und so Poren und Risse im Beton verfüllt. Aufgrund der Wandstärke, Materialzusammensetzung und Geometrie von WaterproofX 100 ist nur ein geringer Überdruck in Höhe von 1 bar nötig, um das Abdichtungsmaterial in die Arbeitsfugen zu injizieren und diese dauerhaft abzudichten.

Der Injektionsschlauch ist einfach zu verlegen und lässt sich dank der Längenmarkierung auf dem Schlauch leicht ablängen. Er eignet sich für alle auf dem Markt befindlichen Injektionsstoffe. So sind dem Planer bei der Wahl des Injektionsmaterials keine Grenzen gesetzt.

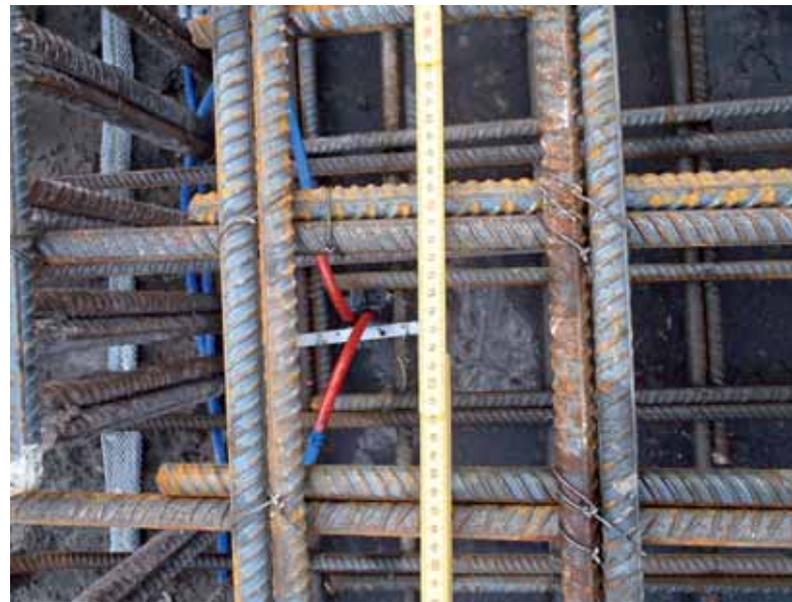
Der Supplier HauCon A/S, Lystrup, Dänemark, lieferte über 3.000 m Injektionsschlauch WaterproofX 100 von StekoX inklusive des kompletten Zubehörs auf die Baustelle. Diese werden bis zum Ende der Maßnahme verlegt sein. Während der bereits durchgeführten Verpressungen traten keinerlei Probleme auf. Das Feedback der Ausführenden war durchweg positiv. Im Vorfeld erfolgte eine umfangreiche Beratung von StekoX mit allen Beteiligten direkt auf der Baustelle. Der besondere Vorteil des neuen Schlauchsystems ist die mögliche Mehrfach-Verpressung auch mit 30 m Überlänge. Dies bedeutete bei dem konkreten Tunnelprojekt viele technische Vorteile.

Das Magstadter Unternehmen StekoX sorgte dabei als Hersteller und Lieferant des Injektionssystems für Vertrauen und könnte im konkreten Fall für die verbleibenden, zu verpressenden Injektionsschlauchabschnitte sogar die Verpressung als Dienstleister vornehmen. Zudem konnte StekoX mit vergleichbaren Referenzobjekten in Asien und Europa bereits sein Know-how im Tunnelbau unter Beweis stellen. 



HauCon lieferte bereits über 3.000 m Injektionsschlauch WaterproofX® 100 von StekoX® auf die Baustelle

HauCon delivered more than 3,000 m of WaterproofX® 100 injection hose from StekoX® to the construction site



WaterproofX 100 ist ein neuartiger hexagonaler Injektionsschlauch aus einem speziellen Kunststoff, der sich vor allem durch seine leichte Verarbeitbarkeit auszeichnet. Er übernimmt die Aufgabe der Transportleitung, durch die nach dem Betonieren das Verpressgut injiziert wird

WaterproofX 100 is a novel hexagonal injection hose made of a special plastic, which is distinguished above all by its easy processibility. It takes over the function of transport line, through which the grout material is injected after concreting

to volume. The hose possesses micro-openings through which the injection material passes easily to fill pores and cracks in the concrete. Thanks to the wall thickness, material composition and geometry of WaterproofX 100 only slight overpressure of 1 bar is needed to inject the waterproofing material into the working joints so that they are permanently sealed.

The injection hose is easy to lay and can be simply cut to size thanks to the markings along its length. It is suitable for all injection agents available on the market. Consequently planners are not restricted when it comes to choosing the injection material.

The supplier HauCon A/S, Lystrup, Denmark delivered more than 3,000 m of WaterproofX 100 injection hose from StekoX including the complete accessories to the construction site. This will be laid by the end

of the scheme. No problems cropped up during the grouting sessions tackled so far. The contractors' feedback was thoroughly positive. StekoX consulted intensively with all those involved directly on site prior to laying. The particular advantage of the new hose system is that it is possible to carry out multiple injecting even given 30 m overlength. This signified many technical advantages for the concrete tunnel project.

In this connection, StekoX, the Magstadt-based company, as manufacturer and supplier of the injection system, engendered confidence and would be able to undertake the grouting as service provider for the remaining injection hose sections still to be tackled. In addition StekoX was also able to prove its know-how in tunnelling thanks to comparable reference projects in Asia and Europe. 



Marti AG

Holzco Doka-FF20-Trägerschalung mit Mooser-Druckluft-Außenrüttlern
 Holzco Doka FF20 beam formwork with Mooser pneumatic external vibrators

Pumpspeicherkraftwerk in Linth-Limmern/CH

Schalungsrüttlereinsatz im Hochgebirge – PSW Linthal

In der Schweiz arbeitet die Arge Kraftwerk Limmern seit dem Jahr 2009 im Rahmen der Hochgebirgsbaustelle Projekt „Linthal 2015“ an einem neuen Pumpspeicherkraftwerk (PSW), das die Energieleistung von derzeit 450 MW der bereits bestehenden Anlagen der Kraftwerke Linth-Limmern (KLL) bis zum Jahr 2016 um ein Vielfaches auf rund 1.450 MW erhöht. Zum Vergleich: Das entspricht leistungsmäßig in etwa dem Kernkraftwerk Isar 2 in Deutschland mit 1.410 MW. Das Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal in Deutschland produziert eine Energieleistung

von circa 1.060 MW und ist damit das größte Wasserkraftwerk Deutschlands.

Beim Kraftwerksprojekt Linthal befinden sich die Schieber-, Trafo- und Maschinenkavernen sowie Versorgungsstollen in bis zu 1.700 m ü.N.N. und bis zu 600 m tief im Berginneren. Maschinen, Geräte und Personal müssen mit einer Standseilbahn zur Hochgebirgsbaustelle befördert werden. Das erfordert eine hohe Zuverlässigkeit und Qualität der Geräte vor Ort auf und im Berg.

Die Schalungsrüttler des Unternehmens Mooser-Schwin-

Pumped Storage Station in Linth-Limmern/CH

Formwork Vibrator Application in the Mountains – Linthal PS Station

In Switzerland since 2009 the Kraftwerk Limmern JV has been involved in setting up a new pumped storage (PS) power station within the scope of the “Linthal 2015” construction project in the mountains. It will increase the power output of the already existing Linth-Limmern power plants (KLL) from their present 450 MW several times to reach some 1,450 MW in 2015. For comparison: this roughly corresponds to the 1,410 MW generated by the Isar 2 nuclear power plant in Germany. The Goldisthal PS station in Germany generates around 1,060 MW making it Germany's biggest hydropower plant.

In the case of the Linthal plant project the valve, transformer and machine chambers as well as the delivery tunnel are located at altitudes of up to 1,700 m ASL and as much as 600 m deep in the mountains. Machines, equipment and staff have to be transported to the high-altitude construction site by means of a cable railway. This calls for high reliability and quality of the machines on site and in the mountains.

The formwork vibrators produced by the Mooser-Schwingungstechnik company also had to rise to the occasion. Their work commenced with compacting the concrete for the huge vault

gungstechnik mussten ebenfalls hier hinauf. Ihre Arbeit begann mit der Betonverdichtung der großen Gewölbe unter der Maschinenkaverne, mit Gewölbestärken von 80 cm in den Firsten und bis zu 1,3 m am Gewölbefuß inklusive Überprofil. Die Druckluftrüttler waren mit der STA-Adapterhalterung auf den H20-Holzträgern der Doka-FF20-Trägerschalung montiert. Durch die schalungsspezifischen Adapter der Halterung wird ein fester Sitz der Rüttler auf dem Schalungsträger mit sehr guter Schwingungsübertragung vom Träger auf den Beton erreicht. Durch den geringen Abstand von 1 m zwischen den Gewölbblöcken auf die WS10-Träger der Stirnschalung montiert werden.



Kabelstollen: Betonverdichtung mit Mooser-Außenrüttlern

Cable tunnel: concrete compaction with Mooser external vibrators

auf die WS10-Träger der Stirnschalung montiert werden.

beneath the machine chamber, with vault thicknesses of 80 cm in the roof and up to 1.3 m at the foot of the vault. These pneumatic vibrators were mounted on H20 wooden beams of Doka-FF20 large-area formwork by means of STA adapter assemblies. Thanks to these adapters especially devised for the formwork the vibrator is firmly seated on the formwork beam so that the oscillating effect of the beam on the concrete is highly effective. Thanks to the 1 m gaps between the vault blocks the vibrators were also attached to the WS10 beams of the stepend formwork.

The concrete is produced on the spot in the mountains from the available excavated material. Towards this end crushed grain and varying rocks depending on the point of extraction represent a veritable challenge for concrete technology. The prior requirement for outstanding concrete compaction in this case relates to a constant concrete consistency F4 from circa 52 cm slump.

Subsequently all vault formwork units for the transformer and valve chambers were equipped with the described pneumatic vibrators. These were operated centrally by one person via air distributors. In order to ensure that the staff member involved can always supervise and operate the vibrators close up, several air distributors were set up over the vault formwork carriage. The vibrators are always only switched on exactly at the points where the concrete is actually being placed. In this way the maximum pneumatic vibrator output for a standard site compressor with an air volume of 4 to 6 m³/min and air pressure of up to 6 bar is available with the load on the formwork minimised at the same time.

The structural form of the pneumatic vibrators as a free-



Sicher. Dauerhaft.

Massgeschneiderte Lösungen für

Sicherheitstore im Bahn- und Strassentunnelbau

Die riesigen Spurwechsellere im Gotthard Basistunnel müssen extremen Belastungen standhalten und höchste Ansprüche an Sicherheit und Dauerhaftigkeit erfüllen. Über 700 Türen und Tore von Elkuch Bator werden nach Betriebsaufnahme des Weltrekordtunnels für die Sicherheit von Menschen und Gütern sorgen.

Zur Sicherheit – Elkuch Bator.



ELKUCH BATOR

ELKUCH BATOR AG | CH-3360 Herzogenbuchsee | T +41 62 956 20 50 | elkuch-bator@elkuch.com | www.elkuch.com



Gewölbereich: Meva-Holzträgerschalung mit Mooser-Schalungsrüttlern

Vault area: Meva wooden beam formwork with Mooser formwork vibrators

Der Beton wird im Berg vor Ort aus dem vorhandenen Ausbruchmaterial erstellt. Gebrochenes Korn und unterschiedliche Gesteine, je nach Abbaustelle, stellen dabei eine hohe Herausforderung an die Betontechnologie dar. Die Voraussetzung für eine sehr gute Betonverdichtung ist dabei eine konstante Betonkonsistenz F4 ab circa 52 cm Ausbreitmaß.

In der Folge wurden alle Gewölbeschalungen der Trafto- und der Schieberkaverne mit den beschriebenen Druckrüttlern ausgestattet. Diese werden zentral von einer Person über Luftverteiler in Betrieb genommen. Um zu garantieren, dass der Mitarbeiter die Rüttler immer aus der Nähe beaufsichtigen und betreiben kann, wurden mehrere Luftverteiler über den Gewölbeschalwagen verteilt. Rüttler werden immer nur exakt an den Stellen, an denen der Beton in diesem Moment eingebaut wird, eingeschaltet. Damit steht die maximale Druckluft-Rüttler-Leistung für einen Standardbaustellenkompressor mit einem Luftvolumen von 4 bis 6 m³/min und einem Luftdruck von 6 bar zur Verfügung, und die Schalungsbelastung ist gleichzeitig minimiert.

Der konstruktive Aufbau der Druckluft-Rüttler als freifliegende Hohlzylinder resultiert in einem sofortigen Anlauf, bei dem die Geräte unverzögert ihre Nenndrehzahl erreichen. Der Eigenfrequenzbereich der Schalung wird zügig durchfahren. Damit ist eine sehr gute Betonverdichtung und nahezu verlustfreie Schwingungsübertragung gewährleistet.

Bei Großprojekten, wie im vorgestellten Beispiel, liefert Mooser-Schwingungstechnik



Gewölbebereich: Meva-Holzträgerschalung mit Mooser-Schalungsrüttlern

Vault area: Meva wooden beam formwork with Mooser formwork vibrators

in Absprache mit der Bauleitung Servicepakete. Alle Schalungsrüttler sind bereits auf der Halterung montiert und mit dem notwendigen Zubehör für die Inbetriebnahme ausgestattet. Die Bauleitung erhält Pläne für die Montagepositionen der Rüttler an der Schalung und Rüttelanweisungen in Abhängigkeit von der Betonkonsistenz und der Verteilung der Rüttler. Damit können die Geräte nach der einmaligen Montage an der Schalung zeitnah eingesetzt werden.

Nach der erfolgreichen Betonverdichtung mit sehr guten, glatten und gleichmäßigen, Betonoberflächen in den großen Kavernengewölben sind derzeit zusätzliche Rüttler für die Betonverdichtung der Kabelstollen und der Paramentwände unter den Gewölbedecken an einer Meva-Schalung im Einsatz.

Die Schalung setzt sich im geraden Wandteil aus Meva-

floating wooden cylinder results in them starting up immediately so that they attain their nominal speed without delay. The formwork's own frequency range is quickly passed through. In this way, highly effective concrete compaction and practically loss-free vibrations are assured.

In the case of major projects, as in the cited example, Mooser Schwingungstechnik provides service packages in consultation with the site management. All formwork vibrators are already

mounted on their holders and fitted with the accessories required for operation. The site management is provided with plans for the assembly positions for the vibrators on the formwork and instructions for vibrating depending on the concrete consistency and the distribution of the vibrators. As a result the units can be deployed immediately after one-off mounting on the formwork.

Following successful concrete compaction with ex-

bauma 2013
15. – 21. April, München

Wir erwarten Sie!
Halle A1, Stand 236, direkt am Westeingang.



Lindbergstr. 3
D-82178 Puchheim

Tel.: +49 (0)89 804348
Fax: +49 (0)89 804813

info@mooser.net
www.mooser.net

Mammut-Elementen und im Gewölbebereich aus einer Meva-H20-Trägerschalung zusammen. Die STA-Adapterhalterung der Rüttler hat ihren großen Vorteil in der Verwendungsmöglichkeit an unterschiedlichen Schalungssystemen. In diesem Fall wird der H20-Adapter für die Meva-H20-Trägerschalung gegen einen Adapter für die Meva-Mammut-Schalung ersetzt. In nur wenigen Minuten ist die identische STA-Halterung mit dem Rüttler wieder einsatzbereit für die Montage auf den Mammut-Schalungsrahmenstößen. Bei allen Sonderschalungen aus Holz, z.B. für komplizierte Verschneidungen

von gekrümmten Wänden, Stollen, Aufweitungen oder strömungsoptimierten Querschnittsänderungen werden die Rüttler mit der Halterung ohne Adapter direkt auf Holzträger oder formgebende Knaggen montiert.

In drei Jahren, soll das neue PSK Linthal in Betrieb gehen und das Wasser für die Stromerzeugung aus dem Mutsee durch die Turbinen in den 630 m tiefer liegenden Limmernsee strömen. Dann muss sich die Qualität der Betonarbeiten bei der täglichen Belastung hinsichtlich ihrer Beständigkeit beweisen. Ihre Dauerhaftigkeit wird spätere Sanierungskosten ersparen. 

tremely good, smooth and even concrete surfaces in the large chamber vaults, currently additional vibrators for compacting the concrete for the cable tunnels and the walls below the vault ceilings are in action on Meva formwork.

In the straight wall section the formwork comprises Meva Mammut elements with a Meva H20 beam formwork system in the vault area. The great advantage of the STA adapter assembly for the vibrators is that it is possible to use it for different formwork systems. In this case the H20 adapter for the Meva H20 beam formwork is replaced by an adapter for Meva Mammut formwork. In only a few minutes, the identical STA assembly is again ready for use together with the

vibrator for being mounted to the Mammut formwork frame faces. In the case of all special formwork units made of wood, e.g. for complicated intersections of curved walls, headings, enlargements or streamlined cross-sectional alterations, the vibrators are mounted directly on to wooden beams or shaping projections without their adapters.

The new Linthal pumped storage power station is due to become operational in 3 years. The water from the Mutsee for generating energy will flow through the turbines in to the Limmernsee located 630 m further down. Then the quality of the concrete work must prove how resistant it is when faced by everyday loads. Its sustainability will save subsequent redevelopment costs. 

Wir wünschen Ihnen inspirierende Eindrücke und begrüßen Sie gerne an unserem Stand.

We wish you inspiring impressions and you are welcome to visit our booth.

Ihr tunnel-Team
Your tunnel team

tunnel
Halle B4
Stand 201

bauma 2013
15 – 21 April, Munich

Deutschland

Tunnel Bleßberg: Schalhaut aus Vollkunststoff sichert besseres Ergebnis mit niedrigeren Kosten

Zwar kosten Schalhautwechsel immer Zeit und Geld, im Tunnelbau ist dieser Arbeitsschritt aber besonders aufwändig und teuer. Mit der robusten Vollkunststoffplatte des Typs alkus hat das Unternehmen Huber & Sohn, Eiselfing/D, diese Kosten beim Tunnelbauprojekt Bleßberg gespart – und zugleich deutlich bessere Oberflächen produziert.

Der Tunnel Bleßberg ist mit 8.314 m der längste Eisenbahntunnel der Neubaustrecke Ebensfeld-Erfurt-Leipzig/Halle und Teil des VDE 8 Bahn-Pro-

jekts Nürnberg-Berlin (VDE = Verkehrsprojekt Deutsche Einheit). Er soll dazu beitragen, ab 2017 auf der Verbindung München-Berlin die Fahrzeit auf etwa vier Stunden zu verringern. Mit einer Überdeckung von maximal 330 m unterquert der Tunnel den Hauptkamm des Thüringer Walds zwischen Truckenthal und Goldisthal. Ein Teil des berühmten Rennsteig-Wanderwegs befindet sich über dem Tunnel.

Die Arge Tunnel Bleßberg Nord, bestehend aus den

Germany

Bleßberg Tunnel; Shuttering Panels made of solid Plastic secures better Result with lower Costs

Admittedly replacing shuttering panels takes time and money and in tunnelling this procedure is always especially complicated and expensive. Thanks to the robust alkus solid plastic panel, the Huber & Sohn, Eiselfing/D company saved these costs during the Bleßberg tunnelling project – while producing better surfaces at the same time.

The Bleßberg Tunnel – 8,314 m – is the longest rail tunnel on the new Ebensfeld-Erfurt-Leipzig/Halle route and part of the VDE 8 (VDE = German Unifica-

tion Traffic Project) rail project Nuremberg-Berlin. It is intended to ensure that from 2017 travelling time between Munich and Berlin will be reduced to roughly 4 hours. With maximum overburden of 330 m the tunnel penetrates the heights of the Thuringian Forest between Truckenthal and Goldisthal. A part of the renowned Rennsteig rambling trail is located above the tunnel. The Bleßberg North JV comprising the companies Ed. Züblin AG, Stuttgart and Bickhardt Bau AG, Kirchheim/D is producing

ERSATZTEILE GEGEN MINERALISCHEN VERSCHLEISS

Tunnel

U-Bahnen

Hochhäuser

Brückenbau

Talsperren



Betonpumpen

Nass- und Trockenspritzen

Fahrmischer (auch kpl. Aufbauten)

Zwangsmischer

Becherwerk

www.ett-s.de
Benzstraße 5

ETT Ersatzteil-Technik GmbH

info@ett-s.de

71409 Schwaikheim · Tel. (071 95) 50 31 · Fax 570 24



Der verfahrbare Schalwagen ermöglichte eine termingerechte Fertigstellung. Auch nach 20 Einsätzen zeigt die alkus Vorsatzschalung GM 6 fast keine Verschleißerscheinungen

The mobile formwork carriage facilitated completion according to schedule. The alkus GM 6 panels revealed practically no wear phenomena even after 20 applications

Unternehmen Ed. Züblin AG, Stuttgart/D und Bickhardt Bau AG, Kirchheim/D, erstellt das rund 4.000 m lange zweigleisige Teilstück Nord und die erforderlichen Nebenbauwerke. Als Subunternehmer erhielt Huber & Sohn, Bachmehring/D, den Auftrag für neun Aufweitungsnischen und drei Wendestellen mit Wendehammer und Anschluss zum Haupttunnel im parallel verlaufenden Rettungstollen.

Fahrbarer Gewölbe-Schalwagen mit alkus-Vorsatzschalung

Die Schalelemente werden im Werk zimmermannsmäßig vorgefertigt. Das hat den Vorteil, dass die Elemente absolut

maßhaltig sind. Als Schalbelag wird bei gekrümmten Oberflächen die 6 mm starke alkus Vorsatzschalung GM 6 verwendet. Mit dieser Lösung hat Huber & Sohn bereits sehr gute Erfahrungen gemacht. Die glasfaserverstärkte Kunststoffplatte ist biegsam und passt sich dem entsprechenden Radius problemlos an – das ermöglicht eine einfache, schnelle Montage. Zugleich ist sie unempfindlich und langlebig. Gegenüber Holz liefert sie deutlich bessere Oberflächen und spart den im Tunnel besonders aufwändigen und teuren Schalhautwechsel.

Bei ähnlichen Projekten hat das Unternehmen bislang wegen der einfacheren Logistik zuerst die Ulmen und dann

the roughly 4,000 m long twin-track northern part-section and the necessary secondary structures. As sub-contractor, Huber & Sohn, Bachmehring/D, was commissioned to produce 9 enlargement niches and 3 turning points with turning area and a link to the main tunnel in the parallel running evacuation tunnel.

Mobile Vault Formwork Carriages with alkus Face Formwork

The shuttering elements are prefabricated at the factory by carpenters. This has the advantage that the elements are absolutely custom-built. The GM 6 face formwork, which is 6 mm thick, is used for curved surfaces.

Huber & Sohn has already used this form lining with great success in the past. The fibre-glass reinforced panel is pliable and fits the corresponding radius unproblematically – enabling prompt and straightforward assembly. Compared to timber it caters for considerably better surfaces and saves especially complicated and expensive replacing of shuttering panels.

For similar projects the company first of all produced the walls and then the parapets on account of the more straightforward logistics. However for 6 of the 9 enlargement niches the complete vault had to be shuttered and concreted in a single working cycle to adhere to schedule. For this reason, Huber

die Kappen hergestellt. Aus Termingründen musste bei sechs der neun Aufweitungsnischen das komplette Gewölbe in einem Arbeitsgang geschalt und betoniert werden. Deshalb konstruierte Huber & Sohn einen 10 m langen, fahrbaren Gewölbeschalwagen. Die stabile Stahl-Holz-Konstruktion ist für den Transport teilbar.

Mit alkus-Schalbelag deutlich wirtschaftlicher

Die Aufweitungsnischen sind jeweils circa 20 m lang. Die Montage des Schalwagens auf der Baustelle verlief problemlos. Nach dem Betonieren und Erreichen der notwendigen Festigkeit wurden die Ulmen zurückgefahren und die Kappen eingeklappt. Danach konnte der in der Mitte teilbare Schalwagen auf Rollen zum zweiten Takt verfahren werden. Nach dem Betonieren wurde wieder ausgeschalt und die bei-

den Teile in die nächste Aufweitungsnische gezogen. Mit dieser Vorgehensweise konnten die sechs Aufweitungsnischen und weitere sechs Abschnitte in den drei Wendestellen termingerecht fertiggestellt werden. Die Schalhaut zeigt nach diesen 20 Einsätzen fast keine Verschleißerscheinungen.

Laut Ernst Flößer, Abteilungsleiter Schalungsbau, und dem Projektleiter der Baustelle seien die Betonoberflächen vergleichbar mit denen im Fluchttunnel, die mit Stahlschalhaut hergestellt worden seien. Dabei sei die Variante mit alkus Vorsatzschalung für die Aufgaben des Unternehmens deutlich wirtschaftlicher. Auch Sperrholz als Schalbelag sei wegen des notwendigen Schalhautwechsels zu teuer. Bei früheren Bauvorhaben sei die gleiche Platte schon über siebzigmal eingesetzt worden. 

& Sohn devised a 19 m long, mobile vault formwork carriage. The stable steel-wood-structure can be divided in order to be transported.

Alkus Face Formwork substantially more economic

The enlargement niches are each roughly 20 m long. The formwork carriage was assembled on-site without difficulty. After concreting and attaining the necessary strength, the walls were retracted and the parapets folded. Then the formwork carriage, which could be divided at its centre, was relocated for the second cycle. After concreting, stripping was again carried out and the 2 parts relocated for the next enlargement niche. By means of this procedure, the 6 enlargement niches and a fur-

ther 6 sections in the 3 turning points were completed according to schedule. The formwork panels were practically devoid of wear phenomena following these 20 applications.

According to Ernst Flößer, the department head for formwork construction, and the project manager on the construction site, the concreted surfaces are comparable with those in the evacuation tunnel, which were produced using steel formwork panelling. In this respect, the alternative with alkus face shuttering was considerably more economic for the contractor's tasks. Even plywood as a shuttering element is too expensive on account of the need to replace the formwork. The same panel was used more than 70 times for earlier construction projects. 

EURO:TUN 2013

III International Conference on Computational Methods in Tunnelling and Subsurface Engineering

17 – 19 April 2013,
Bochum/D
Conference Office: Institute for Structural Mechanics
Department for Civil and Environmental Engineering
Ruhr University Bochum,
Building IA 6/126
44780 Bochum/D
Phone: +49 234 3229051
eurotun2013@rub.de
www.eurotun2013.rub.de

Underground Construction Prague 2013

12th International Conference
22 – 24 April 2013,
Prague/Czech Republic

Contact:
ITA-AITES Czech Tunnelling Association
Miloslav Novotny – Secretary
Delnicka 12, 120 00 Prague,
Czech Republic
Phone: +420 266 793 479
lta-aites@metrostav.cz
www.ita-aites.cz

Symposium on Tunnelling in Mediterranean Region

7. – 8. May 2013, Porec/Croatia
ITA Croatia
Phone: +385 51 410 447
tanja.rabar@hubitg.com
www.meditunnel2013.com

WTC 2013 World Tunnel Congress

with Swiss Tunnel Congress 2013 and ITA COSUF

Underground – the way to the future

31. May – 7. June 2013,
Geneva, Switzerland
Contact:
Phone: +41844 31 05 13
info@wtc2013.ch
www.wtc2013.ch

Deutsches tunnelforum 2013

„Licht, Farbe und soziale Sicherheit (Psychologie)“
alternativ am 17. September in Hamburg oder am 18. September in Berlin
Contact:
Rainer Homeyer-Wenner
Phone: +49 5241 802173
Rainer.Homeyer-Wenner@Bauverlag.de
http://www.bauverlag.de/de/tunnel_1096234.html

15th International Symposium on Aerodynamics, Ventilation & Fire in Tunnels

18. – 20. September 2013,
Barcelona, Spain
Contact: Ally Davies
Phone: +44 7785 621651
confx2@bhrgroup.co.uk
http://www.bhrconferences.com/isavft_15.aspx

STUVA Tagung 2013/ STUVA-Conference 2013

ICS International Congress Center, Stuttgart
27. – 29. November, 2013,
Stuttgart, Germany
Contact:
Phone: +49 221 59795-0
info@stuva.de
www.stuva-conference.com

Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	32
Devo-Tech AG, Ziefen/Basel/CH	www.devo-tech.ch	39
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	29
Elkuch Bator AG, Herzogenbuchsee/CH	www.elkuch.com	66
ETT Ersatzteil-Technik GmbH, Schwaikheim/D	www.ett-s.de	69
Friedr. Ischebeck GmbH, Ennepetal/D	www.ischebeck.de	33
Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, Stadtlohn/D	www.duecker.de	3
Gipo AG, Seedorf/CH	www.gipo.ch	37
Häny AG, Jona/CH	www.haeny.com	47
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
Mapei Suisse SA, Sorens/CH	www.mapei.ch	U4
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	31
Minova MAI GmbH, Feistritz/Drau/A	www.minovainternational.com	5
Mooser Schwingungstechnik GmbH, Puchheim/D	www.mooser.net	67
Normet International Ltd., Hünenberg/CH	www.normet.com	15
Rascor International AG, Steinmaur/CH	www.rascor.com	17
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	23
Sika Schweiz AG, Aliva Equipment, Widen/CH	www.aliva-equipment.com	25
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	41
The Robbins Company, Kent/USA	www.TheRobbinsCompany.com	7
Xella Trockenbau-Systeme GmbH, Duisburg/D	www.aestuver.de	11

bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 32. Jahrgang / 32nd 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

**Verantwortliche Redakteure /
Responsible Editors:**
Katrin Brummermann
Mobil: +49 151 64947495
E-Mail: katrin.brummermann@bauverlag.de
Manfred König
Mobil: +49 171 5602390
E-Mail: manfred.koenig@bauverlag.de
(verantwortlich für den redaktionellen Inhalt/
responsible for the editorial content)

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

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

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

Maria Schröder
Phone: +49 5241 80-2386
E-Mail: maria.schroeder@bauverlag.de
Fax: +49 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,
E-Mail: +39-335 346932,
E-Mail: vittorio@comediadsl.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 5241 80-2476

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

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

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

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

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

**Bezugspreise und -zeit / Subscription rates and
period:**
Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr/
Tunnel is published with 8 issues per year.
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten)/
Annual subscription (including postage):
Inland / Germany € 157,00
Studenten / Students € 93,20
Ausland / Other Countries € 167,20
(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zu-
schlag/with surcharge for delivery by air mail)
Einzelheft / Single Issue € 25,00
(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:**
€ 208,40 (Ausland: € 215,00)

**Combined subscription for
Tunnel + THIS including postage:**
€ 208,40 (outside Germany: € 215,00).

Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlän-
gert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr,
wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von
drei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums
gekündigt wird.
The subscription is initially valid for one year
and will renew itself automatically if it is not
cancelled in writing not later than three months
before the end of the subscription period.

Veröffentlichungen:
Zum Abdruck angenommene Beiträge und
Abbildungen gehen im Rahmen der gesetz-
lichen Bestimmungen in das alleinige Veröffent-
lichungs- und Verarbeitungsrecht des Verlages
über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen
im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert
eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und
Redaktion keine Gewähr. Die Rubrik „STUVA-
Nachrichten“ liegt in der Verantwortung der
STUVA. Die inhaltliche Verantwortung mit Na-
men gekennzeichnete Beiträge übernimmt
der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen
werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Bei-
träge und Abbildungen sind urheberrechtlich
geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zuge-
lassenen Fälle ist eine Verwertung oder Ver-
vielfältigung ohne Zustimmung des Verlages

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

Publications:
Under the provisions of the law the publis-
hers acquire the sole publication and pro-
cessing rights to articles and illustrations
accepted for printing. Revisions and ab-
ridgements are at the discretion of the
publishers. The publishers and the editors
accept no responsibility for unsolicited ma-
nuscripts. The column "STUVA-News" lies in the
responsibility of the STUVA. The author assumes
the responsibility for the content of articles in-
dentified with the author's name. Honoraria for
publications shall only be paid to the holder
of the rights. The journal and all articles and
illustrations contained in it are subject to copy-
right. With the exception of the cases permitted
by law, exploitation or duplication without the
content of the publishers is liable to punish-
ment. This also applies for recording and trans-
mission in the form of data. The general terms
and conditions of the Bauverlag are to be found
in full at www.bauverlag.de

Druck/Printers:
Merkur Druck, D-32758 Detmold

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



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



MAPEI UNDERGROUND TECHNOLOGY TEAM



[Internetseite / Site Internet](#)

Unsere Dienstleistungen für Sie

- Weltweite Interventionsmöglichkeit innerhalb 24 Stunden und während 365 Tagen pro Jahr
- Produktionssteigerung
- Kostenreduktion

Nos services pour vous

- *Intervention globale, 24 heures sur 24 et 365 jours par an*
- *Augmentation de la production*
- *Diminution des coûts*



[/mapeiswitzerland](#)



App

