# www.tunnel-online.info

3 June

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2015

Sluiskil Tunnel under the Gent Canal opened | 14 Shotcrete: Influence of the reactive Components | 22 BrennerCongress 2015 | 48







## **Pioneering Underground Technologies**



Tunnel 3/2015

### tunnel 3/15

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



Ende Mai 2015 ging in den Niederlanden der zweiröhrige Sluiskiltunnel unter dem Kanal von Gent nach vier Jahren Bauzeit in Betrieb

After four years of construction the twin-tube Sluiskil Tunnel, crossing below the Gent canal in the Netherlands, opened at the end of May 2015

Quelle/credit: CBT

#### Title

Am 19. März 2015 fiel im Innsbrucker Ahrental der Startschuss für die Vortriebsarbeiten der ersten Röhre des Brenner Basistunnels (BBT). Foto: Vorbereitung von Sprengarbeiten im Zufahrtstunnel Wolf des BBT

On March 19, 2015 the excavation of the Brenner the Innsbruck Ahrental Valley. Image: Preparatory

Base Tunnel's first bore was officially started in works for blast operations in the Wolf access tunnel of the BBT

Nachrichten / News
--------------------

2

Sluiskiltunnel unter dem Kanal Gent-Terneuzen eröffnet Sluiskil Tunnel under the Gent-Terneuzen Canal opened DiplIng. Sascha Boxheimer, DiplIng. Frank Gössl, Ing. Johan Mignon  Einfluss der reaktiven Komponenten auf die Spritzbetonperformance Influence of the reactive Components on Shotcrete Performance DrIng. Jennifer C. Scheydt  Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem 68		
Sluiskil Tunnel under the Gent–Terneuzen Canal opened DiplIng. Sascha Boxheimer, DiplIng. Frank Gössl, Ing. Johan Mignon  Einfluss der reaktiven Komponenten auf die Spritzbetonperformance Influence of the reactive Components on Shotcrete Performance DrIng. Jennifer C. Scheydt  Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Hauptbeiträge/Main Articles	
DiplIng. Sascha Boxheimer, DiplIng. Frank Gössl, Ing. Johan Mignon  Einfluss der reaktiven Komponenten auf die Spritzbetonperformance Influence of the reactive Components on Shotcrete Performance DrIng. Jennifer C. Scheydt  Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Interview  Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Alming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe	Sluiskiltunnel unter dem Kanal Gent-Terneuzen eröffnet	14
Einfluss der reaktiven Komponenten auf die Spritzbetonperformance Influence of the reactive Components on Shotcrete Performance DrIng. Jennifer C. Scheydt  Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Alming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Sluiskil Tunnel under the Gent-Terneuzen Canal opened	
Influence of the reactive Components on Shotcrete Performance DrIng. Jennifer C. Scheydt  Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	DiplIng. Sascha Boxheimer, DiplIng. Frank Gössl, Ing. Johan Mignon	
DrIng. Jennifer C. Scheydt  Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Einfluss der reaktiven Komponenten auf die Spritzbetonperformance	22
Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  BASt Tunnelsymposium 2015  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Influence of the reactive Components on Shotcrete Performance	
Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling Lok Home, Detlef Jordan  Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem 68  TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe	DrIng. Jennifer C. Scheydt	
Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner	28
Interview  Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling	
Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  BASt Tunnelsymposium 2015  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe	Lok Home, Detlef Jordan	
Dr. Klaus Rieker, Managing Director Tunneling Division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG  Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Interview	
Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG	40
Mittelamerika / Middle America  Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69		
Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors  48  BASt Tunnelsymposium 2015  57  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Alming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Ingenieurbau AG	
The Huauchinango Tunnel in Mexico  Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors 48  BASt Tunnelsymposium 2015 57  Brandschutz / Fire Protection 58  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern 58  Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres 55TUVA-Nachrichten / STUVA News 60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem 68  TCAD+ Aiming Tool 69	Mittelamerika / Middle America	
Fachtagungen / Conferences  BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors 48  BASt Tunnelsymposium 2015 57  Brandschutz / Fire Protection 58  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern 758  Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres 55TUVA-Nachrichten / STUVA News 60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem 68  TCAD+ Aiming Tool 69	Der Huauchinango-Tunnel in Mexiko	44
BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors 48  BASt Tunnelsymposium 2015 57  Brandschutz / Fire Protection 58  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern 58  Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres 57  STUVA-Nachrichten / STUVA News 60  Produkte / Products 68  TCAD+ Zielbohrsystem 68  TCAD+ Aiming Tool 69	The Huauchinango Tunnel in Mexico	
BASt Tunnelsymposium 2015  Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Fachtagungen / Conferences	
Brandschutz / Fire Protection  Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	BrennerCongress 2015 – Cross Alpine Corridors	48
Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe  69	BASt Tunnelsymposium 2015	57
Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres  STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem  TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe  69	Brandschutz / Fire Protection	
STUVA-Nachrichten / STUVA News  60  Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem  TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe  69	Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern	58
Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem 68  TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Protection against explosive Concrete Spalling with Polypropylene Fibres	
Produkte / Products  TCAD+ Zielbohrsystem 68  TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	STUVA-Nachrichten / STUVA News	
TCAD+ Zielbohrsystem 68 TCAD+ Aiming Tool Hochleistungs-Schmierpumpe 69		60
TCAD+ Aiming Tool  Hochleistungs-Schmierpumpe 69	Produkte / Products	
Hochleistungs-Schmierpumpe 69	TCAD+ Zielbohrsystem	68
	TCAD+ Aiming Tool	
	Hochleistungs-Schmierpumpe	69
	High Performance Multi-Line Pump	

Informationen/Information

Fachbücher / Technical Books

Veranstaltungen/Events	70
Inserentenverzeichnis/Advertising List	72
Impressum/Imprint	72

71

BMVI-Dokumentation: Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 2014

Quelle/credit: BBT SE

Nachrichten News Tunnel 3/2015

#### **Deutschland**

# Albaufstieg: TVM am Boßlertunnel beginnt mit Vortrieb und Ringbau

Käthchen, die Tunnelvortriebsmaschine mit der der Boßlertunnnel aufgefahren wird, hat Mitte April 2015 ihre Arbeit aufgenommen. Im ersten Vortriebsabschnitt bewegt sich die Maschine in der Oströhre, in der später das Streckengleis Ulm–Stuttgart liegen wird, aus dem Startabschnitt am Portal Aichelberg albaufwärts in Richtung des bereits hergestellten Zugangsstollens im Umpfental bei Gruibingen.

Matthias Breidenstein, Projektleiter der DB Projekt Stuttgart– Ulm GmbH für den Abschnitt Albaufstieg der Neubaustrecke Wendlingen-Ulm: "Auf diesen Tag haben die Ingenieure am

Boßlertunnel lange hingearbeitet. Wir freuen uns, dass sich das Schneidrad mit einem Durchmesser von 11,39 m und angetrieben von knapp 6200 PS jetzt kontinuierlich in den Berg fräst und die rund 2480 t schwere und 110 m lange Tunnelvortriebsmaschine vorwärts bewegt. In den ersten zwei Monaten gewöhnen sich die Mineure an den Berg und die Maschine. In dieser Phase kommen wir etwas langsamer voran, bevor wir dann die Vortriebsleistung hochfahren und rund 500 Tunnelmeter pro Monat schaffen wollen."

Verbunden mit dem Vortriebsstart waren notwendige Messungen über Tage. Zur Durchführung der Messungen musste der im unmittelbaren Anfahrbereich der TVM befindliche Fußgänger- und Radweg gesperrt werden.

#### TVM fährt längere Strecke auf

In den vergangenen Monaten haben Bahn und Auftragnehmer an einer Optimierung beim Bau des Boßlertunnels gearbeitet. Die intensiven Erkundungen der geologischen Verhältnisse beim 8806 m langen Tunnel ergaben, dass die Geologie einen deutlich weiter reichenden Einsatz der TVM ermöglicht. Bislang war der maschinelle Tunnelbau pro Tunnelröhre auf einer Länge von rund 2,8 km vorgesehen. "Jetzt planen wir, in der zuerst aufgefahrenen Oströhre circa 7500 m, in der Weströhre sogar 8500 m – also fast die gesamte Strecke – mit der TVM auffahren zu können", wie Breidenstein erläutert. "Damit können wir den Boßlertunnel mit größerer Terminsicherheit erstellen und rechnen zudem mit Einsparungen im hohen einstelligen Millionenbereich."

#### **Germany**

# TBM at the Boßler Tunnel starts Drive and Ring Construction



**Portal Aichelberg des Boßlertunnels mit Tunnelbohrmaschine**Aichelberg portal of the Boßler Tunnel with tunnel boring machine

The TBM named "Kätchchen" used to drive the Boßler Tunnel began its work in mid-April, 2015. The machine first tackled the eastern bore, which will one day accommodate the track running from Ulm to Stuttgart. It advanced from the start-up section at the Aichelberg portal up the Alb towards the access tunnel already produced at Umpfental near Gruibingen.

Mathias Breidenstein, the project manager of the DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH for the Albaufstieg section on the new Wendlingen-Ulm rail route commented: "the engineers at the Boßler Tunnel have worked a long time for this day.

We are delighted that the cutting wheel with 11.39 m diameter propelled by almost 6200 HP is now continuously eating away at the rock thus advancing the approx. 2480 t heavy and 110 m long TBM. During the first two months the tunnellers get used to the rock and the machine. In this phase we make less progress prior to increasing the rate of advance to try to accomplish some 500 tunnel metres per month". Essential measurements on the surface accompanied the start of excavation. The pedestrian and cycling path immediately in the vicinity of the TBM start-up zone had to be closed while the measurements were carried out. I

#### TBM is applied for a longer Distance

During recent months the railways and the contractor have concentrated on optimizing the Boßler Tunnel construction scheme. Intensive investigations of the geological conditions for the 8806 m long tunnel revealed that the geology permitted the TBM to be applied for a substantially longer distance. Previously it was intended to use mechanized means over a length of some 2.8 km per tunnel tube. "Now we are planning to excavate around 7500 m in the eastern bore, which is being tackled first, then as much as 8500 m in the western one – in other words almost the entire distance – with the TBM", as Breidenstein explained. "In this way we can produce the Boßler Tunnel with plenty of time to spare and also reckon with substantial savings worth many millions".



#### DYNAMIK AUF GUTEM FUNDAMENT

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

#### **STRABAG AG**

Bifang 4, 6472 Erstfeld
Tel. +41 41 882 11 11
Fax +41 41 882 11 10
tunnelbau-schweiz@strabag.com



4 Nachrichten News Tunnel 3/2015

#### **Deutschland**

# NBS Wendlingen-Ulm auf der Albhochfläche kommt zügig voran



Die Tunnelröhre des Tunnels Widderstall wird erstellt Construction of the Widderstall tunnel tube

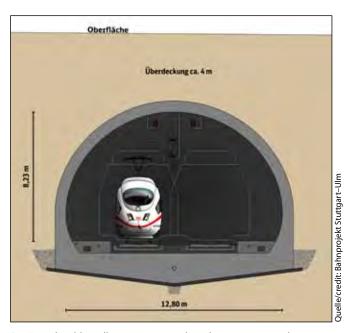
Die Deutsche Bahn AG hat den Auftrag für den Streckenabschnitt Merklingen-Hohenstadt der Neubaustrecke Wendlingen-Ulm auf der Albhochfläche an eine Arbeitsgemeinschaft der Bauunternehmen Leonhardt Weiss, Göppingen, und Bauer Spezialtiefbau, Schrobenhausen, vergeben. Das Auftragsvolumen liegt bei rund 87 Millionen Euro. "Wir legen beim Bau der Neubaustrecke auf der Albhochfläche ein hohes Tempo vor", sagte Dr. Stefan Kielbassa, der DB-Projektleiter für die Abschnitte Albhochfläche, Albabstieg und die Einbindung in den Hauptbahnhof Ulm.

Der im Februar vergebene dritte Streckenabschnitt zwischen Merklingen und Hohenstadt enthält zwei besondere Herausforderungen: den 394 m langen Tunnel Merklingen und die 378 m lange Unterfahrung der Autobahn bei Hohenstadt. Dazu weiß der Bahnprojektleiter: "Mit beiden Tunneln werden keine topografischen Hindernisse durchquert. Wir bauen die zweigleisigen Tunnel in offener Bauweise, um bestehende Straßen zu unterfahren. Die Herausforderung für die Ingenieure liegt in der Gleichzeitigkeit von Bauen und Aufrechterhalten der Straßenverkehre." Beim Merklinger Tunnel betrifft dies sowohl die Autobahnanschlussstelle Merklingen der Fahrtrichtung München sowie die Landstraße L1230; im Bereich von Hohenstadt unterquert der Tunnel direkt die Bundesautobahn A8 Karlsruhe-München. Die Bahn hat die Bauabläufe für beide Tunnel so geplant, dass temporäre Verlegungen der Straßenverkehre entstehen.

Der zweite Streckenabschnitt von Temmenhausen nach Nellingen/Merklingen ist seit März 2014 im Bau. Umfangreiche Erdar-

#### Germany

# New Wendlingen-Ulm Rail Route on the Alb Plateau forging ahead



Der Tunnel Widderstall mit 962 m Länge besteht aus einer zweigleisigen Röhre und wird in offener Bauweise erstellt

The Widderstall Tunnel consists of a two-track tube built by cut-and-cover

The Deutsche Bahn AG awarded the contract for the Merklingen-Hohenstadt route section of the new Wendlingen-Ulm rail route on the Alb Plateau to a JV comprising the contractors Leonhardt Weiss, Göppingen and Bauer Spezialbau, Schrobenhausen. The contract is worth around 87 million euros. Dr. Stefan Kielbassa, the DB-project manager for the Alb Plateau, Albabstieg and Ulm Central Station Link sections commented: "We're forging ahead with building the new rail route on the Alb Plateau".

The third route section between Merklingen and Hohenstadt awarded in February involves two particular challenges: the 394 m long Merklingen Tunnel and the 378 m long underpass for the motorway at Hohenstadt. The rail project manager is aware that "no topographical obstacles have to be negotiated with the two tunnels. We are producing the two-track tunnels by cut-and-cover so that existing roads can be underpassed. The engineers face the simultaneous challenge of pressing on while still maintaining road services". In the case of the Merklingen Tunnel this applies both to the Merklingen motorway junction in the direction of Munich as well as the L1230 country road. Near Hohenstadt the tunnel directly passes beneath the A8 federal motorway Karlsruhe-Munich. The Deutsche Bahn has planned the construction activities for both tunnels with temporarily rerouted road traffic.

The second route section from Temmenhausen to Nellingen/Merklingen has been under construction since March 2014. Extensive earthworks are being tackled in preparation for building the Imberg Tunnel and setting up further bridge structures.

Tunnel 3/2015 Nachrichten News 5

beiten bereiten insbesondere den Bau des Tunnels Imberg und den Bau weiterer Brückenbauwerke vor.

#### Widderstalltunnel

Am Tunnel Widderstall arbeitet die Bahn seit Anfang 2013. Der Tunnel Widderstall befindet sich zwar örtlich im dritten Streckenabschnitt. Die Bahn hatte den Bauauftrag für den 962 m langen zweigleisigen Tunnel jedoch separat als vorgezogene Maßnahme vergeben, um hinreichend Bauzeit einplanen zu können. Dr. Kielbassa: "Ziel ist es, die gesamte Strecke auf der Albhochfläche möglichst frühzeitig fertigzustellen, damit die folgende eisenbahntechnische Ausrüstung nicht unter Zeitdruck gerät. Wegen des schwierigen Baugrunds, der durchaus Überraschungen bergen kann, ist es gut, über Zeitreserven zu verfügen." Damit spricht der DB-Projektleiter mögliche Karsthöhlen an. Der Karst macht der Bahn allerdings bisher weniger Erschwernisse, als prognostiziert worden war.

Ende April 2015 waren beim Bau des Tunnels Widderstall, der in offener Bauweise gebaut wird, rund 94 % der insgesamt 442 000 m³ ausgehoben. Die Tunnelsohle war auf einer Länge von rund 355 m betoniert. Auf rund 250 m Länge stand bereits ein fertiges Tunnelgewölbe.

#### **Widderstall Tunnel**

The Deutsche Bahn has been engaged in building the Widderstall Tunnel since early 2013. Admittedly the Widderstall Tunnel is located in the third route section. However, the DB awarded the 962 m long two-track tunnel separately as an advance measure in order to ease the construction schedule. Dr. Kielbassa: "The aim is to complete the entire section on the Alb Plateau as soon as possible so that the installation of the subsequent rail engineering equipment is not faced with time pressure. On account of the tricky subsoil, which can certainly conceal surprises, it is best to have time reserves available". The DB-project manager is referring to possible karst cavities. However, the karst has so far posed fewer difficulties to the DB than was originally forecast.

By the end of April 2015 some 94 % of a total of 442 000 m³ had been excavated during the construction of the Widderstall Tunnel, being built by cut-and-cover. The tunnel floor had been concreted over a distance of 355 m. A completed tunnel vault had been produced over a length of 250 m.



6 Nachrichten News Tunnel 3/2015

#### Österreich

# Koralmbahn: Tunnelketten Granitztal und St. Kanzian

#### Austria

# Koralmbahn: Granitztal and St. Kanzian Chains of Tunnels



**Tunnelkette St. Kanzian: Visualisierung Portal Tunnel Srejach**St. Kanzian chain of tunnels: visualizing the Srejach Tunnel portal

#### **Tunnelkette Granitztal**

Die Tunnelkette Granitztal ist Teil der 130 km langen Koralmbahn zwischen Graz und Klagenfurt; sie liegt im 7,8 km langen Abschnitt zwischen St. Andrä und Aich, mit deren Bauausführung die ÖBB-Infrastruktur AG die Arbeitsgemeinschaft Implenia (Federführung) und Hochtief Infrastruktur beauftragt hat. Der Auftragswert der durchgehend zweigleisigen Neubaustrecke beträgt rund 140 Millionen Euro. Kernstück ist dabei die 6,3 km lange Tunnelkette Granitztal mit den beiden bergmännischen Tunneln Deutsch Grutschen (rd. 2,6 km) und Langer Berg (rd. 2,9 km), die wie der Koralmtunnel als zweiröhrige Tunnel mit Querschlägen und Notausgängen sowie einer Lüftungszentrale auszuführen sind. Der Granitzbach wird mit einer geschlossenen Tunnelbrücke, der Einhausung Granitztal (0,6 km), überquert. Nach Baubeginn Anfang 2015 ist der Abschluss der Arbeiten für April 2020 vorgesehen.

#### **Tunnelkette St. Kanzian**

Anfang Februar 2015 vergab die ÖBB-Infrastruktur AG zudem die Arbeiten für die Tunnelkette St. Kanzian zwischen Schreckendorf und Peratschitzen, zu der als Hauptbestandteil der 620 m lange Tunnel in Srejach und der 665 m lange Tunnel in Untersammels-

#### **Granitztal Valley Chain of Tunnels**

The Granitztal Valley chain of tunnels represents part of the 130 km long Koralmbahn Railway between Graz and Klagenfurt. It is located in the 7.8 km long section between St. Andrä and Aich. The ÖBB-Infrastruktur AG has commissioned the Implenia (general management) and Hochtief Infrastruktur JV to execute construction. The continuous twin-track new rail route is worth around 140 million euros. The core element is the 6.3 km long Granitztal chain of tunnels involving the two tunnels Deutsch Grutschen (approx. 2.6 km) and Langer Berg (roughly 2.9 km). Like the Koralm Tunnel they are designed as two-bore structures with cross-passages and emergency exits as well as a ventilation centre. The Granitzbach watercourse will be spanned by a closed tunnel bridge, the Granitztal Housing (0.6 km). Work commenced in early 2015 and is due to be completed in April 2020.

#### St. Kanzian Chain of Tunnels

In early February 2015 the ÖBB-Infrastruktur AG also commissioned the production of the St. Kanzian chain of tunnels between Schreckendorf and Peratschitzen. The main elements are the 620 m long tunnel at Srejach and the 665 m long tunnel in Untersammelsdorf. The main contract section including a number of bridge structures

Tunnel 3/2015 **Nachrichten** News

dorf gehören. Das Hauptbaulos auch mit einigen Brückenbauwerken und freien Streckenbereichen wird für rund 140 Millionen Euro von der Arbeitsgemeinschaft Kostmann/Baresel ausgeführt. Die beiden ebenfalls zur Koralmbahn gehörenden Tunnel werden im, Seeton" errichtet, einem besonderen tonigen und stark wasserhaltenden, lehmigen Material. Deshalb müssen vor Baubeginn der beiden Tunnelbauten umfangreiche Bodenverbesserungen, zum Beispiel Injektionen per Düsenstrahlverfahren, durchgeführt werden. Die beiden Tunnel werden danach in Deckelbauweise oder in der geschlossenen Bauweise mit Baggervortrieb ausgeführt. Bereits vor fünf Jahren wurde deshalb in Untersammelsdorf ein Versuchsfeld zum Testen unterschiedlicher Arten von Bohrpfählen und Düsenstrahlsäulen gebaut. Das nicht weiter verwendbare Aushubmaterial wird in einer Bauschutt- und Baurestmassendeponie vor Ort entsorgt. Diese Tunnelbauwerke sollen im Rohbau bis 2019 fertiggestellt werden.

and open route sections will be executed for around 140 million euros by the Kostmann/Baresel Joint Venture. The two tunnels, which are also part of the Koralmbahn, are being constructed in "lake clay", a particularly clayey, loamy material that contains a great deal of water. As a consequence substantial soil improvements had to be carried out prior to construction. These included jet grouting measures. The two tunnels will subsequently be produced by the top-down method or cut-and-cover employing an excavator. As a result, a test field was set up at Untersammelsdorf five years ago to try out various types of drilled piles and jet grouting columns. Excavated material that cannot be recycled will be stored at a dump for muck and residual material on the spot. The structural works are scheduled to be completed by 2019.



#### Literatur/References

- [1] Koralmtunnel: Baubeginn im Hauptabschnitt. Tunnel 7/2013, S. 4 und 6/2013, S. 56-58
- [2] Koralmbahn: Auschreibung des längsten Tunnelloses. Tunnel 2/2013, S. 4
- [3] Brux, G.: Koralmtunnel und neuer Semmering Basistunnel: Stand der Dinge, Tunnel 2/2014, S. 56-60
- [4] Koralmtunnel: Sicherheit beim Bau und nach Inbetriebnahme. Tunnel 8/2014, S. 12-13



Nachrichten News Tunnel 3/2015

#### Österreich

# Zweite Tunnelröhre Klaus: Vortriebsbeginn im April 2015

Aktuell werden zur Erhöhung der Verkehrssicherheit an der A9 Pyhrn Autobahn, die vom Knoten Voralpenkreuz bis Spielfeld an der slowenischen Grenze verläuft, die nicht voll ausgebauten Lücken nacheinander geschlossen, nämlich die Tunnelkette Klaus zwischen den Anschlussstellen Klaus und St. Pankraz/Hinterstoder sowie der Bosruck- und der Gleinalmtunnel. Begonnen wurde im Jahr 2013 mit den Brücken des insgesamt rund 8 km langen und vorwiegend aus Tunneln und Brücken bestehenden Bauprojekts Tunnelkette Klaus: eine Rampenbrücke im Bereich der Anschlussstelle Klaus, Talübergänge Steyer (270 m), Pertlgraben (190 m), Wallergraben (50 m), Rettenbach und Teichl (je 90 m). Die Brücken sind als Zufahrtsstrecken Voraussetzung für den anschließenden Bau der zweiten Röhren bei den Tunneln Klaus (2,2 km), Spering (2,9 km), Traunfried (450 m) und Falkenstein (750 m). Die durchgehenden Fluchtstollen der beiden längeren Tunnel Spering und Klaus werden aufgeweitet; für die beiden kürzeren Tunnel Falkenstein und Traunfried müssen neue ausgebrochen werden. Die Tunnelanschläge für die zweiten Röhren für den Spering- und Falkensteintunnel folgten Ende 2014 und für den Tunnel Traunfried und Klaus ab April 2015. Ende 2017 wird man den Verkehr in die neuen Tunnelröhren in Fahrtrichtung Linz verlegen und anschließend die Bestandsröhren sanieren. Die neuen Röhren der Tunnelkette Klaus und die Bestandsröhren werden sicherheitstechnisch mit dem modernsten Stand der Technik ausgestattet. Die Gesamtverkehrsfreigabe der voll ausgebauten Tunnelkette Klaus ist für Ende 2018 geplant. Bis dahin investiert die Asfinag 180 Millionen Euro in die Autobahn A9.

#### **Austria**

# Second Klaus Tunnel Bore: Start of Excavation in April 2015

Currently the Klaus chain of tunnels between the Klaus and St. Pankraz/Hinterstoder junctions, the Bosruck and the Gleinalm tunnels, which represent undeveloped gaps on the A9 Pyhrn Motorway, are being developed successively. The intention is to increase traffic safety on the motorway, which runs from the Voralpenkreuz hub to Spielfeld on the Slovenian border. Work on the bridges for the altogether 8 km long Klaus chain of tunnels construction project commenced in 2013. It mainly comprises tunnels and bridges: a ramp bridge near the Klaus junction, and the valley crossings Steyer (270 m), PertIgraben (190 m), Wallergraben (50 m), Rettenbach and Teichl (each 90 m). The bridges are foreseen as connecting sections required for the subsequent building of the second bores for the Klaus (2.2 km), Spering (2.9 km), Traunfried (450 m) and Falkenstein (750 m) tunnels. The continuous evacuation tunnels for the two longer tunnels Spering and Klaus are to be expanded. New evacuation tunnels are to be excavated for the shorter Falkenstein and Traunfried tunnels

The second bores for the Spering and Falkenstein tunnels were started on in late 2014 and those for the Traunfried and Klaus tunnels as from April 2015. At the end of 2017 traffic will be transferred into the new tunnel bores in the direction of Linz and the existing bores subsequently redeveloped. The new bores of the Klaus chain of tunnels and the existing tubes are to be fitted with the latest safety technology. The completely developed Klaus chain of tunnels is scheduled to become fully operational in late 2018. By then motorway operator Asfinag will have invested 180 million euros in the A9 motorway.



#### Frankreich

## **Zweite U-Bahnlinie in Rennes: Vortriebsarbeiten bis 2017**

Die zweiten U-Bahnlinie (Metro Linie B) der französischen Stadt Rennes soll eine Strecke von 13 km mit 15 Stationen umfassen. 8,1 km davon werden maschinell aufgefahren und 2,4 km in offener Bauweise errichtet; die übrigen Streckenanteile verlaufen als Hochbahn (2,4 km) oder ebenerdig (300 m). Nach Ausführung der letzten Vorarbeiten wurde Anfang 2015 mit dem TBM-Vortrieb der 8,1 km langen Tunnelsrecke mit neun Stationen in 20 m Tiefe begonnen. Bei der Vortriebsleistung des eingesetzten EPB-Schildes (300 m/Monat) werden die Vortriebsarbeiten 2017 beendet sein. Die zweite U-Bahnlinie soll Ende 2019 in Betrieb gehen. *G. B.* 



# Second Metro Line in Rennes: Excavation will be finished in 2017

The second Metro Line (Metro Line B) in the French city of Rennes with 15 stations will be 13 km long. 8.1 km of this total will be driven mechanically and 2.4 km by cut-and-cover. The remaining parts of the route will be elevated (2.4 km) or run on the surface (300 m). After completing the final preparations, work commenced on the 8,1 km long mechanically driven tunnel at a depth of 20 m with nine stations in early 2015. Given the rate of progress of the EPB shield being used (300 m/month) driving operations are expected to finish in 2017. This second Metro Line is due to become operational in late 2019.





 $\bigcirc$ 

Tunnel 3/2015 Nachrichten News

#### Veranstaltung

# 2. Fachmesse bui 2016 – Brünig Untertag Innovation

Nach der erfolgreichen Premiere im September 2014 soll die Fachmesse bui – Brünig Untertag Innovation in die zweite Runde gehen: Am 4. und 5. Februar 2016 laden die Veranstalter wieder in Die Schweiz nach Lungern ein, wo dern Brünig Park als Veranstaltungsort eine Tunnel- und Kavernenanlage mit über 100 000 m³ Ausbruchsvolumen zu bieten hat. Neben der Fachausstellung bietet die Messe für Untertagbauspezialisten Gelegenheit zum professionellen Networking. Aussteller sind gebeten, sich bis spätestens zum 31. Oktober 2015 verbindlich anzumelden. Weitere Informationen dazu sowie Anmeldeformulare finden sich online unter www.bui-expo.ch.

**Kontakt:** Edith Bürgi Tel.: +41 41 679 77 99 Fax: +41 41 679 77 75 bui@bruenigpark.ch

#### **Event**

### 2<sup>nd</sup> bui Trade Fair in 2016 – Brünig Underground Innovation

Following the successful premiere held in September 2014, the bui – Brünig Underground Innovation – trade fair is to be repeated on February 4–5, 2016. The organizers are issuing an invitation to attend the fair at Lungern in Switzerland, where the Brünig Park will be the venue providing a tunnel and cavern facility with an excavated area in excess of 100 000 m³. Apart from the exhibition, the fair for underground specialists will provide opportunities for professional networking. Exhibitors are requested to confirm registration by October 31, 2015 at the latest. Further relevant details as well as application forms are available online by accessing www.bui-expo.ch.

**Contact:** Edith Bürgi Tel.: +41 41 679 77 99 Fax.: +41 41 679 77 75 bui@bruenigpark.ch

www.bui-expo.ch





#### We understand our business



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

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

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

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

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



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

www.martitechnik.com

Nachrichten News Tunnel 3/2015

#### **Deutschland**

### Ausbauprojekt VDE 8.1: Burgbergtunnel erhält zweite Röhre

Im Zuge des Ausbauprojekts VDE 8.1 ist im 16 km langen Abschnitt im Bereich Erlangen (Fertigstellung bis 2018; Kosten: rund 108 Millionen Euro) für den viergleisigen Ausbau der Bahnstrecke Nürnberg–Ebensfeld ein zweiter zweigleisiger Tunnel neben dem bestehenden Burgbergtunnel erforderlich, der als erster Bayerischer Bahntunnel 1844 eröffnet wurde. Die neue 306 m lange Unterquerung des Burgbergs im Sand- und Tongestein mit ständig wechselnder Festigkeit und Verformbarkeit entsteht in bergmännischer Bauweise; nur kurze Abschnitte von je 6 m im Bereich der Tunnelportale werden in offener Bauweise ausgeführt. Die Tunnelröhre mit 130 m² Ausbruchquerschnitt wird zweischalig ausgeführt: die Außenschale bestehet aus Spritzbeton und die Innenschale wird aus Ortbeton gefertigt. Der neue Tunnel erhält Schotteroberbau und die notwendige technische Ausrüstung. Er endet an beiden Portalen gemeinsam mit dem bestehenden

#### Germany

### Upgrading Project VDE 8.1: Burgberg Tunnel receives 2<sup>nd</sup> Bore

As part of the rail upgrading project VDE 8.1, a second two-track bore is required next to the existing Burgberg Tunnel on the 16 km section near Erlangen (completion by 2018, cost about 108 million euros) to complete the four-track upgrading of the line from Nuremberg to Ebensfeld. The existing tunnel was the first rail tunnel built in Bavaria in 1844. The new 306 m long tunnel under the Burgberg is being mined in sandstone and claystone with continuously fluctuating strength and deformability, with only short sections 6 m long being built by cut-and-cover at each portal. The new tunnel, with an excavated section of 130 m², will be constructed in two passes: the outer support consisting of shotcrete and an inner lining of in-situ concrete. The new tunnel will have tracks laid on ballast and the necessary technical equipment. The two portals are each next to the portals of the existing tunnel and are designed to fit in with the historic portals. The retaining walls up to 11 m high





Tunnel 3/2015 Nachrichten News 11

Tunnel und wird an die historischen Portale angepasst. Die bis 11 m hohen Stützwände in den Einschnitten vor den Portalen erhalten eine Schallschutz-Beschichtung. Die Investition für dieses Bauprojekt beträgt knapp 16 Millionen Euro; der neue Tunnel soll 2017 in Betrieb genommen werden.

Nach dem Bau und der Inbetriebnahme der neuen Tunnelröhre ist vorgesehen, den bestehenden Tunnel dem heutigen Stand der Technik anzupassen. Die Planungen dazu laufen separat und zeitversetzt zur neuen Röhre. G. B.



Bauarbeiten am Nordportal des Burgbergtunnels

Construction works at the north portal of the Burgberg Tunnel

at the entrance cuttings before the portals will have a coating for noise protection. The investment in this construction project is just under 16 million euros, and the new tunnel should go into operation in 2017.

After the completion of construction and fitting out of the new tunnel bore, it is intended to adapt the existing tunnel to current technical standards, for which the design work is running separately from the new bore with a time delay. G.B.





A9 Umfahrung Visp, Tunnel Eyholz

# Ingenieurskunst – unsere Leidenschaft

Gesamtlösungen für Energie, Infrastruktur und Umwelt.

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

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



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

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





# **KANALGIPFEL** 2015

30.09. - 01.10.2015 Schloss Berge, Gelsenkirchen

Der Kanalgipfel ist der Fachkongress für Wertermittlung und Werterhalt von Entwässerungssystemen.

#### Kongress-Schwerpunkte

- die fundierte technische und wirtschaftliche Bewertung langlebiger Entwässerungsanlagen
- eine detaillierte und konsistente Wertermittlung von Entwässerungssystemen sowie Strategien zu deren Werterhalt
- Erfassung und Bewertung des aktuellen Kanalvermögens
- Planungsinstrumente zur Prognose der Entwicklung und nachhaltigen Steuerung des Kanalvermögens
- Effiziente Gestaltung aktueller und zukünftiger Investitionen in die Instandhaltung von Entwässerungsanlagen

www.kanalgipfel.de

#### Ort der Veranstaltung

Schloss Berge Adenauerallee 103 45894 Gelsenkirchen www.schloss-berge.de

#### Infos und Anmeldung

www.kanalgipfel.de













Tunnel 3/2015 **Nachrichten** News 13

#### Katar

### **Hochtief beteiligt an IDRIS-**Tunnelbauauftrag für 265 Mio. Euro

Hochtief Solutions Middle East Qatar W.L.L. unterzeichnete gemeinsam mit Al Sraiya Strabag for Roads and Infrastructure W.L.L.und Petroserv Limited einen Vertrag zum Bau des zentralen Teilabschnittes des neuen Abwassernetzwerkes IDRIS (Inner Doha Resewerage Implementation Strategy) unter der Hauptstadt von Katar. Bauherr ist die staatliche Infrastrukturbehörde ASHGAL. Der Bauauftrag ist Teil einer umfassenden Sanierung und Erweiterung des überlasteten Abwassersystems im historischen Süden von Doha. Das System, das etwa eine Fläche von 680 km² entsorgt, wird aufgrund des rapiden Wachstums der Bevölkerung benötigt. Das Gesamtprojekt umfasst mehrere kleinere Verbindungen an die bestehende Kanalisation.

Der 14,7 km lange Tunnel wird unter Einsatz von zwei Tunnelbohrmaschinen aufgefahren. Nach dem Einbau der Tunnel-Außenschale wird zusätzlich eine Innenschale eingebaut, um den Beton durch eine HDPE-Membran vor den aggressiven Gasen zu schützen. Damit soll eine 100-jährige Projektlebensdauer sichergestellt werden.

Der Innendurchmesser des Abwassertunnels wird 4,5 m betragen. Neben dem Tunnel werden auch bis zu 45 m tiefe Schächte erstellt, die teilweise als Anschluss an andere IDRIS-Baulose dienen werden. Die Arbeitsgemeinschaft ist auch für die Ausführungsplanung des anspruchsvollen Projekt verantwortlich, welches in einer 45-monatigen Bauzeit Anfang 2019 fertiggestellt werden soll und einen Gesamtauftragswert von 265 Millionen Euro umfasst (Hochtief-Anteil: 45 %).

#### **Oatar**

### **Hochtief wins Tunnel Construction Contract for Doha Sewerage System**

Hochtief Solutions Middle East Qatar W.L.L., together with Al Sraiya Strabag for Roads and Infrastructure W.L.L. and Petroserv Limited, signed a contract for construction of the central section of the new sewerage network IDRIS (Inner Doha Resewerage Implementation Strategy) under the capital of Qatar. The client is the Public Works Authority (ASHGHAL).

The construction contract is part of an extensive refurbishment and expansion of the overloaded sewerage system in the historic south of Doha. The system, which serves an area of 680 km<sup>2</sup> is required as the result of rapid population growth. The overall project includes several smaller connections to the existing sewer system.

For constructing the 14.7 km long tunnel, two tunnel boring machines will be used. After installation of the tunnel's outer shell an inner lining will be added to protect the concrete from the aggressive gases by means of an HDPE membrane, ensuring a planned project life of 100 years.

The sewer tunnel will have an interior diameter of 4.5 m. In addition to the tunnel, shafts up to 45 m deep will be built, some of which will serve as connectors to other IDRIS construction contracts. The joint venture is responsible for the execution planning for this demanding project which is scheduled to be completed by the beginning of 2019, after a construction period of 45 months. The contract has a value 265 million euros, with a Hochtief share of 45 %.





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

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





Niederlande Netherlands Tunnel 3/2015

### Sluiskiltunnel unter dem Kanal Gent-Terneuzen eröffnet

Die Drehbrücke bei Sluiskil in der Provinz Zeeland, die über den Kanal von Gent nach Terneuzen führt, ist ein Nadelöhr für den Straßenverkehr. Die Brücke steht im Durchschnitt 23-mal und in Summe bis zu 5 Stunden pro Tag offen, um Hochseeschiffe passieren zu lassen. Das sorgte für lange Wartezeiten für den Verkehr südlich des Westerscheldetunnels. Ende Mai 2015 ging der zweiröhrige Sluiskiltunnel nach vier Jahren Bauzeit in Betrieb und ermöglicht seitdem einen kontinuierlichen Verkehrsfluss.

### Sluiskil Tunnel under the Gent-Terneuzen Canal opened

The swing bridge at Sluiskil in the Netherlands province of Zeeland crosses the canal from Gent to Terneuzen. It is a bottleneck for road traffic: The bridge opens on average 23 times a day for a total of up to five hours in order to enable ships to pass. This led to long waiting times for traffic south of the Westerschelde Tunnel, which opened in 2003. After four years of construction the twin-bore Sluiskil Tunnel opened in May 2015, which now enables an uninterrupted flow of traffic.

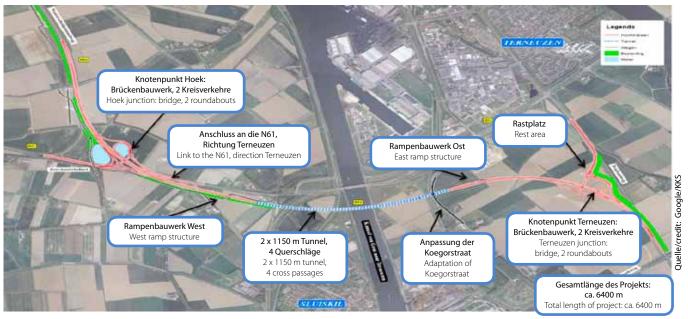
Dipl.-Ing. Sascha Boxheimer, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Tunnelbau, Frankfurt
Dipl.-Ing. Frank Gössl, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Tunnelbau, Frankfurt
Ing. Johan Mignon, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Tunnelbau, Niederlassung Benelux, Antwerpen

#### **Projektübersicht**

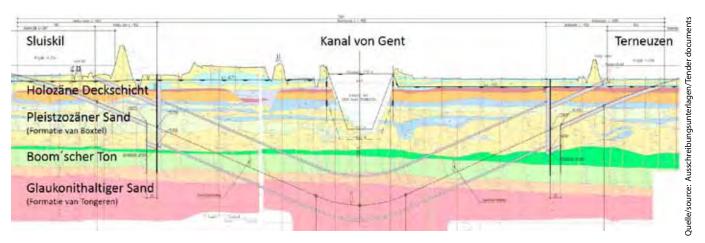
Der Straßenabschnitt südlich des 2003 fertiggestellten Westerscheldetunnels und der im Norden Flanderns verlaufenden Autobahn E34 war bislang nur über eine Drehbrücke zu erreichen, die zwischen den Orten Terneuzen und Sluiskil den Kanal von

#### **Project Overview**

The road section south of the Westerschelde Tunnel and the motor-way E34 in the north of Flanders have until now only been accessible over a swing bridge across the Gent canal between Terneuzen and Sluiskil. Shipping on the canal means that the bridge opens up to



Übersicht Projekt Sluiskiltunnel
 Overview of the Sluiskil Tunnel project



2 Geologischer Längsschnitt Sluiskiltunnel. Schichtenaufbau von oben nach unten: Holozäne Deckschicht, pleistozäner Sand (Formatie van Boxtel), Boom'scher Ton, Glaukonithaltiger Sand (Formatie van Tongeren)

Geological longitudinal section of Sluiskil Tunnel. Strata from top to bottom: Holocene cover layers, Pleistocene sand (van Boxtel formation), Boom'sche clay, sand with glauconite (van Tongeren formation)

Gent überquert. Der Schiffsverkehr auf dem Kanal sorgt dafür, dass die Brücke im Schnitt bis zu 23-mal und in Summe bis zu fünf Stunden pro Tag geschlossen ist. Der Straßenverkehr kommt in dieser Zeit vollständig zum Erliegen. Der neue, jeweils zweispurige Abschnitt ermöglicht zukünftig eine stillstandsfreie Fahrt zwischen der Autobahn E34 im Norden von Flandern und dem Westerscheldetunnel im Süden der Niederlande. Die Finanzierung des ca. 300 Mio. Euro umfassenden Projektes erfolgt maßgeblich durch die Provinz Zeeland (ca. 40 %) und die ausführende Behörde des niederländischen Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt, Rijkswaterstaat (50 %).

Der Sluiskiltunnel ist auf eine Geschwindigkeit von 100 km/h ausgelegt. Der Bohrtunnel wurde als Herzstück der neuen Verbindung mit zwei jeweils 1145 m langen, zweispurigen Tunnelröhren ca. 250 m südlich der Brücke geplant. Inklusive der beiden Zufahrtsrampen ergibt sich eine Gesamtlänge von 1330 m für den Tunnel, der an der tiefsten Stelle 33 m unter dem Wasserspiegel liegt. Die Tunnelgradiente hat ein Gefälle von maximal 4,5 %. Der Durchmesser der beiden Röhren ist mit etwa 10 m identisch zum nördlich gelegenen Westerscheldetunnel. Darüber hinaus waren noch ungefähr 5 km zweispurige Infrastruktur zum Anschluss an das bestendende Straßennetz zu erstellen, so dass sich eine Gesamtlänge von etwa 6,4 km pro Richtung ergibt.

#### Gesamtterminplan

Die Ausschreibung für den Bau des Sluiskiltunnels wurde 2009 veröffentlicht. Die Angebotsphase mit Dialoggesprächen zwischen Bietern und Auftraggeber dauerte bis ins Jahr 2010. Im November 2010 wurde die ARGE CBT (Combinatie BAM/TBI) mit dem Bau und der zweijährigen Wartung des Sluiskiltunnels beauftragt. Die ARGE besteht aus den beiden BAM-Tochterfirmen BAM Civiel und Wayss & Freytag Ingenieurbau sowie den beiden TBI-Tochterfirmen Mobilis BV und Croon Elektrotechniek BV. Nach dem Einholen aller erforderlichen Genehmigungen konnten

23 times a day for a total of five hours, with road traffic being totally blocked during these times. The new section of two tubes with two lanes each will provide an uninterrupted link between the E34 motorway in the north of Flanders and the Westerschelde Tunnel in the south of the Netherlands. Financing for the approx. 300 million euro project is mostly provided by the Province of Zeeland (about 40 %) and the client authority, the Netherlands Ministry for Infrastructure and Environment, Rijkswaterstaat (50 %).

The Sluiskil Tunnel is designed for a speed of 100 km/h. The bored tunnel will be the key structure in the new link with two two-lane tubes, each 1145 m long, situated about 250 m south of the existing bridge. Including the access ramps, the tunnel has a total length of 1330 m and is 33 m below water level at the deepest point. The vertical alignment of the tunnel has a maximum gradient of 4.5 %. The diameter of the two tubes at about 10 m is almost identical to that of the Westerschelde Tunnel to the north. The contract also includes about 5 km of dual carriageway infrastructure to connect to the existing road network, giving an overall length of about 6.4 km in each direction.

#### **Overall Schedule**

The call for tenders for the construction of the Sluiskil Tunnel was published in 2009, and the bidding phase with dialogue meetings between the bidders and the client lasted into the year 2010. In November 2010, the consortium JV CBT (Joint Venture BAM/TBI) was awarded the contract to construct the Sluiskil Tunnel including two years of maintenance. JV CBT consist of the two BAM subsidiaries BAM Civiel and Wayss & Freytag Ingenieurbau together with the two TBI subsidiaries Mobilis BV and Croon Elektrotechniek BV.

After the necessary permits had been obtained in October 2011, construction work started with the ramp structures, and tunnelling of the first bore started in January 2013. The second tube of the tunnel was completed early with the arrival of the tunnel boring machine (TBM) in the reception shaft at the end of October 2013.

Niederlande Netherlands Tunnel 3/2015





**3** Rampenbauwerk Ost mit Startschacht im Bauzustand (links) und Rampenbauwerk West im Endzustand (rechts)
East ramp structure with launching shaft in construction state (left) and west ramp structure in completed state (right)

im Oktober 2011 die Bauarbeiten an den Rampenbauwerken aufgenommen werden; im Januar 2013 begann der Vortrieb der ersten Tunnelröhre. Die Vortriebsarbeiten der zweiten Tunnelröhre wurden bereits Ende Oktober 2013 mit der Ankunft im Zielschacht beendet. Die Tunnelausbauarbeiten sowie die tunneltechnischen und verkehrstechnischen Installationen wurden in den Röhren jeweils unmittelbar nach der Demontage der Tunnelbohrmaschine (TBM) im Zielschacht begonnen. Nach erfolgreichem Abschluss der sechsmonatigen Testphase markierte der 23. Mai 2015 schließlich die offizielle Freigabe des Sluiskiltunnels für den Straßenverkehr.

#### Geologie

Der Sluiskiltunnel weist ähnliche Bodenverhältnisse wie der nahe gelegene Westerscheldetunnel auf, an dessen Bau BAM und Wayss & Freytag bereits beteiligt waren. Der Schichtenaufbau ist in **Bild 2** wiedergegeben. Während der Bauarbeiten wurden vier Hauptbodenschichten angetroffen (von oben nach unten): 2 bis 3 m holozäne Decklagen, ein ca. 8 bis 12 m dickes pleistozänes Sandpaket (Formatie van Boxtel), der Boom'sche Ton mit einer Schichtdicke von ca. 5 bis 7 m sowie darunter eine überkonsolidierte Sandschicht (Formatie van Tongeren), die in den obersten 2.5 m im Mittel 18 % Glaukonit enthält.

Die beiden Zufahrtsrampen zu den Tunnelröhren waren im pleistozänen Sand (**Bild 2**, gelb) herzustellen. Die Tunnelröhren tauchen vom pleistozänen Sand ab, durchdringen den Boom'schen Ton (grün) und reichen im mittleren Tunnelabschnitt bis in die dichtgepackten glaukonithaltigen Sande (rot).

#### Zufahrtsstrecken und Rampenbauwerke

Wie in **Bild 1** zu sehen ist, waren neben den beiden Tunnelröhren umfangreiche Straßenbauarbeiten auf beiden Seiten des Kanals durchzuführen, um die Infrastruktur zweispurig auszubauen und an die bestehenden Trassen im Nordwesten und Südosten anzuschließen. Auf Grund der schlechten Bettungseigenschaften der holozänen Deckschichten wurden hier umfangreiche und zeit-

The tunnel services and traffic installations were started in both bores immediately after the dismantling of the TBM in the reception shaft. After the successful completion of a six-month test phase, the Sluiskil Tunnel was finally opened for road traffic on 23 May 2015.

#### Geology

The Sluiskil Tunnel has similar ground conditions to the nearby Westerschelde Tunnel, which was also constructed by BAM and Wayss & Freytag. The strata are shown in **Fig. 2**. Four main soil layers were encountered in the course of the works: 2 to 3 m Holocene cover layers, a Pleistocene sand packet about 8 to 12 m thick (van Boxtel formation), the Boom clay with a thickness of about 5 to 7 m and below that an overconsolidated sand (van Tongeren formation), which contains an average of 18 % glauconite in the uppermost 2.5 m.

The two access ramps to the tunnel bores were constructed in Pleistocene sand (**Fig. 2**, yellow). The tunnel bores run down from the Pleistocene sand, pass through the Boom clay (green) and reach the densely consolidated sand with glauconite content (red) in the middle section.

#### Approach Roads and Ramps

As can be seen in **Fig. 1**, extensive roadworks were included on both sides of the canal in addition to the tunnel bores in order to provide continuous dual carriageway infrastructure and connect to the existing roads in the northwest and southeast. Due to the poor bedding properties of the Holocene cover layers, extensive and time-consuming preloading work was necessary. Altogether about 5000 m of roads had to be built outside the tunnel bores as well as the associated bridges.

To the east and west of the tunnel tubes, ramps had to be constructed as troughs or rectangular reinforced concrete structures. The excavations were supported with diaphragm walls or so-called combi-walls with temporary anchoring or bracing. The bottoms of the excavations were concrete slabs placed underwater. After the completion of the base slabs, the individual sections were pumped out successively and further shaft lining continued. Reinforced



**4** Baustelleneinrichtung und Vortriebsperipherie Site facilities and tunnel surroundings

raubende Vorbelastungsarbeiten erforderlich. Insgesamt waren ca. 5000 m Straßenbau außerhalb der Tunnelröhren sowie die zugehörigen Überführungsbauwerke herzustellen.

Östlich und westlich der beiden Bohrtunnel mussten die Rampenbauwerke als Trog bzw. Rechteckquerschnitt in Stahlbetonbauweise hergestellt werden. Für den Baugrubenverbau wurden Spundwände bzw. sogenannte Combiwände mit temporärer Verankerung/Aussteifung verwendet. Die Baugrubensohlen wurden als Unterwasserbetonsohlen ausgeführt. Nach Fertigstellung der Sohlen wurden die einzelnen Abschnitte nacheinander gelenzt und der weitere Schachtausbau fortgesetzt. Die Stahlbetonbauarbeiten in den Rampenbauwerken wurden parallel zu den Tunnelvortriebsarbeiten fortgeführt, was eine exakte Ablaufplanung erforderte. Bild 3 zeigt das Rampenbauwerk Ost mit dem Startschacht während der laufenden Vortriebsarbeiten der Nordröhre. Nach Abschluss der Tunnelvortriebsarbeiten und der Demontage der zugehörigen Baubehelfe wurde der Rampenausbau sowie die Erstellung der Dienstgebäude auf beiden Seiten fortgesetzt und pünktlich abgeschlossen. Im Bereich der beiden Rampenbauwerke war jeweils noch ein kurzer Querschlag zur Gegenfahrbahn herzustellen.

#### **Bohrtunnel**

Wie eingangs beschrieben, waren zwischen den beiden Rampenbauwerken zwei 1145 m lange Tunnelröhren im Schildvortriebs-

concrete works in the ramp structures was continued parallel to tunnelling. This demanded exact scheduling. **Fig. 3** shows the east ramp structure with the starting shaft, taken while tunnelling was still underway in the north bore.

After the completion of tunnelling and dismantling of the associated temporary works, construction of the ramp walls and the service building continued on both sides and were completed punctually. Additionally, a short cross passage to the other carriageway had to be constructed in both ramp structures.

#### **Bored Tunnels**

As described at the start, two tunnel bores 1145 m long were constructed using a shield machine. These were bored from east to west, i. e. from the Terneuzen side to Sluiskil.

The segment design for the tunnels with an external diameter of 11 m has a ring layout of 7+1/2, with the keystone being half the length of a normal segment. The segments have a width of 2 m and a thickness of 45 cm. A cam and socket construction was used to dowel the ring joints.

In the section below the railway embankment on the west side of the canal, which was particularly critical for bedding, grouting cushion were also installed, capable of subsequent additional grouting – a method that had already been used on the North-South Line in Amsterdam. The cushions were injected to increase stiffness as the tunnel progressed.

verfahren herzustellen. Die Tunnelröhren wurden von Ost nach West, also von der Seite Terneuzen nach Sluiskil aufgefahren. Das Tübbingdesign für die Tunnelröhren mit einem Außendurchmesser von 11 m weist eine Ringteilung von 7+1/2 auf. Der Schlussstein hat dabei die halbe Länge eines Normalsteines. Die Tübbinge haben eine Breite von 2 m bei einer Segmentdicke von 45 cm. Als Koppelelement kommt in den Ringfugen eine Topf- und Nockekonstruktion zum Einsatz.

In den besonders kritischen Bettungsbereichen unter dem zu unterfahrenden Bahndamm auf der Westseite des Kanals wurden darüber hinaus nachverpressbare Injektionskissen eingebaut, die schon bei der Nord-Süd-Linie in Amsterdam zum Einsatz kamen. Diese Kissen wurden vortriebsbegleitend zur Steifigkeitserhöhung injiziert.

Die Tübbinge, der Festigkeitsklasse C50/60, wurden mit industriell gefertigten Bewehrungskörben ausgerüstet. In den Standardbereichen war die normative erforderliche Mindestbewehrung ausreichend. In Bereichen mit unterdurchschnittlichen Bettungswerten und im Bereich der Querschläge wurde eine Zusatzbewehrung erforderlich.

Mit der Herstellung der Tübbinge wurde das Fertigteilwerk der Firma Max Bögl in Hamminkeln beauftragt. Die Lieferung der Tübbinge vom Herstellerwerk auf die Baustelle erfolgte umweltfreundlich per Zug (in der Regel drei Züge pro Woche mit jeweils 17 Ringen). Um die vom Auftraggeber geforderte Brandwiderstandsfähigkeit gemäß der RWS-Brandkurve (Rijkswaterstaat) zu gewährleisten, wurden die Tübbinge mit Polypropylenfasern versehen. Vor dem Start der Tübbingproduktion wurde die Brandbeständigkeit erfolgreich nachgewiesen –sowohl rechnerisch als auch durch Brandversuche in der MFPA Leipzig.

Zum Auffahren der beiden Tunnelröhren kam eine Tunnelbohrmaschine vom Typ Mixschild der Firma Herrenknecht mit einem Schneidraddurchmesser von 11,34 m zum Einsatz. Auf Grund der Tiefenlage des Tunnels am Sohlpunkt unter dem Kanal von Gent und dem oberflächennahen Wasserstand musste die Maschine in der Lage sein, Drücken bis 4,5 bar standzuhalten. Die Maschine wurde mit einem offenen Felgenschneidrad ausgerüstet, um insbesondere auch in den verklebungsanfälligen Tonschichten einen ausreichenden Materialfluss zu gewährleisten. Die Anlieferung der TBM zur Baustelle erfolgte mit dem Schiff sowie das letzte Stück mit Schwerlasttransporten. Der anschließende Aufbau der TBM wurde auf der Unterwasserbetonsohle des Rampenbauwerks Ost vorgenommen.

Die Baustelleneinrichtungsfläche (**Bild 4**) mit dem Baustellentübbinglager, der Separationsanlage, der Mörtelmischanlage sowie dem weiteren erforderlichen Equipment wurde auf einer vorab zu ertüchtigenden Fläche nördlich der Zufahrtsrampe Ost parallel zu einem bestehenden Bahngleis installiert. Hierdurch war sowohl die Tübbinganlieferung per Zug als auch die problemlose Zufahrt der luftbereiften Tunnelfahrzeuge in die Tunnelröhren gewährleistet. Die Separationsanlage mit 2400 m³/h Umlaufvolumen, einer angeschlossenen Filterpressenstation und einer Zentrifuge zur Aufbereitung der Feinteile wurde von der Abteilung Tunneltech-



**5** TBM im Zielschacht Ost
TBM in the east reception shaft

The segments of strength class C50/60 were reinforced with industrially produced cages. In standard zones, the nominal minimum reinforcement according to standard was adequate, but in zones with below average moduli of subgrade reaction and at the cross passages, additional reinforcement was necessary.

The segments were ordered from the Max Bögl precast concrete plant in Hamminkeln and delivered to the site in an environmentally friendly manner by train (generally three trains a day, each with 17 rings). In order to ensure the fire resistance capacity required by the client in accordance with the RWS fire curve (Rijkswaterstaat), the segments contained polypropylene fibres. Before the start of segment production, the fire resistance was successfully verified, both by calculation and in tests at the MFPA Leipzig.

In order to drive the two tunnel bores, a Mixshield tunnel boring machine was ordered from Herrenknecht. This had a diameter of 11.34 m. Due to the depth of the tunnel at the lowest point below the Gent Canal and the groundwater table near the surface, the machine had to be capable of resisting pressures up to 4.5 bar. It was fitted with an open spoked cutting wheel in order to ensure adequate material flow, particularly in the clay strata with their tendency to clogging. The TBM was delivered to site by ship, with the last section by heavy load transport. The subsequent assembly of the TBM was undertaken on the base slab of the east ramp structure, which had been cast underwater.

The site facilities area **(Fig. 4)** with the site segment storage, separation plant, mortar batching plant and further necessary equipment was installed on an area prepared in advance north of the east access ramp and parallel to the existing railway tracks. Thus, segment delivery by train and access for wheeled vehicles into the tunnel bores could be maintained. The separation plant with a production capacity of 2400 m³/h, a connected filter press station and a centrifuge for the treatment of the fines were provided by the tunnel technology department of the consortium partner Wayss & Freytag. Due to the high groundwater table near the surface at the launch-

Tunnel 3/2015 Sluiskil Tunnel 19

nik vom ARGE-Partner Wayss & Freytag bereitgestellt.

Auf Grund des hohen, oberflächennahen Grundwasserspiegels im Bereich des Startschachtes musste die Anfahrkonstruktion mit entsprechender Sorgfalt geplant und ausgeführt werden. Die Anfahrdichtung bestand aus einer Doppellippendichtung und einem vorgeschalteten Dichtblock.

Die Zielankunft der TBM auf der Westseite erfolgte jeweils in einen wassergefüllten Schacht auf eine Schildwiege aus Magerbeton (siehe **Bild 5**). Nach dem Freifahren des Schildes und dem ausreichenden Verpressen des Ringspaltes wurde der Schacht gelenzt und



**6** Querschlagsbaustelle mit Vereisungsaggregat Cross passage site with freezing plant

die Vortriebsmaschine im Schacht demontiert. Die Nachlaufinstallation wurde durch den Tunnel zurückgezogen.

Die größten Herausforderungen des Tunnelvortriebs lagen zweifelsfrei in der Unterfahrung des Kanals und den damit verbundenen hohen Wasserdrücken bei begrenzter Bodenüberdeckung. Ebenso anspruchsvoll war die Unterfahrung eines Eisenbahndammes mit äußerst geringer Bodenüberdeckung kurz vor dem Erreichen des Zielschachtes. Insbesondere der Bereich vor und nach dem Bahndamm (der in **Bild 2** ganz links zu erkennen ist), bestehend aus holozänemn Deckschichten, erforderte auf Grund der geringen Überdeckung und der schlechten Bettungswerte des Bodens besondere Maßnahmen im Tübbingausbau und bei der Berechnung und Einstellung der Ortsbruststützung. Die herausfordernden Streckenabschnitte wurden erfolgreich und ohne größere Zwischenfälle passiert.

Beide Tunnelröhren wurden mit sehr konstanten Vortriebsleistungen aufgefahren, die über den geplanten Werten lagen, so dass der Vortrieb beider Röhren bereits Ende Oktober 2013 abgeschlossen werden konnte. Beim Vortrieb der zweiten Röhre wurden dabei drei Wochen gegenüber der ersten Röhre eingespart.

#### Querverbindungen

Zwischen den beiden etwa 1,2 km langen Tübbingtunnelröhren wurden im Abstand von maximal 250 m insgesamt vier Querschläge hergestellt. Die Querschläge wurden im Schutze von Bodenvereisung bergmännisch von der zuerst fertiggestellten Nordröhre aus aufgefahren. Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse, vor allen Dingen die Anwesenheit des Boom'schen Tons, waren bei der Auslegung der Vereisungsanlagen und bei der Ermittlung der Aufgefrierzeiten besonders zu berücksichtigen. Nach dem Herstellen der Vereisungsbohrungen

ing shaft, the launching construction had to be planned and built with appropriate care and attention. Waterproofing of the start of the tunnel consisted of a double-lipped seal preceded by a sealing block. At the west side the TBM arrived in a water-filled shaft with a shield support cradle of lean concrete (see **Fig. 5**). After reaching the final position and sufficient grouting of the annular gap, the shaft was pumped out and the tunnelling machine dismantled in the shaft. The backup was drawn back through the tunnel.

The greatest challenges of the tunnel drive were undoubtedly passing below the canal with the associated high water pressures and shallow soil cover, and also passing below the railway embankment with extremely limited soil cover shortly before reaching the target shaft. Particularly the stretches before and after the railway embankment (which can be seen at the left in **Fig. 2**), consisting of Holocene cover layers, required special measures for segment installation and meticulous calculation and setting of the face support. parameters This was due to the shallow cover and poor subgrade reactions of the soil. All challenging sections were passed successfully without major incidents. Both tunnel bores were driven with very constant advance rates, which exceeded the planned figures, so both bores could already be completed at the end of October 2013. The excavation of the second bore actually saved three weeks on the time for the first bore.

#### **Cross Passages**

Between the two 1.2 km long segment-lined tunnel bores, altogether four cross passages were constructed at a maximum spacing of 250 m. The cross passages were mined from the first completed north bore with pre-support by ground freezing. The geological and hydrogeological conditions, above all the presence of the Boom clay, had to be paid particular attention in the planning of the freezing plant and the determination of the freezing times. After drilling the

Niederlande Netherlands Tunnel 3/2015

wurde mit dem Aufgefrieren begonnen. Die Vereisungsaggregate sowie die jeweilige Baustelleneinrichtung für die Arbeiten an den Querschlägen wurden auf der Sohlanschüttung im Tunnel unmittelbar im Bereich der Querverbindungen platziert (Bild 6). Darüber hinaus wurden ein umfangreiches Messsystem zur Verformungsüberwachung sowie ein Temperaturmessprogramm zur Forstkörperüberwachung (TU Braunschweig) installiert. Während der Arbeiten an den Querschlägen war ein Notschott vorzuhalten, das im Bedarfsfall vor die Querschlagsöffnung montiert werden konnte.

Nach dem Erreichen einer ausreichenden Frostkörperdicke

und den zuvor ermittelten Forstkörpertemperaturen konnte mit dem Öffnen der Tunnelschale begonnen werden. Dazu wurden die speziellen Querschlagstübbinge mittels Kernbohrungen und Betonsäge geöffnet. Dann wurden die Querschläge mit einem Minibagger in mehreren Abschlägen aufgefahren und temporär mit Spritzbeton gesichert. Nach der Fertigstellung der aufzufahrenden Kontour und der Öffnung zur Tübbingröhre Süd, wurde ein Abdichtungsträger eingebaut und wasserdicht an die Tübbingtunnel verklebt. Im Anschluss daran wurden die Querschlagsinnenschale sowie die Übergangsbauwerke zu den Tübbingtunneln bewehrt und in vier Arbeitsgängen ausbetoniert. Nach Abschluss der Betonarbeiten und einer ausreichenden Aushärtezeit konnten die Vereisungsaggregate abgeschaltet werden.

#### Tunnelausbau und Tunnelausrüstung

Noch während der Vortriebsarbeiten in der zweiten Tunnelröhre und der Arbeiten an den Querverbindungen, wurde bereits in der nördlichen Röhre mit dem Innenausbau begonnen. Im Sohlbereich unter der zweispurigen Fahrbahn war zunächst ein Stahlbetonkabelkanal aus 3 m langen Fertigteilen einzubauen. Am tiefsten Punkt wurde in beiden Röhren jeweils ein Pumpenkeller hergestellt. Als seitliche Begrenzung der Fahrbahnen wurde ein sogenannter Step Barrier aus Stahlbeton mit einem Fertiger eingebaut. Oberhalb des Step Barriers sind helle emaillierte Platten platziert. Im Bereich der Querschläge musste zwischen Querschlag und Tunnel eine Vorsatzschale aus Stahlbeton vor die Stahlbetonübergangskonstruktion gesetzt werden, in die auch die Stahlschiebetüren einzubauen waren. Der Fahrbahnbelag wurde als Schwarzdecke auf die Fahrbahnunterkonstruktion aus verdichtetem Sand bzw. Sandzement aufgebracht.



7 Tunnelquerschnitt mit tunneltechnischen und verkehrstechnischen Installationen
Tunnel section with tunnel and traffic installations

freezing boreholes, freezing started. The freezing plant and the site facilities for the construction of the cross passages were placed on invert fill in the tunnel immediately next to the cross passages (**Fig. 6**). An extensive surveying system to monitor deformation and measure the temperature of the frozen body was also installed (TU Braunschweig). While the work was carried out in the cross passages, an emergency bulkhead was kept ready, which could be mounted in front of the cross passage if required.

After the frozen body had reached a sufficient thickness and the previously calculated temperatures, work could start on the opening of the tunnel lining. The special cross passage segments were opened by core drilling and concrete sawing. Then the passages were excavated in many rounds with a mini-excavator and temporarily supported with shotcrete. After completion of the full excavation profile and opening of the lining of the southern tunnel tube, waterproofing was installed and sealed to the segmental lining tunnel. Then the inner lining of the cross passage and the transition structure were reinforced and concreted in four pours. After the completion of concreting works and sufficient hardening time, the ground freezing plant could be closed down.

#### **Tunnel Lining and Fitting Out**

While tunnelling in the second bore and work on the cross passages were still underway, the installation of the inner lining was started in the north bore. In the invert below the two-lane carriageway, a cable channel of 3 m long precast elements was first installed. A pumping cellar was installed in both tubes at the deepest point of the tunnel. For the side kerb of the carriageway, a so-called step barrier was placed with a slipformer. Above the step barrier light-coloured enamelled panels were installed. At the cross passages, a reinforced concrete

Da der Tunnel schlüsselfertig und betriebsbereit durch die ARGE zu erstellen war, mussten auch die tunneltechnischen Installationen (Lüftung, Beleuchtung) und die verkehrstechnischen Installationen (Signalisierung, Leittechnik) eingebaut werden. Insbesondere die verkehrstechnischen Anlagen mit der Steuerleittechnik der Signalisierung ist immer ein kritischer Punkt in der Projektabwicklung. Auf Grund einer ausgezeichneten Vorplanung konnten die Installationen und Programmierungen ohne Zeitverzug umgesetzt werden. **Bild 7** zeigt den fertigen Tunnel mit Signalisierung und Tunnelbelüftung.

An die Installationsarbeiten schloss sich dann eine sechsmonatige Testphase aller technischen Anlagen an. Die offizielle Inbetriebnahme des Tunnels Ende Mai 2015 erfolgte ca. 5 Wochen vor dem Vertragstermin.

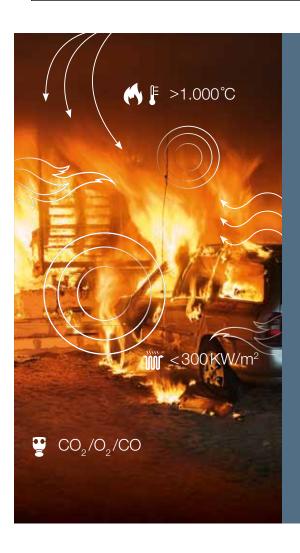
Das hervorzuhebende Arbeitssicherheitskonzept der Baustelle während der gesamten Bauabwicklung hat dazu geführt, dass die Baustelle Sluiskiltunnel im Jahr 2014 als sicherste Baustelle der Niederlande ausgezeichnet und in Arbeitssicherheits-Audits überdurchschnittlich bewertet wurde.

facing layer had to be installed in front of the reinforced concrete transition construction between passage and tunnel. Moreover, this facing layer was fit with steel sliding doors. The surfacing of the carriageways was asphalt on the road subbase of compacted sand or sand-cement.

Since the tunnel had to be constructed completely ready for operation by the consortium, the tunnel services installations (ventilation, lighting) and the traffic management equipment (signage, control equipment) also had to be installed. Particularly the traffic management equipment with the control for the signage is always a critical point in a project, but with excellent preliminary planning, the installation and programming could be implemented without delay. Fig. 7 shows the completed tunnel with signalling and tunnel ventilation. The installation works were followed by a six-month test phase for all technical installations. The tunnel was inaugurated and set into service in May 2015, five weeks ahead of the contractual commissioning date. The safety plan is worth particular mention since this led to the Sluiskil Tunnel site being named the safest construction site in the Netherlands in 2014, with above-average assessments in safety audits.

#### Quellenangaben/Sources

[1] Ausschreibungsunterlagen Sluiskiltunnel/Tender documents, Sluiskil Tunnel



### Beim Prüfen sind wir Feuer und Flamme

In allen Bereichen des Bauwesens stehen wir Ihnen gern bei der Umsetzung Ihrer Ideen zur Seite – als kompetenter Berater und Prüfer oder renommierter Partner für die Forschung und Entwicklung sowie als anerkannte und notifizierte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle nach LBO und EU-BauPVO.



WERKSTOFFE IM BAUWESEN



BAUPHYSIK



TRAGWERKE UND KONSTRUKTIONEN



TIEFBAU



BAULICHER



FORSCHUNG, ENTWICKLUNG, MODELLIERUNG



Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH Hans-Weigel-Straße 2b · 04319 Leipzig Tel. 0341 6582-0 · www.mfpa-leipzig.de



Spritzbeton Shortcrete Tunnel 3/2015

### Einfluss der reaktiven Komponenten auf die Spritzbetonperformance

Wird im Tunnelbau Spritzbeton eingesetzt, ist ein stabiles und robustes Spritzbetonsystem für die sichere und wirtschaftliche Bauabwicklung unabdingbar. Zur Gewährleistung eines solchen robusten Systems müssen die reaktiven Betonkomponenten aufeinander abgestimmt werden. Nachfolgend wird der Beschleuniger-Systemtest (BEST) vorgestellt, der zur Abstimmung dieser Komponenten verwendet werden kann. Im Rahmen des Bahnprojekts Stuttgart-Ulm führte der Einsatz des BEST zur Behebung einer unzureichenden Spritzbetonperformance.

# Influence of the reactive Components on Shotcrete Performance

When shotcrete is used in tunnelling, a stable and robust shotcrete system is essential for safe and economical construction. In order to ensure a robust system, the reactive components of the concrete (cement, superplasticizer, accelerator) have to be coordinated. The article describes the Accelerator System Test (German: Beschleuniger-Systemtest BEST), which can be used to coordinate these components. On the Stuttgart–Ulm rail project, the BEST was used successfully to remedy unsatisfactory shotcrete performance.

Dr.-Ing. Jennifer C. Scheydt, HeidelbergCement AG, Entwicklung und Anwendung/ Development and Application, Leimen, Deutschland/Germany

#### 1 Einleitung

Seit den 1960er Jahren hat sich im europäischen Tunnelbau die Spritzbetonbauweise etabliert. Bei der Spritzbetonbauweise erfolgt zunächst der Ausbruch des anstehenden Gesteins z. B. durch Sprengen. Im Anschluss wird die entstehende Oberfläche durch das Aufbringen von Spritzbeton, gegebenenfalls in Kombination mit weiteren Maßnahmen (Bewehrungsmatten, Anker etc.), gesichert. Im Tunnelbau wird heute überwiegend Nassspritzbeton verwendet (Bild 1). Hierbei wird der Beton als sogenanntes Bereitstellungsgemisch bis zur Spritzdüse befördert. Dort wird Erstarrungsbeschleuniger zugesetzt, der eine schnelle Festigkeitsentwicklung insbesondere des über Kopf aufgebrachten Spritzbetons bewirken soll (Druckfestigkeit nach zwei Minuten 0,1 bis 0,2 N/mm<sup>2</sup> [1]). Spritzbeton bis zu einem Betonalter von 24 Stunden wird entsprechend seiner Festigkeitsentwicklung in die Frühfestigkeitsklassen J1, J2 oder J3 nach [1, 2] eingestuft (Bild 2). Die Festigkeitsentwicklung ist in hohem Maße abhängig von den Randbedingungen, die im Tunnel vorherrschen (z. B. Geologie, Wasserandrang, Gebirgs- und Erddruck, Temperatur) [1]. Häufig wird von bauausführender Seite die Frühfestigkeitsklasse J2 gefordert. Die Randbedingungen im Tunnel sind über die Projektdauer betrachtet jedoch meist nicht konstant und ändern sich unter Umständen abrupt, woraus wechselnde Spritzbetonanforderungen resultieren können.

Aufgrund der veränderlichen Randbedingungen im Tunnel ist es notwendig, über ein stabiles und robustes Spritzbetonsystem die Wirtschaftlichkeit und vor allem die Sicherheit auf der Baustelle

#### 1 Introduction

The shotcrete method has become established in European tunnelling since the 1960s, and is carried out in the following steps: first, the rock is excavated, for example by blasting, then the exposed surface is supported by spraying shotcrete, if necessary in combination with other measures (reinforcing mesh, rock bolts etc.). Shotcrete in tunnelling is mostly applied by the wet-mix process (Fig. 1), with ready mixed concrete pumped to the nozzle, where accelerator is added. This is intended to provide rapid strength development, particularly when the shotcrete is sprayed overhead (compression strength after two minutes 0.1 to 0.2 N/mm<sup>2</sup> [1]). Shotcrete up to 24 hours old is categorised according to its strength development into the early strength classes J1, J2 or J3 according to [1, 2] (Fig. 2). Strength development depends to a large extent on local conditions in the tunnel (e.g. geology, water ingress, rock and earth pressure, temperature) [1]. The early strength class J2 is often required by contractors. Conditions in a tunnel, however, mostly fluctuate over the course of a project and change abruptly under some circumstances, which can result in changed shotcrete requirements.

Considering the fluctuating conditions in a tunnel, it is necessary to provide a stable and robust shotcrete system to ensure cost-effectiveness and above all safety on site. The precondition for this is coordination of the reactive components in the shotcrete (cement, superplasticizer, accelerator), since their interaction has a great influence on strength development. The necessity and the potential of this coordination are described below, as well as suitable testing methods.



1 Einsatz von Spritzbeton im Nassspritzverfahren im Rahmen des Bahnprojekts Stuttgart–Ulm Application of shotcrete by the wet-mix process on the Stuttgart–Ulm rail project

zu gewährleisten. Voraussetzung hierfür ist die Abstimmung der reaktiven Komponenten im Spritzbeton (Zement, Fließmittel, Erstarrungsbeschleuniger) aufeinander, da deren Wechselwirkung die Festigkeitsentwicklung in starkem Maße beeinflusst. Die Notwendigkeit und das Potenzial dieser Abstimmung sowie geeignete Prüfmethoden werden nachfolgend aufgezeigt.

#### 2 Situation auf der Baustelle

Die HeidelbergCement AG beliefert verschiedene Tunnelbaustellen des Bahnprojekts Stuttgart–Ulm mit dem Spritzbetonzement CEM I 52,5 N (sb) aus dem Lieferwerk Schelklingen. Für den damit hergestellten Spritzbeton fordert der Bauherr die Frühfestigkeitsklasse J2.

Vor Beginn des Spritzbetoneinsatzes war eine Erstprüfung durchgeführt worden, um eine geeignete Spritzbetonrezeptur festzulegen. Der Zementgehalt dieser Betonrezeptur betrug 380 kg/m³ bei einem Wasserzementwert (w/z-Wert) von 0,50. Das Fließmittel wurde mit 1,1 % vom Zementgewicht dosiert. Die zum zielsicheren Erreichen der Festigkeitsklasse J2 benötigte Beschleunigerdosierung betrug 6,5 % vom Zementgewicht bei einer Betontemperatur von 21,0 °C vor Beschleunigerzugabe. Die Erstprüfung wurde in den Sommermonaten durchgeführt. Nachdem der so konzipierte Spritzbeton über einen längeren Zeitraum beanstandungsfrei verarbeitet wurde, meldete eine der Tunnelbaustellen in den Wintermonaten eine nicht mehr

#### 2 Situation on Site

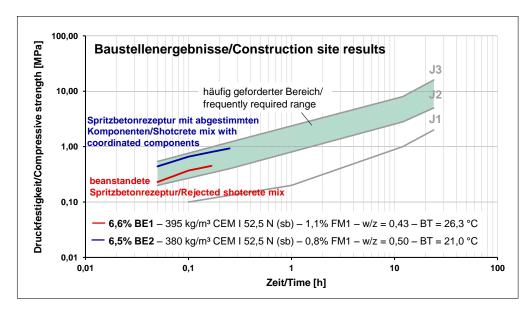
HeidelbergCement AG is supplying shotcrete cement CEM I 52.5 N (sb) from its Schelklingen production plant to various tunnel sites on the Stuttgart–Ulm rail project, where the client specifies strength class J2 for the produced shotcrete.

An initial test was performed before the start of shotcrete application in order to specify a suitable shotcrete mix. The cement content in this mix was 380 kg/m³ with a water-cement (w/c) ratio of 0.50. The superplasticizer was dosed at 1.1 % by weight of cement. The dosage of accelerator in order to reliably achieve the strength class J2 was 6.5 % by weight of cement at a wet concrete temperature of 21.0 °C before the addition of accelerator. The initial test was performed in the summer months.

After the shotcrete with this mixing ratio had been processed for a long period without any problems, one of the tunnel sites reported that shotcrete performance was no longer adequate in the winter months. This was probably due to the change of temperature in comparison with the initial test. The shotcrete did indeed achieve the required early strength class J2 (**Fig. 2**, red curve) in the first minutes, but despite increasing the cement content to 395 kg/m³ of concrete, reducing the water-cement ratio of 0.43 and heating the ready mix to reach a temperature of 26°C, overhead spraying proved impossible at times.

This problem demanded a rapid remedy, and HeidelbergCement AG supported the site with an extensive testing programme.

Spritzbeton Shortcrete Tunnel 3/2015



2 Festigkeitsentwicklung zweier Spritzbetone (rote Kurve: beanstandete Spritzbetonrezeptur, blaue Kurve: Spritzbetonrezeptur mit abgestimmten Komponenten); BE: alkalifreier Erstarrungsbeschleuniger, FM: Fließmittel, w/z: Wasserzementwert, BT: Temperatur des Bereitstellungsgemischs; Ergebnisse wurden auf der Baustelle für den Zeitraum bis 10 bzw. 15 Minuten nach BE-Zugabe ermittelt

Strength development for two shotcretes (red curve: rejected shotcrete mix, blue curve: shotcrete mix with coordinated components); BE: non-alkaline accelerator, FM: superplasticizer, w/c: water-cement ratio, BT: temperature of the ready-mix; results were determined on site for the time periods 10 and 15 min. after the accelerator was added

ausreichende Spritzbetonperformance. Dies war wahrscheinlich auf die im Vergleich zur Erstprüfung veränderten Temperaturbedingungen zurückzuführen. Zwar erreichte der Spritzbeton in den ersten Minuten wie gefordert die Frühfestigkeitsklasse J2 (vgl. **Bild 2**, rote Kurve). Dennoch war trotz eines erhöhten Zementgehalts von 395 kg/m³ Beton, eines reduzierten Wasserzementwerts von 0,43 und einer durch Beheizen erzielten Temperatur des Bereitstellungsgemischs von ca. 26 °C zeitweise kein Über-Kopf-Spritzen möglich.

Aufgrund dessen war eine zügige Problembehebung erforderlich. Die HeidelbergCement AG unterstützte die Baustelle hierbei durch ein umfassendes Versuchsprogramm.

#### 3 Versuchsprogramm

Ziel des Versuchsprogramms war das zügige Beheben der Baustellenprobleme durch eine verbesserte und stabile Spritzbetonperformance. Vor diesem Hintergrund wurde untersucht, welche Kombination der reaktiven Komponenten, d. h. Zement, Fließmittel und Erstarrungsbeschleuniger, zu einer Erhöhung der Reaktivität des Spritzbetonsystems führt.

Ein bewährtes Verfahren zur Beurteilung der Spritzbetonperformance ist der Laborspritzversuch, der in den Laboren der HeidelbergCement AG durchgeführt wird (siehe hierzu [3, 4]). In diesem Versuch wird die zeitliche Entwicklung der Druckfestigkeit erfasst, und es kann eine Einteilung des Spritzbetons in die Frühfestigkeitsklassen J1, J2 und J3 nach [1, 2] erfolgen. Der Laborspritzversuch wird unter Verwendung von Beton als Bereitstellungsgemisch durchgeführt. Die Durchführung dieses

#### 3 Testing Programme

The objective of the testing programme was to provide a prompt remedy for the problems on site through improved and stable shotcrete performance. This was done by investigating which combination of the reactive components cement, superplasticizer and accelerator leads to an improvement of the reactivity of the shotcrete. One proven method of evaluating shotcrete performance is the laboratory spraying test, which is performed in the laboratories of HeidelbergCement (see [3, 4]). This test determines the development of compression strength with time and enables the shotcrete to be categorised into early strength classes J1, J2 and J3 according to [1, 2]. The laboratory spraying test is performed with ready mixed

concrete. The performance of the test entails a high consumption of material (about 110 litres of concrete for each tested mix) and above all expense in time and personnel (three laboratory staff can perform one spraying test a day).

Due to the schedule pressure on site, the Accelerator System Test (BEST) was used to assess the reactivity of the system of cement, superplasticizer and accelerator instead of laborious test spraying. The expense in terms of time, personnel and material for the performance of the BEST is considerably less (one laboratory assistant can perform 8 to 10 tests a day, requiring about 0.3 dm<sup>3</sup> of mortar for each test). Nonetheless, the BEST can differentiate the reactivity of shotcrete systems as well as the laboratory spraying test [5].

#### 3.1 The Accelerator System Test (BEST)

#### 3.1.1 Performance

In the Accelerator System Test (BEST), the force required to thrust a penetrometer into mortar containing accelerator is determined depending on time. The measured values are usually recorded over a period of one hour. This is normally sufficient for the assessment of the initial reactivity of the shotcrete system, which is decisive for overhead spraying.

The BEST is based on the penetrometer test from BK Giulini GmbH (now Kurita Europe APW GmbH) [6], which has been modified by HeidelbergCement AG. In contrast to the test from Giulini, the penetrometer in the BEST is not advanced manually but automatically, which ensures a constant penetration force. The test apparatus is shown in **Fig. 3**.

The BEST is performed under a laboratory climate (20  $^{\circ}$ C, 65  $^{\circ}$  r. h.). The mix for the mortar investigated in the BEST is given in

Tunnel 3/2015 Spritzbeton Shortcrete 25

Versuchs ist mit einem hohen Materialbedarf (ca. 110 Liter Beton je untersuchter Rezeptur) sowie vor allem zeitlichem und personellem Aufwand (Einsatz von ein bis drei Laboranten, ein Laborspritzversuch pro Arbeitstag) verbunden.

Wegen des von Seiten der Baustelle herrschenden Zeitdrucks kam statt des aufwändigen Laborspritzversuchs der sogenannte Beschleuniger-Systemtest (BEST) zur Beurteilung der Reaktivität des Systems aus Zement, Fließmittel und Erstarrungsbeschleuniger zum Einsatz. Der Zeit-, Personal- und Materialaufwand zur Durchführung des BEST ist wesentlich geringer (Einsatz von einem Laboranten, Durchführen von 8 bis 10 Versuchen pro Arbeitstag, ca. 0,3 dm³ Mörtel pro Versuch erforderlich). Dennoch ist mit dem BEST ebenso wie mit dem Laborspritzversuch eine Differenzierung der Reaktivität von Spritzbetonsystemen möglich [5].

#### 3.1 Der Beschleuniger-Systemtest (BEST)

#### 3.1.1 Durchführung

Im Beschleuniger-Systemtest (BEST) wird die Eindringkraft eines Penetrometers in einen Mörtel nach Zugabe von Erstarrungsbeschleuniger in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt. Die Messwerte werden meist über einen Zeitraum von einer Stunde erfasst. Dies ist zur Beurteilung der anfänglichen Reaktivität des Spritzbetonsystems, die für das Über-Kopf-Spritzen ausschlaggebend ist, in der Regel ausreichend.

Der BEST basiert auf dem Penetrometerversuch der BK Giulini GmbH (jetzt Kurita Europe APW GmbH) [6], welcher durch die HeidelbergCement AG modifiziert wurde. Anders als im Versuch nach Giulini erfolgt der Vorschub des Penetrometers im BEST nicht manuell, sondern automatisch, wodurch eine konstante Eindringkraft gewährleistet wird. Der Versuchsaufbau ist in Bild 3 dargestellt.

Die Durchführung des BEST erfolgt im Laborklima (20 °C, 65 % r. F.). Die Zusammensetzung der im BEST untersuchten Mörtel ist in **Tabelle 1** angegeben. Quarzsand, Zement und Wasser werden zunächst unter Verwendung eines handelsüblichen Küchen-Handmixers gemischt, bevor das Fließmittel zugegeben wird.

Material	Einwaage/Initial weight
Initial weight CEM I 52,5 N (sb)	190 g
<b>Quarzsand</b> Quartz sand	190 g
<b>Wasser</b> Water	95 g
Fließmittel (FM) Superplasticizer	1,1 M% vom Zement *) 1.1 % by weight of cement *)
Beschleuniger (BE) Accelerator	6,5 M% vom Zement *) 6.5 % by weight of cement *)
*) Dosierung entsprechend der Baustellenrezeptur des Spritzbetons *) Dosage corresponding to the on-site shotcrete mix	

**Tab. 1:** Zusammensetzung der mittels BEST im Bahnprojekt Stuttgart– Ulm untersuchten Mörtel

Composition of the mortars investigated in the BEST for the Stuttgart–Ulm rail project



3 Versuchsaufbau zur Durchführung des Beschleuniger-Systemtests (BEST) mit automatisiertem Vorschub

Test apparatus for the Accelerator System Test (BEST) with automatic thrust

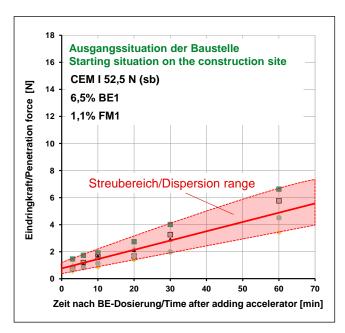
**Table 1.** Quartz sand, cement and water are first mixed using a normal kitchen hand mixer before the superplasticizer is added. When the superplasticizer has been mixed in, the mortar is left to rest for ten minutes. After the mortar has been mixed again, the accelerator is added and the sample is compacted by hitting the container on a hard surface. The penetration force is measured with a needle penetrometer 3, 6, 10, 20, 30 and 60 minutes after the addition of accelerator. Five individual measurements are performed for each measurement point. In the diagram, the average of the individual measurements is shown as the data point for each point in time.

#### 3.1.2 Test Results

First, the BEST was used to investigate the combination of cement, superplasticizer and accelerator being used in the mix on site. The superplasticizer and the accelerator were also dosed according to the mix used on site (superplasticizer: 1.1 %, accelerator: 6.5 %). Testing of this mortar was repeated many times and a dispersion range was determined (Fig. 4).

This dispersion range served as a reference. Test results for combinations of cement, superplasticizer and accelerator, which result in better performing systems, have to lie considerably above the determined dispersion range; only then can it be assumed that the associated shotcrete system will show significantly better strength development.

In the next step, the superplasticizer being used (FM1) was replaced by an alternative product (FM2). It turned out that this change did not lead to any improvement of the reactivity of the system; the measured penetration force was within the reference range (**Fig. 5**).



4 Streubereich des BEST mit CEM I 52,5 N (sb), 6,5% BE1 und 1,1% FM1

Dispersion range for BEST with CEM I 52.5 N (sb), 6.5 % BE1 (accelerator) and 1.1 % FM1 (superplasticizer)

An das Untermischen des Fließmittels schließt sich eine zehnminütige Ruhezeit des Mörtels an. Nach dem Aufmischen des Mörtels erfolgt die Zugabe des Erstarrungsbeschleunigers und abschließend das Verdichten des Mörtels durch Klopfen des Behälters auf eine starre Unterlage. Die Messung der Eindringkraft erfolgt mit dem Nadelpenetrometer 3, 6, 10, 20, 30 und 60 Minuten nach Beschleunigerzugabe. Pro Messzeitpunkt werden fünf Einzelmessungen durchgeführt. Im Diagramm ist als Datenpunkt jeweils der Mittelwert aus den Einzelmessungen zum jeweiligen Messzeitpunkt dargestellt.

#### 3.1.2 Versuchsergebnisse

Zunächst wurde im BEST die Kombination aus Zement-, Fließmittel- und Beschleunigertyp untersucht, die auch in der Baustellenrezeptur zum Einsatz kam. Auch die Dosierung des Fließmittels und des Beschleunigers erfolgte entsprechend der Baustellenrezeptur (FM: 1,1 %, BE: 6,5 %). Die Messung dieses Mörtels wurde mehrfach wiederholt, wodurch ein Streubereich ermittelt wurde (Bild 4).

Dieser Streubereich diente als Referenz. Versuchsergebnisse zu Kombinationen aus Zement, Fließmittel und Beschleuniger, die zu leistungsfähigeren Systemen führen, müssen deutlich oberhalb des ermittelten Streubereichs liegen. Dann ist davon auszugehen, dass auch das zugehörige Spritzbetonsystem eine signifikant bessere Festigkeitsentwicklung zeigt.

Zunächst wurde das eingesetzte Fließmittel FM1 durch ein alternatives Produkt (FM2) ersetzt. Es zeigte sich, dass diese Maßnahme nicht zu einer Verbesserung der Reaktivität des Systems führte, das heißt, die gemessene Eindringkraft lag innerhalb des Referenzbereichs (Bild 5).

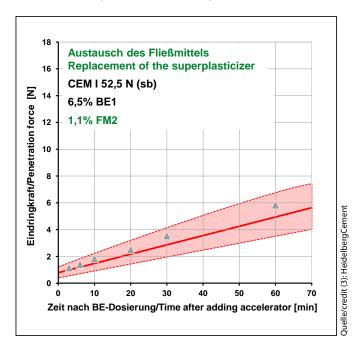
The next measure was to replace the accelerator with two alternative products (BE2 and BE3). The resulting penetration force now lay considerably above the reference range for each product, as can be seen in **Fig. 6**. It could therefore be assumed that the shotcrete system would show a considerably higher reactivity using BE2 or BE3 analogously to the mortar system.

Based on the results from the BEST, the accelerator used on site was changed from the original BE1 to the alternative product BE2. The adjusted shotcrete mix with the coordinated components was considerably more reactive than the original mix. This made it possible to reduce the cement content again by 15 kg/m³ to 380 kg/m³ of concrete, as intended from the results of the initial test. The ready mix also no longer had to be heated, and the superplasticizer content could be reduced to 0.8 % by weight of cement compared with the mix recipe of the initial test (superplasticizer 1.1 %).

Despite the lower cement content and a lower concrete temperature, the shotcrete system with coordinated components achieved twice the compression strengths in the first minutes after application compared to the original rejected shotcrete system (see red and blue curves in **Fig. 2**). This made the shotcrete much more robust, which means that even under fluctuating local conditions such as for example changed temperatures or geological conditions, adequate shotcrete performance was still achieved.

#### 4 Summary

When the shotcrete tunnelling method is used, coordination of the reactive concrete mix components (cement, superplasticizer, accelerator) is absolutely necessary to ensure a stable and robust shotcrete system so that changing conditions during the construction period, such as changed temperatures or geological conditions, do not lead to impairment of shotcrete performance.



5 Eindringkraft im BEST nach Einsatz des alternativen Fließmittels FM2 Penetration force in BEST using the alternative superplasticizer FM2

Tunnel 3/2015 Spritzbeton Shortcrete 27

Als weitere Maßnahme erfolgte der Austausch des Beschleunigers durch zwei Alternativprodukte (BE2 und BE3). Die hieraus resultierende Eindringkraft lag jeweils deutlich oberhalb des Referenzbereichs, wie in **Bild 6** zu erkennen ist. Es war also davon auszugehen, dass das Spritzbetonsystem ebenso wie das Mörtelsystem unter Verwendung von BE2 oder BE3 eine deutlich höhere Reaktivität zeigen würde.

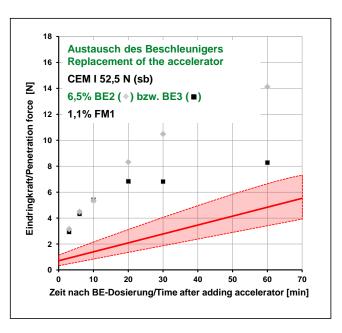
Auf Grundlage der Ergebnisse des BEST erfolgte auf der Baustelle der Austausch des ursprünglich eingesetzten Erstarrungsbeschleunigers BE1 durch das alternative Produkt BE2. Die angepasste Spritzbetonrezeptur mit abgestimmten Komponenten war im Vergleich zur bemängelten Rezeptur deutlich reaktiver. Hierdurch war es möglich, den Zementgehalt wieder um 15 kg/m³ auf 380 kg/m³ Beton zu senken, wie auf Basis der Erstprüfung vorgesehen. Außerdem musste das Bereitstellungsgemisch nicht mehr beheizt werden, und der Fließmittelgehalt konnte auf 0,8 % vom Zementgewicht verglichen mit der Rezeptur der Erstprüfung (Fließmittelgehalt 1,1 %) reduziert werden.

Trotz des geringeren Zementgehalts und einer geringeren Betontemperatur erzielte das Spritzbetonsystem mit abgestimmten Komponenten eine Verdopplung der Druckfestigkeiten in den ersten Minuten nach dem Betonauftrag, verglichen mit dem bemängelten Spritzbetonsystem (vgl. rote und blaue Kurve in Bild 2). Der Spritzbeton war hierdurch deutlich robuster; das heißt auch unter wechselnden Randbedingungen, wie zum Beispiel veränderliche Temperaturen oder geologische Bedingungen, wurde eine ausreichende Spritzbetonperformance erzielt.

#### 4 Zusammenfassung

Die Abstimmung der reaktiven Betonkomponenten (Zement, Fließmittel, Erstarrungsbeschleuniger) ist bei Einsatz der Spritzbetonbauweise zur Gewährleistung eines stabilen und robusten Spritzbetonsystems zwingend notwendig, damit wechselnde Randbedingungen während der Bauabwicklung, wie zum Beispiel veränderliche Temperaturen oder geologische Bedingungen, nicht zu einer Beeinträchtigung der Spritzbetonperformance führen. Im vorliegenden Artikel wurde gezeigt, dass der sogenannte Beschleuniger-Systemtest (BEST) mit vergleichsweise geringem Zeit-, Personal- und Materialaufwand zur Auswahl der am besten geeigneten Materialkombination herangezogen werden kann. Beim BEST handelt es sich um ein Penetrationsverfahren, das die Eindringkraft eines Penetrometers in einen Mörtel nach Zugabe von Erstarrungsbeschleuniger in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt.

Im Rahmen des Bahnprojekts Stuttgart–Ulm führte der Einsatz des BEST erfolgreich zur Behebung einer unzureichenden Spritzbetonperformance. Durch die Abstimmung der reaktiven Komponenten der Spritzbetonrezeptur mittels BEST konnten die Frühfestigkeiten des Spritzbetons (bis ca. 10 Minuten nach Beschleunigerzugabe) verdoppelt werden. Der Spritzbeton war nach dieser Optimierung deutlich robuster, so dass auch unter wechselnden Randbedingungen eine ausreichende Spritzbetonperformance erzielt wurde.



#### 6 Eindringkraft im BEST nach Einsatz der alternativen Beschleuniger BE2 und BE3

Penetration force in BEST using the alternative accelerators BE2 and BE3

The present article described how the Accelerator System Test (BEST) can find the most suitable combination of materials at relatively low expense in terms of time, personnel and material. The BEST is a penetration process, which determines the penetration force required by a penetrometer to thrust into a mortar after the addition of accelerator, depending on time.

On the Stuttgart–Ulm rail project, the use of the BEST proved to be a successful remedy for inadequate shotcrete performance. Coordination of the reactive components in the shotcrete mix using the BEST enabled a doubling of early strengths of the shotcrete (until about 10 minutes after the addition of accelerator). The shotcrete was considerably more robust after this optimisation and adequate shotcrete performance could be maintained even under changing local conditions.

#### Literatur/References

- [1] Richtlinie Spritzbeton. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (Hrsg.). Wien, 2009
- [2] EN 14487-1:2005 (D): Spritzbeton Teil 1: Begriffe, Festlegung und Konformität. Beuth Verlag, Berlin, 2005
- [3] Obst, F.: Laborprüfverfahren für Spritzbeton. In: Tagungsbericht zur 18. Internationalen Baustofftagung ibausil, Band 2, S. 2-0253 bis 2-0260, Weimar, 2012
- [4] EN 14488-1:2005 (D): Prüfung von Spritzbeton Teil 1: Probenahme von Frisch- und Festbeton. Beuth Verlag, Berlin, 2005
- [5] Scheydt, J. C.: Bewertung der Eignung des Beschleuniger-Systemtests (BEST) zur Beurteilung von Spritzbetonzement. Interner Bericht der HeidelbergCement AG, Leimen, 2014
- [6] BK Giulini GmbH: Prüfanweisung zum Penetrometerversuch. Ludwigshafen, 2014

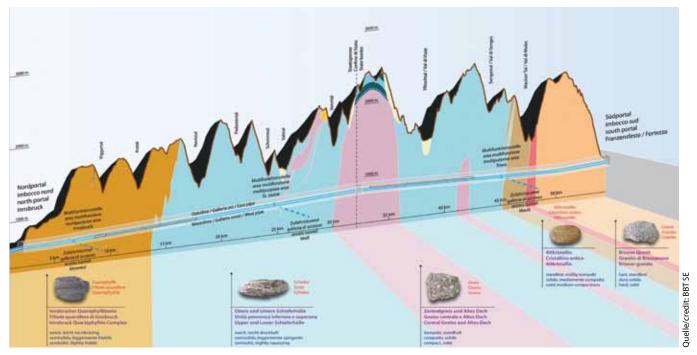
### Mechanisierte Vortriebsverfahren: Herausforderung am Brenner

Der oft thematisierte Brenner-Basistunnel (BBT) wird das nächste Mega-Projekt im europäischen Eisenbahnstreckenbau sein. Die 64 km lange Tunnelverbindung von Innsbruck nach Fortezza wird einer der weltweit längsten (vielleicht der längste) Eisenbahntunnel sein. Schon die Trasse ist eine Herausforderung, denn sie unterquert den Brenner-Pass bei einer maximalen Überdeckung von ca. 1600 m. Nach der Fertigstellung in 2025 werden zwei parallele Tunnelröhren mit einem Innendurchmesser von je 8,1 m und einem Abstand von nur 70 m, alle 333 m über Querstollen verbunden, jeweils eingleisig befahren.

## Brenner Base Tunnel: The next Challenge for mechanized Tunnelling

The oft-mentioned Brenner Base Tunnel is Europe's next mega-rail project in the making. Including the Innsbruck bypass, the 64 km long tunnel route will run from Innsbruck, Austria to Fortezza, Italy, making it arguably one of the longest – if not the longest – underground railway tunnels in the world. The tunnel route is a challenging one, traveling below the Brenner Pass in the Alps mountain range with a maximum cover of around 1600 m. When complete in 2025, twin 8.1 m i.d. tubes will run single-track trains just 70 m apart from one another, connected every 333 m by cross passages.

Lok Home, President; Detlef Jordan, Sales Manager Europe; The Robbins Company, Solon, Ohio, USA; www.TheRobbinsCompany.com



Die Geologie entlang der geplanten Streckenführung des Brenner Basistunnels ist sehr heterogen und beinhaltet an der Grenze zwischen Europäischer und Adriatischer Platte eine bedeutende Störzone

Die Autoren dieses Artikels vertreten die Meinung, dass mechanisierte Verfahren am besten geeignet sind für den Vortrieb des Brenner Basis Tunnels – genauer gesagt: der Einsatz offener oder Hartgestein-Schild-TVM. Solche TVM haben ihre Eignung in Tunneln tiefer Lage weltweit bewiesen und häufig gezeigt, dass Vortriebe mit ihnen schneller, sicherer und kosteneffizienter sind, verglichen mit herkömmlichen Sprengvortrieben. Zweifelsohne wird die Anwendung ausgesuchter und den besonderen geologischen Baugrundverhältnissen angepasster Methoden zur Gebirgsstützung sowohl in die Auslegung der TVM als auch die Vortriebsweise aufgenommen werden müssen.

#### Ein Mammut-Projekt in vielerlei Hinsicht

Vortriebe in einem Umfang, wie er zum Bau des Brenner Basis Tunnels notwendig sein wird, erfordern auf die Verhältnisse zugeschnittene Maschinen, erfahrene Projekt- und Vortriebsteams sowie präzise Planung. Zusätzlich zu den Anforderungen aus Wechseln in der Baugrundstruktur, Grundwasserzuläufen und hohen radialen Drücken aus Überdeckung ist Vorsorge zu treffen gegen Gebirgsschläge und Konvergenzen. Die Trasse durchquert auch eine größere Verwerfungszone, in der die Europäische und die Adriatische Platte aufeinandertreffen. Diese zu erwartenden geologischen Verhältnisse waren Anlass dafür, einen Erkundungsstollen zu bohren, aus dessen Vortrieb weitere Erkenntnisse zu Planung und Vortrieb der Haupttunnel gewonnen werden. Nach seiner Fertigstellung wird der Erkundungsstollen in der Bauphase zunächst als Entwässerungsstollen und später in der Betriebsphase als Versorgungstunnel genutzt. Weiterhin ist die Verlegung von Strom- und Datenkabeln in diesem Tunnel geplant.

Bereits der Vortrieb dieses Erkundungsstollens, der in mehrere Baulose aufgeteilt wurde und von denen einige noch nicht ausgeführt worden sind, hat sich als Herausforderung erwiesen. Die Geologie entlang der Tunneltrasse zeigt auf Zonen aus Quarzphyllit, Bündner Schiefer (mit Anteilen aus Dolomit, Quarzitgesteinen, Anhydrit-Mineralen, Grauwacken und andere Schiefergesteinen), Gneis und Brixner Granit. Die tektonische Plattengrenze (Periadriatische Naht) an der Markierung 47-48 km ist eine Zone, die besondere Beachtung erfordert.

Der erste Bauabschnitt des Projekts umfasste eine 10,5 km lange Strecke des Erkundungsstollens am südlichen Ende zwischen Aicha und dem 1,8 km langen Zugangsstollen bei Mauls. Für den nördlichen Abschnitt durch Granit und Amphibolit wurde eine Doppelschild-TVM mit 6,3 m Bohrdurchmesser eingesetzt. Der Vortrieb begann im Frühjahr 2008 und sollte nach rund 20 Monaten Anfang 2011 abgeschlossen sein. Erwartet wurden Störzonen und Grundwasserzuläufe in vorab erkannten Abschnitten und mehr als die Hälfte des Vortriebes in der Gebirgsklasse III. Der überwiegende Teil der Tunnelschale mit 5,6 m Innendurchmesser wurde mit Spritzbeton und Gebirgsankern erstellt, der Rest aus Betontübbingen mit Ringteilung 5 +1, 200 mm Dicke und 1,5 m Breite.

Der Vortrieb kam jedoch nur langsam voran. Im August 2009 wurde die Tunnelschale entlang einer Störzone nach 6 km Vortrieb durch Grundwasseraustritt bei bis zu 27 bar Druck beschädigt.

The authors of this article believe that the best methods for excavation of the Brenner Base Tunnel are mechanized – specifically using either open-type or shielded hard rock tunnel boring machines. These types of machines have proven themselves in deep tunnels worldwide, and are frequently faster, safer, and more cost-effective than conventional drill & blast headings. Obviously, the use of specialized ground support to adapt to the challenging rock condition will have to be integrated into the TBM design and operation as well.

#### **Mammoth Proportions**

Excavation on the massive scale required to build the Brenner Base Tunnel necessitates customized machinery, skilled crews, and precision planning. Besides the challenges of variable rock types, groundwater and high overburden towards the center of the alignment, it will be prudent to plan for rock bursting and squeezing conditions. The route also crosses a major fault zone where the European and Adriatic tectonic plates press together. These anticipated conditions gave rise to the practical need for an exploratory tunnel, which will provide additional design and programming data for the excavation of the main tubes. Once completed, the exploratory tunnel will be used for drainage during construction and eventually as the service tunnel during operation. It is also planned to carry power and data cables. Excavation of the exploratory tunnel has been challenging as well, and was divided into multiple contracts, some still yet to start. Geology along the alignment comprises zones of quartz phyllite, Bundner slates (containing dolomites, quartzites, anhydrites, greywacke sandstone and other slates), gneiss, and Brixner granites. The Periadriatic Line or tectonic plate boundary at the 47-48 km mark is a zone of particular concern.

The first tunnelling works on the project called for a 10.5 km long section of the exploratory tunnel at the south Italian end between Aicha and the 1.8 km long Mauls (Mules) intermediate adit. The northward drive through granites and amphibolites was undertaken with a 6.3 m diameter double shield TBM. The drive was inaugurated in spring 2008 and was expected to finish in about 20 months in early 2010. Some faults and groundwater were expected in defined areas with more than half the drive in Class III rock. Much of the 5.6 m i.d. lining was to be shotcrete and rockbolts, the balance using 1.5 m long 5+1 rings of 200 mm thick precast concrete segments. Advance however was slow. In August 2009, a stretch of the tunnel lining through a fault zone more than 6 km into the drive suffered damage from groundwater pressures of up to 27 bar. Recovery works required ground stabilization, removal of deformed and damaged rings, polymer injection for part of the affected stretch and installation of steel rings along the length and a little beyond the fault zone. The shielded TBM restarted in December 2009 and in just under a year, in September 2010, holed through into a dismantling cavern at the junction of tunnel and adit to successfully complete the works. More sections of exploratory tunnel are in the works, and are variously planned as both TBM and Drill & Blast operations.

#### **Choosing the Excavation Method**

For the main tubes of the Brenner Base Tunnel, ground conditions may prove similar or slightly different – it can be difficult to predict



Der mit Tübbingen ausgekleidete, 6 km lange Erkundungsstollen ist angelegt worden, um die geologischen Verhältnisse unterhalb des Brenners zu erkunden The segment lined 6 km long exploratory bore to determine the geology underlying the Brenner Pass in the Alps Mountain Range

Die notwendigen Reparaturarbeiten umfassten Baugrundstützung, Ausbau und Abtransport deformierter Tübbinge, Einbringen von Polymerinjektionen entlang Teilen der havarierten Strecke sowie den Einbau von Stahlausbaubögen entlang der gesamten Strecke und auch darüber hinaus. Die TVM nahm den Vortrieb im Dezember 2009 wieder auf, und nach weniger als einem Jahr, im September 2010, folgte der Durchbruch in die Demontagekaverne an der Verbindung des Tunnels mit dem Zugangsstollen. Weitere Abschnitte des Erkundungstunnels werden derzeit vorgetrieben, sowohl als TVM Vortriebe und als Sprengvortriebe.

#### Die Wahl der Vortriebsmethode

In den Haupttunneln mögen die geologischen Verhältnisse ähnlich oder wenig unterschiedlich sein: Es ist bisweilen nicht einfach, die Gebirgsverhältnisse in Tunneln durch Gebirgsmassive bei hoher Überdeckung vorherzusehen, auch mit den Erkenntnissen aus Erkundungsstollen. Bei der Auswahl des erforderlichen Maschinenkonzeptes für Vortriebe in derart variierenden und unbekannten Verhältnissen gilt es, eine Vielzahl von Faktoren zu beleuchten und zu bewerten. Die Anpassungsfähigkeit von Tunnelbohrmaschinen in derartigen Verhältnissen ist bekannt - dies gilt insbesondere für offene und geschildete Hartgesteins-TVM. Zonen hoher Wasserdrücke können und werden angetroffen werden; solchen Störungen lässt sich durch Vorausbohrungen entgegenwirken. Diese Verfahren schließen ein permanentes Vorausbohren und Injektionsbohren wie auch Einbringen von Ausbaubögen ein. Alles in allem – unter Druck anstehenden Wassers kann mit einer TVM wesentlich sicherer und einfacherer entgegengetreten werden, verglichen mit den Möglichkeiten bei einem Sprengvortrieb.

the character of the rock in a mountainous tunnel under high rock cover, even with information collected from the exploratory tunnel. When one considers the machine type required for such varied unknown conditions, many factors need to be evaluated. The versatility of tunnel boring machines in such conditions – in particular opentype machines and shielded hard rock TBMs – is well known. While sections under high water pressure can and do occur, such events can be mitigated through investigational methods. These methods include continuous probe drilling and pre-grouting, as well as special structures such as steel liner. In any case, encountering high water pressure is much safer and arguably easier to control from within a TBM rather than in a drill & blast operation.

Many consultants and contractors recommend or choose drill & blast excavation over TBMs in difficult ground because they think they will have increased performance or it is less risky. Their choice is predicated on historical anecdotes and a carryover from the earlier days of TBM tunneling when it was considered detrimental to have a TBM in the tunnel if the ground was unstable. In such conditions contractors wanted full access to the face, as provided by drill & blast operation.

What is better for overall daily advance – and ultimately safer in difficult ground – is to have the safe haven, potential plug and drill platform that a TBM can provide. A TBM can greatly assist in blocking raveling ground, high pressures, and running ground, making the operation safer. A properly equipped TBM can quickly provide the means and measures to bring these conditions under control. A tunnel boring machine combines multiple concurrent operations that in drill & blast would be sequential. These operations include advancing, ground support, and muck excavation, all occurring

# **SWISS TUNNEL CONGRESS 2015**

### Fachtagung für Untertagbau

Der Swiss Tunnel Congress ist die führende Veranstaltung in der Schweiz für den internationalen Tunnelbau, mit tiefgehenden und umfangreichen Informationen aus 1. Hand: Experten berichten beim nunmehr 14. internationalen Kongress kritisch, offen und praxisnah über komplexe Problemstellungen, Erfahrungen und Lösungsstrategien bei aktuellen Tunnelbauprojekten.

### 10. bis 12. Juni 2015 in Luzern

#### Colloquium, 10. Juni

Nutzungsdauer in Bezug auf Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit

#### Fachtagung, 11. Juni

Referate zu schweizerischen und internationalen Tunnelbauprojekten

Prof. Sarah Springmann, Rektorin der ETH Zürich, hält das Einführungsreferat

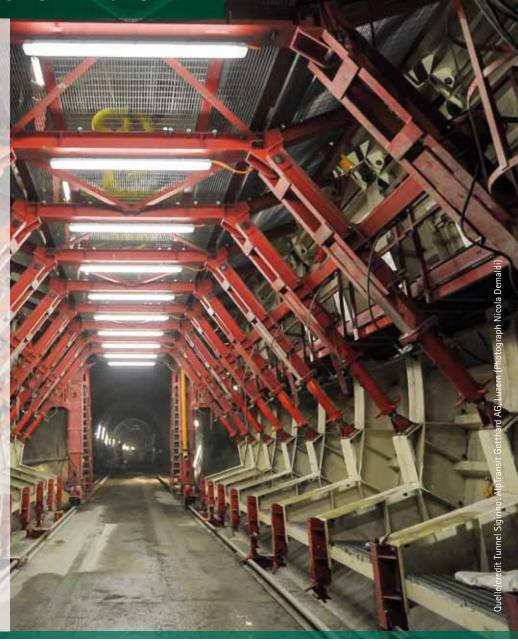
#### Exkursionen, 12. Juni

Baustellen: Galgenbuck-Tunnel, Ceneri Basistunnel, Umfahrung Visp und Giessbachtunnel

Informationen zum Tagungsprogramm und Anmeldung:

www.swisstunnel.ch







FGU Fachgruppe für Untertagbau

TS Groupe spécialisé pour les travaux souterrains

LS Gruppo specializzato per lavori in sotterraneo

STS Swiss Tunnelling Society

Viele Berater und Unternehmer empfehlen oder bevorzugen in schwierigen Baugrundverhältnissen Sprengvortriebe gegenüber TVM-Vortrieben und stufen sie als schneller und weniger risikoreich ein. Ihre Meinung gründet nach Ansicht der Autoren jedoch auf veralteten Annahmen und Erkenntnissen aus den Anfängen des maschinellen Tunnelbaus, als man noch dachte, TVM dürften nicht in instabilen Geologien eingesetzt werden. Damals wollten die Tunnelbauer noch uneingeschränkten Zugang zur Ortsbrust, wie es eben im Sprengvortrieb möglich ist.

Die bessere Wahl mit Blick auf den Vortrieb eines Tages – und zweifelsohne auch hinsichtlich der Sicherheit bei Vortrieb in Störzonen – ist sich der sicheren Rückzugsmöglichkeit und Vortriebsebene einer TVM zu bedienen. Eine TVM ist ein vielseitiges und leistungsfähiges Werkzeug für sichere Vortriebe in blockigen Gebirge, in druckhaftem Baugrund und fließenden Böden und bietet schnell die Möglichkeiten und Werkzeuge, um solche Störungen unter Kontrolle zu bringen.

In einer TVM laufen mehrere Vorgänge gleichzeitig ab, die im Sprengvortrieb nacheinander erfolgen. Diese Vorgänge umfassen den Vortrieb, die Gebirgsstützung und den Bohrgutaustrag – alle diese Vorgänge erfolgen gleichzeitig. In modernen TVM kann die Gebirgsstützung, wie z. B. der McNally Roof Support (wird an späterer Stelle in diesem Artikel erlärtert), parallel zum Vortrieb der TVM eingebracht werden – eine sehr sichere Methode.

Weiterhin ist an einer Vielzahl von Beispielen aufgezeigt worden, dass Tunnel mit TVM mindestens zwei- bis dreimal schneller aufgefahren wurden im Vergleich zu Sprengvortrieben – und dies trotz nennenswerter Abschnitte in instabilem Baugrund und Störzonen. Bereits ab wenigen Kilometern Länge wird in Tunnelvortrieben die längere Bereitstellungszeit für die TVM durch ihre schnellere Vortriebsgeschwindigkeit kompensiert. Schließlich sollte auch nicht unberücksichtigt bleiben, dass insbesondere beim Vortrieb in Störzonen und geschwächten Baugrund die im Sprengvortrieb frei werdende und in den Baugrund eingeleitete Energie weitere Beschädigungen im Baugrund initiieren und neue Störungen hervorrufen wird. Vortrieb mit einer TVM

gewährleistet kontrolliertes Einbringen der Energie in den Bau-

grund, zielgerichtet beschränkt auf die Ortsbrust.

#### **Tunnelvortriebsmaschinen**

Jede TVM ist abgestimmt auf definierte Baugrundverhältnisse und mag Schwächen aufzeigen in davon abweichenden Konstellationen. Bislang konnte noch keine TVM entwickelt werden, die in allen Bodenverhältnissen optimale Vortriebsleistungen aufweist. Daher ist es für erfolgreichen Vortrieb zwingend notwendig genaue Kenntnis der TVM-Typen und ihrer Arbeitweisen in den verschiedenen Baugründen zu haben. Die Methoden des Gesteinsabbaus in harten Böden unterscheiden sich deutlich von denen in Weichböden. Kombinationen dieser Konzepte in einer Maschine resultieren daher oft in recht komplexen Maschinensystemen. Ein geeigneter und effizienter Weg, Vortrieb in variierenden Bodenverhältnissen zu realisieren scheint ein TVM Konzept zu sein, dass erlaubt von der einen zur anderen

simultaneously. With modern TBMs, ground support such as the McNally Roof Support System (discussed later in this paper) can be used to allow lining to be extruded from the machine as it advances – a very safe option.

In addition it has been shown through multiple examples, that TBM tunnels are driven at least two to three times faster than drill & blast tunnels even with significant stretches of unstable ground. In any tunnel over a few km in length, the longer lead time for a TBM is negated by its faster advance rates.

Last but not least, one has to realize that specifically when headings run into fault zones and disturbed ground formations, the energetic impact from drill & blast operations will cause even more disturbance to the rock strata as well as complications. Tunnel boring with a TBM enables permanent and fine control of the energy introduced to the rock strata and it is limited to the face.

#### **Tunnel Boring Machines**

Each TBM type is ideal in a specific set of ground conditions, while exhibiting difficulties in others. Unfortunately no single TBM type has yet been developed to effectively excavate all ground conditions at optimum speed; therefore, a detailed understanding of each TBM type, and its operational characteristics in relation to specific ground types, is critical to a successfully bored tunnel. However, since methods of ground breaking are quite different in soft ground and hard rock, combinations of these methods in one machine often turn into fairly complex systems. A suitable and efficient way to accomplish excavation in variable ground might be a method allowing the TBM to "cross over" from one mode to the other. A detailed study of such concepts might be worthy of discussion in another paper.

#### **Main Beam TBMs**

In even the most extreme ground conditions, Main Beam TBMs (also known as "open-type" machines) can be preferable to their shielded counterparts. Features such as open access behind the cutterhead for ground support and consolidation, unrestricted probe drilling, and the absence of a shield are all-important attributes in extreme conditions.

In ground exhibiting squeezing-convergence and rock bursting, open-type machines often fare better than shielded machines, as they are less likely to get stuck. In swelling-slacking ground Main Beam TBMs also allow for immediate ground treatment behind or over the top of the cutterhead.

Open-type machines are capable of operating in ground with occasional to continuous water as long as a mitigation strategy combining grouting to stem flows, as well as pumps to remove the water, is employed.

#### Shielded Hard Rock TBMs

Most shielded TBMs line the tunnel either simultaneous with or directly after a TBM stroke, resulting in an earlier useable date for the tunnel. Shielded machines also have the very beneficial advantage of providing a limited section of non-heavy support; i.e., the distance from the cutterhead to the grouted lining.

Methode zu wechseln – neudeutsch: ein Cross Over Konzept. Es ist sicherlich wünschenswert, derartige Konzepte in einem gesonderten Beitrag zu beleuchten und zu diskutieren.

#### Offene TVM (Main Beam TBM)

Selbst für Vortriebe in extremen geologischen Verhältnissen können offene TVM (Main Beam TBM) das bessere Konzept sein im Vergleich zu den geschildeten Maschinen. Möglichkeiten wie ungehinderter Zugang zum Baugrund direkt hinter dem Bohrkopf zum Einbringen von Gebirgssicherung und Konsolidierung, ungehindertes Sondierbohren und das Fehlen eines Schildes sind sämtlich wesentliche Vorzüge in schlechtem Baugrund.

In Böden mit druckhafter Konvergenz und Gebirgsschlagsgefahr sind offene TVM oftmals die bessere Wahl im Vergleich zu geschildeten Maschinen, da sie weniger dazu neigen zu verklemmen. In quellendem Baugrund gestatten offene TVM Bodenkonditionierung unmittelbar hinter oder oberhalb des Bohrkopfes.

Offene TVM sind geeignet für Vortrieb in Böden mit gelegentlichem bis kontinuierlichem Wasserfluss, in Verbindung mit geplanten Maßnahmen zur Injektion gegen Wasserzuflüsse und Wasserpumpen zur Drainage.

#### Hartgestein-Schild-TVM

Die meisten Schild-TVMs kleiden den Tunnel zeitgleich zum oder direkt nach Ende eines Bohrhubes aus, was einer früheren Inbetriebnahme des Tunnels entgegenkommt. Daneben bieten Schild-TVM den großen Vorteil einfacher Gebirgsstützung über eine begrenzte Länge – den Abschnitt zwischen Bohrkopf und hinterfüllter Tübbingauskleidung.

Einfachschild-TVM sind kürzer und können daher von einer kürzeren Startröhre aus in Betrieb gehen. Sie werden üblicherweise in nicht-selbsttragendem Baugrund eingesetzt. Die TVM stützt sich beim Vortrieb gegen die Tunnelauskleidung ab und nicht gegen die instabile Tunnelwand. Ihr Nachteil besteht darin, dass sie nicht mit Verspannschilden ausgestattet sind, mit denen größere Zug- und Vorschubkräfte aufgebracht und der Bohrkopf manövriert werden kann.

Doppelschild-TVM sind die ideale Wahl für selbsttragende und einige nicht-selbsttragende Geologien oder Mischgesteine, da sie sich sowohl gegen die Tunnelauskleidung als auch gegen die Tunnelwand abstützen können. Der Schild bietet auch Schutz vor herabfallendem Gestein und anderen Gefahren, sodass diese TVM auch bestens für Vortriebe in hartem, blockigem Fels geeignet sind. In druckhaften Böden können Doppelschild-TVM in Verwendung mit kompressiblem Hinterfüllmaterial oder speziellen Segmenten zur Aufnahme von Kräften aus Gebirgsdruck eingesetzt werden.

Schild-TVM können in Störzonen an ihre Grenzen stoßen, da der verfügbare Arbeitsbereich für die Bodenkonsolidierung u. U. eine umfassende und effiziente Behandlung der Ortsbrust einschränken kann. Insgesamt bleibt jedoch festzuhalten, dass Gebirgsschläge mit offenen und Schild-TVM wesentlich sicherer zu beherrschen sind, verglichen mit den Methoden des Sprengvortriebes.

Single Shield TBMs are shorter in length and can therefore be launched from a shorter starter tunnel, and are typically utilized in non-self-supporting rock, as the machine advances by reacting against the concrete tunnel lining rather than unstable tunnel walls. They have the disadvantage of not having grippers, which allow greater pull, thrust and jogging of the cutterhead.

Double Shield TBMs are ideal in self-supporting rock, and some non-self-supporting rock, or in combination ground since they can react against either tunnel walls or segments. The shield also provides protection from rock falls and other problems, making it ideal in hard, blocky ground as well. In addition, in squeezing ground Double Shield TBMs can be used with compressible material as backfill or special segments to accommodate squeezing conditions. Shielded TBMs can also have difficulty in faulted rock, as the working area for ground consolidation can somewhat restrict good face coverage. However rock bursting conditions can still be accommodated much more safely with open and shielded TBMs than with Drill and Blast methods.

#### **Advancements in Ground Support**

Ground support for TBMs in adverse conditions has come a long way, making these operations safer and more effective than ever before. As more and more tunnels are built in mountainous conditions, effective methods for dealing with various ground types are also being proven. Based on a large body of evidence from mountainous tunnels around the world and decades of tunneling, the authors have found the below to be true.

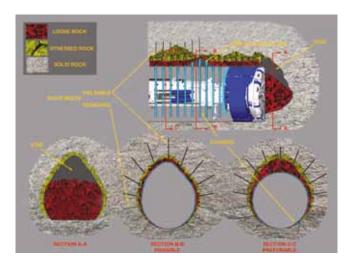
#### Squeezing/Convergent Ground

For squeezing or converging ground, over-boring is often necessary. The only practical solution to over-boring is to pre-mount extra gage housing in the periphery of the cutterhead. In the over-bore zone, yielding type structures should be erected. These structures can include yielding steel arches, steel arches in conjunction with yielding jacks, shotcrete structures with yielding rock anchors, or combinations of the above supports. Such support needs to be placed with assistance of the ring beam erector or some other mechanical means. The most desirable location to place such support is immediately behind the cutterhead – a problematic situation with a shield type machine. The machines also must be equipped with very high torque to overcome the squeezing effect.

#### **Rock Bursting**

In rock bursting conditions wire mesh with rock bolts, yielding rock anchors, steel arches, ring beams or combinations of all of the above may be required. Such support can be placed with rock drills, a ring beam erector, and a shotcrete system. It is important to hold the rock in place to control and limit the disturbance of the rock to as great an extent as possible. Rock bursting could also be contained with TBMs in association with special lining.

With modern TBMs, ground support such as the McNally Roof Support System can be used to allow lining to be extruded from the machine as it advances. Today's TBMs are also equipped with all of



Zur Baugrundsicherung in Tunneln hoher Überdeckung in druckhaftem und lockerem Gestein werden nachgiebige Sicherungsvorrichtungen wie Felsanker und Ausbaubögen empfohlen

Recommended ground support for high cover tunnels in loose and stressed rock includes yieldable elements such as rock bolts and channel straps

#### Neuentwicklungen in der Fels- und Baugrundsicherung

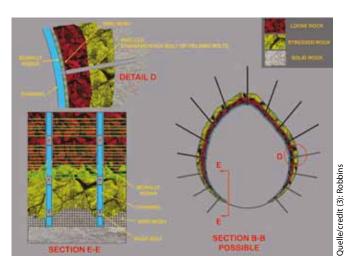
Baugrundsicherung mit TVM in widrigen Bodenverhältnissen hat eine lange Entwicklung hinter sich und brachte mehr Sicherheit und Effizienz in diese Maßnahmen als je zuvor. Aus den mehr und mehr in Gebirgsregionen aufgefahrenen Tunnelvortrieben sind sehr effektive Methoden zum Umgang mit wechselnden Baugrundverhältnissen hervorgegangen. Basierend auf den Erkenntnissen aus dem weltweiten Gebirgstunnelbau und dessen Historie können wir wie folgt festhalten:

#### Druckhafte/konvergierende Böden

Bei Vortrieb in druckhaften oder konvergierenden Gesteinsschichten ist oft Bohren mit Überschnitt erforderlich. Die einzig praktikable Möglichkeit, Überschnitt einzubringen ist, im Kaliberbereich des Bohrkopfes zusätzliche Halterungen für Schneidrollen vorzusehen. In den Tunnelabschnitten mit Überschnitt sollten nachgiebige Ausbauten eingebracht werden, zum Beispiel nachgiebige Ausbaubögen, Ausbaubögen mit Entspannungszylindern, Spritzbeton mit Gebirgsankern oder Kombinationen dieser Ausbaumittel. Die Ausbaubögen werden mit der Ausbausetzvorrichtung der TVM oder einer anderen mechanischen Vorrichtung eingebracht. Der bevorzugte Einbauort ist direkt hinter dem Bohrkopf – was sich als problematisch erweist beim Einsatz von Schild-TVM. Maschinen für Vortrieb in diesen Verhältnissen sollten hohe Drehmomentkapazität am Bohrkopf aufweisen um den Baugrunddrücken entgegenwirken zu können.

#### Gebirgsschlag

In Böden mit Gebirgsschlaggefahr kann der Einbau von Ausbaumatten mit Felsankern, Gebirgsankern mit Nachgiebigkeit, Ausbaubögen, Ringförmige Ausbaubögen oder Kombinationen dieser Ausbaumittel geboten sein. Dieser Ausbau kann mit



Auch eine Kombination von Baugrundsicherungen kann in lockerem und druckhaftem Gestein zur Anwendung kommen – etwa mit Felsankern, Ausbaubögen, McNally-Stützlanzen und Ausbaumatten

In loose and stressed rock, combinations of ground support can be used such as yielding rock bolts, channels, McNally slats, and wire mesh

the same tools and techniques that are used in drill & blast operations to excavate through difficult rock conditions. With sophisticated probing techniques installed on the TBM, the operator can quickly predict what is ahead of the tunneling operation and react appropriately.

A good example of a TBM boring through rock bursting conditions is Peru's Olmos Trans-Andean Tunnel. The tunnel is the second deepest civil works tunnel in the world after AlpTransit – below 2000 m of Andean rock. The project, which provides a freshwater conduit to drought-ridden areas on the Pacific Ocean Watershed, languished for decades following multiple failed drill & blast attempts from both sides of the mountain range. The volcanic rock types, from quartz porphyry to andesite and dacite, were so complex and squeezing ground so severe that this type of tunneling was foregone.

In 2006, it was decided to attempt the project again using a tunnel boring machine. A Robbins 5.3 m diameter Main Beam TBM was used to excavate the remaining 12.8 km of tunneling. About 4 km into the excavation the TBM began to experience significant squeezing ground and severe rock bursting conditions. In order to keep tunneling, a plan was devised that involved in-tunnel machine modifications. The machine's roof shield fingers, which were being damaged by falling rock and rock bursting, were removed and replaced with the McNally Support System using steel slats. As mentioned above, the system allows the slats to be extruded from a series of pockets in the roof shield (and side support if needed), forming a continuous lining. The system allowed safe advance in the extreme rock bursting conditions and the machine was able to make a successful breakthrough in December 2011, following about 16 000 recorded rock bursting events. This is just one example of how a TBM can be adapted, even while in the tunnel, to excavate incredibly challenging conditions.

Felsankern, einer Ausbausetzvorrichtung und Spritzbeton eingebracht werden. Es ist dabei sehr wichtig, den Fels zu stützen und weiteres Brechen und Setzen größtmöglich zu vermeiden. Gebirgsschlag kann auch mit dem Einbau spezieller Tunnelschalen aus der TVM begegnet werden.

In modernen TVM können Gebirgssicherungen wie das McNally System angewendet und die Sicherung parallel zum Vortrieb und aus der TVM eingebaut werden. TVM von heute sind mit allen Werkzeugen und Vorrichtungen ausgerüstet, die aus dem Sprengvortrieb und für Vortrieb in schwierigem Baugrund bekannt sind. Mit



Für den Vortrieb des Olmos Tunnels in den Anden Perus wurde in 2007 eine Robbins Main Beam TVM eingesetzt. Mit einer Überlagerung von über 2000 m ist dies der zweittiefste Tunnel der Welt

A Robbins Main Beam Machine was launched in 2007 to bore Peru's Olmos Trans-Andean Tunnel, the world's second deepest civil works tunnel, below 2000 m of rock

# Tunnel liner

MADE OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY POLYOLEFINES

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





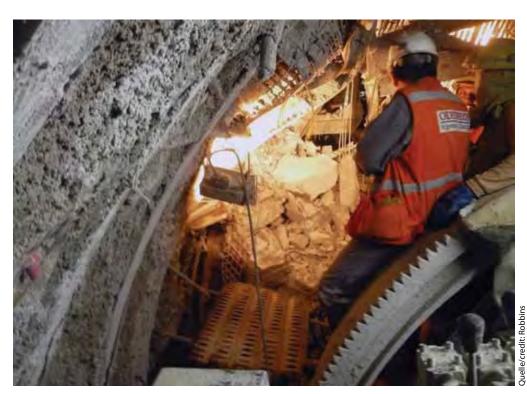


AGRU Kunststofftechnik GmbH Ing.-Pesendorfer-Straße 31 4540 Bad Hall, Austria T. +43 7258 7900 F. +43 7258 3863 ads@agru.at

www.agru.a

Hilfe ausgeklügelter Sondiertechniken in der TVM ist es dem Fahrer möglich, Vorhersage über den vor ihm liegenden Baugrund zu treffen.

Ein gutes Beispiel für einen TVM-Tunnelvortrieb unter Gebirgs schlag beding ungenist der Olmos Tunnel in den Anden Perus. Mit einer Überlagerung von über 2000 m ist er nach dem AlpTransit-Projekt der zweittiefste Tunnel der Welt. Das Projekt, mit dem die Frischwasserversorgung im ariden Hinterland der Pazifischen Wasserscheide gesichert werden soll, dümpelte nach mehreren Versuchen mit Sprengvortrieb auf beiden Seiten der Anden jahrzehntelang vor sich hin. Das Vulkangestein (Quarzporphyr, Andesit und Dazit) war so komplex und der Boden so druckhaft, dass man den Sprengvortrieb als



Schadensaufnahme durch die Vortriebsmannschaft nach einem von rund 16 000 dokumentierten Gebirgsschlagfällen im Olmos Tunnel in Peru

Crews survey damage after one of more than 16 000 recorded rock bursting events in Peru's Olmos tunnel

die einzig praktikable Vortriebsmethode sah.

Das Projekt wurde 2006 erneut aufgegriffen. Dieses Mal entschied man sich für eine offene Robbins-TVM mit einem Durchmesser von 5,3 m, um die verbleibende Strecke von 12,8 km zu bohren. Nach ca. 4 km stieß die TVM auf extrem druckhafte Bodenbedingungen und massive Gebirgsschläge. Um die Arbeiten fortzusetzen, wurde ein Plan ausgearbeitet, der TVM-Anpassungen im Tunnel vorsah. Der Fingerschild der TVM war durch herabfallendes Gestein beschädigt worden, wurde entfernt und durch ein McNally Sytem mit Stützfingern aus Stahl ersetzt. Wie zuvor erwähnt, werden bei dieser Art der Gebirgssicherung die Stützlanzen aus Taschen im Firstteil des Bohrkopfschildes (und wenn notwendig aus Taschen in den Ulmenteilen des Bohrkopfschildes) gezogen und bilden so einen durchgehenden Stützmantel. Mit diesem System konnte ein sicherer Vortrieb unter den extremen Steinschlagbedingungen gewährleistet werden. Die TVM war nach ca. 16 000 dokumentierten Steinschlagfällen im Dezember 2011 erfolgreich durchschlägig. Dies ist nur ein Beispiel für die erfolgreiche Anpassung einer TVM im Tunnel, um äußerst widrigen Abbaubedingungen Herr zu werden.

### Aufquellende/lockere Gesteinsschichten

In aufquellenden und lockeren Geologien ist das Aufbringen von Spritzbeton direkt hinter dem Bohrkopf eine effektive Sicherungsmethode. Unter Extrembedingungen kann Überbohren und Maßnahmen zur Gesteinsabstützung druckhafter Geologien erforderlich sein. Die Abstützung kann in einer Kombination

# **Swelling/slacking Ground**

In swelling and slacking conditions an effective ground treatment is shotcrete applied immediately behind the cutterhead. In extreme conditions, over-boring may be required and measures for rock support in squeezing ground may be needed. The support can be a combination of shotcrete, rock drills and ring beam erectors. The difficult question, however, is to predict the extent of swelling and squeezing. This is a very important consideration when considering the use of concrete segments in such conditions. Because of the difficulty of predicting the extent of swelling, two-pass lining systems have been used such as in the large diameter Niagara Tunnel Project in sedimentary rock. This large diameter (14.4 m) tunnel utilized initial ground support followed by a slipform concrete liner and a waterproof membrane.

# **Fault Zones & Water Pressure**

Fault zones can be the most difficult condition to encounter, especially when associated with water under pressure. They are also the most difficult conditions for predicting expected advance rates. In all conditions, advance probe drilling is recommended 30 to 40 m in advance of the face with a 10 m overlay. This is especially important when fault zones or water are expected. When a fault zone or water is encountered, the extent of the zone should be explored prior to TBM boring within 10–20 m of the zone. Drilling should be done on a 360 degree basis. First, the zone should be grouted to stop water inflows. After grouting, ground consolidation additives should be injected into the unstable rock or soil material. It may be

aus der Anwendung von Spritzbeton, Ankerbohrmaschinen und Bogensetzvorrichtungen erfolgen. Schwierig hierbei ist jedoch, eine Vorhersage zum Quellverhalten und über die Auflockerung des Gesteins zu machen. Dies ist ein sehr wichtiger Aspekt bei der Überlegung, unter derartigen Bedingungen Tübbinge einzusetzen. Da Informationen über das Quellverhalten nur schwer zu erlangen sind, werden zweischalige Auskleidungen eingebracht, so wie z. B. im Niagara-Tunnel-Projekt im Sedimentgestein. In diesem Tunnel mit großem Durchmesser (14,4 m) wurde zuerst der Standardausbau eingebracht, gefolgt von einer Betonauskleidung mittels Schalwagen und einer wasserdichten Membrane.

### Störzonen und Wasserdruck

Störzonen zählen zu den anspruchsvollsten anzutreffenden Bodenverhältnissen (besonders im Zusammenspiel mit druckhaftem Wasser) die zudem Prognosen über die zu erwartende Vortriebsgeschwindigkeit sehr erschweren.

In allen Fällen wird empfohlen, der Ortsbrust voreilende Sondierbohrungen über 30 m bis 40 m und 10 m Überdeckung einzubringen. Dies gilt besonders, wenn mit Störzonen oder Wasserzuläufen zu rechnen ist. Wenn eine Störzone oder Wasserzulauf erkannt wird, sollte das Ausmaß der Zone in einem

necessary to inject such material into the face at short intervals of 2 to 4 m, and advance at shorter intervals. The support of geologists experienced in predicting and treating fault zones, and of ground conditioning experts, is highly recommended when fault zones are encountered.

For passing through fault zones, grout and ground conditioning holes are required. After ground treatment, ground support such as spiling or fore poling through the front shield over the cutterhead may be necessary for safe and predictable advance. It is preferable to carry on this drilling as close to the face as possible to ensure good face coverage. This process has been successfully carried out, even using shielded TBMs, on projects like Turkey's Kargi HEPP and Spain's Abdalajis Rail Tunnels.

### **Blocky or jointed Rock**

In blocky or highly jointed rock, the McNally system to hold the rock in place has been proven very effective. If the rocks are held in place then this can prevent or lessen the condition of cathedralling over the cutterhead and fallout in front of the face; it will also reduce cutterhead damage.









# Wer richtig plant, bleibt trocken.

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

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

Mindestabstand von 10-20 m zur TVM erkundet und die Bohrungen über 360° eingebracht werden. Es wird empfohlen zuerst in die Störzone zu injizieren, um den Wasserzulauf zu stoppen. Danach sollten Bodenstabilisierungsinjektionen durchgeführt werden. Es kann notwendig werden, in der Ortsbrust anfangs in kurzen Intervallen und über 2-4 m Tiefe zu injizieren und den Vortrieb mit der TVM zurückzunehmen. Beim Antreffen solcher Bodenverhältnisse wird dringend empfohlen, Geologen und Bodenkonditionierungsexperten einzuschalten, die einschlägige Erfahrung in der Einschätzung und im Umgang mit Störzonen haben. Für den Vortrieb durch Störzonen sind Schildöffnungen für Injektionen und Bodenkonditionierung erforderlich. Nach



Stählerne McNally-Stützlanzen zur wirksamen Firststützung nach einem Gebbirgsschlag im Olmos Tunnel in Peru Steel McNally slats in the tunnel crown successfully contain a rock bursting event at Peru's Olmos Tunnel

der Baugrundbehandlung wird wahrscheinlich die Anwendung von Gebirgssicherungen für den weiteren, sicheren Vortrieb notwendig, wie Felsanker oder Spieße über dem Bohrkopf, eingebracht durch den Vorderschild. Es ist empfehleswert, diese Bohrungen so nahe wie möglich zur Ortsbrust einzubringen und eine gute Abdeckung der Ortsbrust zu erreichen. Dieses Verfahren wurde bereits, mit Schild-TVM, z. B. beim Kargi-HEPP-Projekt in der Türkei und beim Abdalajis-Eisenbahntunnel in Spanien, erfolgreich angewandt.

# Blockiges oder klüftiges Gestein

In blockigem oder stark klüftigem Gestein hat sich die McNally-Technik zur Stützung des Felses als sehr effektiv erwiesen. Wenn es gelingt, den brüchigen Fels zu stützen, verringert oder verhindert das ein Ausbrechen insbesondere in der Firste über dem Bohrkopf und in der Ortsbrust – wodurch auch Schäden am Bohrkopf vermieden werden.

Die Gebirgssicherung sollte so nahe wie möglich zum Bohrkopf erfolgen. Stützlanzen zur Anwendung mit der McNally-Methode können sein: vorgefertigte Armierungseisen, Holz-/Stahllanzen oder Ausbaumatten in Kombination mit Felsankern.

# Betrachtungen zur Schneidthematik

Neben der Gebirgssicherung gilt es noch andere entscheidende Faktoren beim Bau einer TVM für Tunnel mit großen Gebirgsüberlagerungen zu beleuchten. Dies zeigte sich bei jüngsten Projekten wie dem Gotthard Basis- und dem Koralmtunnel, wo The ground support should be placed as close as possible to the cutterhead. Rock supports for the McNally system can be prefabricated rebar, wood/metal slats, or wire mesh in conjunction with rock straps and rock bolts.

# **Cutting Considerations**

In addition to ground support, other aspects of TBM design are critical in mountainous, high cover tunnels. This has been shown at recent tunnels such as the AlpTransit Gotthard Base Tunnel and the Koralm tunnel, where 17-inch disc cutters were used to cut very difficult rock. It is unquestionably proven through numerous projects that larger diameter 19-inch and 20-inch disc cutters have a longer life, confer faster rates of advance, and require less cutterhead repair interventions (therefore requiring fewer cutter changes) than their 17-inch counterparts.

This effect can even be further seen with 19-inch vs. 20-inch cutters. At a recent project using multiple different open-type TBMs from various manufacturers in similar high cover rock conditions, those machines using 20-inch cutters performed 20 % better than machines using 19-inch cutters. The larger discs also had a much longer life because of their increased wear volume and capacity to excavate harder rock. The 20-inch rings clearly outperformed the 19-inch counterparts.

# **Conclusions**

It is important to remember that any ground support that is used in a drill & blast operation can be adopted for use on a TBM. Furthermore,

man 17"-Rollenmeißel in sehr schwierigem Gestein einsetzte. Zahlreiche Projekte haben nachgewiesen, dass im Vergleich zur Verwendung von 17"-Meißel größere Durchmesser (19" und 20") eine längere Lebensdauer haben, einen schnelleren Vortrieb ermöglichen und mit weniger Reparaturen am Bohrkopf verbunden sind (und so Meißel weniger häufig ausgetauscht werden müssen).

Diese Vorteile zeigen sich insbesondere beim Vergleich von 19"-mit 20"-Meißeln. In einem kürzlich ausgeführten Projekt mit mehreren unterschiedlichen offenen TVM verschiedener Hersteller, die man unter vergleichbaren Überlagerungsbedingungen betrieb, lag die TVM-Leistungsfähigkeit mit 20"-Meißeln um 20 % über der von TVM mit 19"-Meißeln. Die größeren Meißel zeigten auf Grund ihres größeren Abnutzungsvolumens und ihrer Hartgesteinsauslegung auch eine viel längere Lebenserwartung. Die 20"-Meißel ließen ihre kleineren Konkurrenten klar hinter sich.

### **Fazit**

Es ist wichtig festzuhalten, dass jede Art der Gebirgsstützung aus dem Sprengvortrieb auf die Anwendung in einer TVM adaptiert werden kann. Zudem sind Gebirgsstützmethoden einer TVM äußerst flexibel und anpassungsfähig an die gegebenen Verhältnisse. Robbins arbeitet derzeit an einer Hybridlösung für einen Tunnel mit hoher Überlagerung, die eine Kombination des McNally-Abstützungssystem mit Ausbaumatten vorsieht.

Gerollte Ausbaumatten werden, ebenso wie die McNally-Lanzen, am Ende des Bohrkopfschildes angebracht. Diese Matten werden unmittelbar hinter dem Bohrkopfschild an die Tunnelwand bzw. die gestörte Felsformation gedrückt. Die McNally-Lanzen mögen in extremen Verhältnissen immer noch einen Vorteil haben, da sie näher am Baugrund anliegen. Sie verlassen die Taschen im Firstschild mit nur 10 mm Abstand von der gebohrten Tunnelwand, kommen also sofort in Kontakt mit dem Fels und stützen Lockermaterial sehr nahe zur gebohrten Tunnelwand. Das McNally-System ist sehr anpassungsfähig und ermöglicht die gemeinsame Verwendung mit anderen Stützmitteln.

Zweifellos ist der Brenner Basistunnel eine große Herausforderung. Dank langjähriger Entwicklung von TVM, die speziell an schwierige Geologien angepasst wurden, wird sicherer und effizienter Vortrieb möglich sein. Offene TVM bieten größere Flexibilität mit Blick sowohl auf Sondierbohrungen und Injektionsbohrungen als auch bezüglich der Gebirgssicherung, was sie zu Favoriten macht. Sie können sich durch druckhaftes, gebirgsschlagträchtiges Gestein sowie Störzonen vorarbeiten – und das bei geringerer Gefahr zu verklemmen und mit schnellerem Vortrieb, verglichen mit geschildeten TVM. Der Einsatz von Doppelschild-TVM verbunden mit der Verwendung kompressibler Hinterfüllmaterialien und der Möglichkeit Überschnitt einzubringen, um Verklemmen entgegenzuwirken, bleibt eine gute Option. Der Brenner Basistunnel ist ein weiterer Meilenstein in unserer Industrie. Nach seiner Fertigstellung wird er die Menschheit staunen lassen und ein Symbol für Erfindungsgeist und Ausdauer sein. Tunnelvortriebsmaschinen werden daran mit Sicherheit großen Anteil haben.

TBM ground support is highly adaptable and customizable. For example, Robbins is developing a hybrid system for a high cover tunnel that combines the McNally Support System and wire mesh. Rolls of mesh can be adapted to exit out the rear of the roof shield just as McNally slats would. The mesh is then pushed up into contact with the bore, or with broken-up rock if bursting is present. Such mesh could essentially be pushed up to the ground close behind the back edge of the roof shield. McNally slats may still have an advantage in the most difficult conditions as they are in more intimate contact with the ground. They exit the roof shield pockets only 10 mm away from the bore, so they can immediately make contact with the rock and support the loose material very close to the cut profile. The system is highly adaptable, however, and other ground support materials can be customized for use with McNally.

The Brenner Base Tunnel will be a challenge, no doubt. With the nearly endless iterations towards customization of tunnel boring machines in difficult ground, however, the excavation can be made safe and efficient. Main Beam (open-type) machines offer increased flexibility of probe drilling and grouting as well as ground support, making them a possible front runner for the tunnel. They are capable of excavating in squeezing, rock bursting, and faulted ground conditions with less likelihood of becoming stuck, and generally excavate faster than shielded TBMs. If the tunnel must be lined, however, Double Shield machines are still a good choice when used with compressible backfill and/or segments and overboring, so they do not become stuck in difficult ground. The Brenner Tunnel is another engineering challenge for our industry, and when it is complete it will be a marvel – a testament to what human ingenuity and perseverance can build. Tunnel boring machines are sure to play a large part in that.



# Dr. Klaus Rieker im Gespräch

# In Deutschland ist der Bedarf an Ingenieuren größer als das Angebot

Über Markt, Margen und Mineure sprach Journalist Roland Herr für tunnel mit Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau der Wayss & Freytag Ingenieurbau AG in Frankfurt am Main, Deutschland. Der dreifache Familienvater in den Anfängen der Fünfzig ist seit 1989 im Tunnel- und Tiefbau tätig und blickt auf internationale Erfahrungen im unterirdischen Bauen zurück.

# Herr Dr. Rieker, wo lagen denn bislang Ihre Einsatzgebiete im Tunnelbau?

In den rund 25 Jahren meines Berufslebens war ich hauptsächlich in Westeuropa und Asien tätig. Dort vor allem in Taiwan, Singapur und Malaysia.

# Und welches war das größte, interessanteste Projekt in diesem Vierteljahrhundert?

Das ist schwer zu sagen, da sich im Laufe der Zeit der Blickwinkel auf die Projekte geändert hat. Zu Beginn meiner Laufbahn betreute ich nur ein Projekt von der Planung bis zur Übergabe an den Bauherrn und musste mich nur um dieses eine Bauvorhaben kümmern – dafür aber in allen Details. Später erweiterten sich meine Aufgabenbereiche und ich war als Projekt- oder Niederlassungsleiter tätig. Heute ist mein Verantwortungsspektrum viel größer und hat sich hin zum gleichzeitigen Management vieler verschiedener Projekte ausgedehnt. Dies ist sehr erfüllend, da es über die klassischen Bauingenieur-Tätigkeiten hinausgeht. Trotzdem denke ich manchmal noch mit ein bisschen Wehmut an die Zeit meiner Einsätze bei einzelnen Projekten zurück: insbesondere fällt mir da ein Projekt in Taiwan ein. Da war ich gerade 31 Jahre alt und als Projektleiter vor Ort für die Abwicklung verantwortlich. Die Herausforderung lag in den Besonderheiten der chinesischen Kultur, in der eher ältere Personen als verantwortliche Ansprechpartner erwartet werden. Somit hat es etwas gedauert, bis ich von den Projektverantwortlichen des taiwanesischen Bauherrn als gleichwertiger Gesprächspartner akzeptiert wurde. Auf der Baustelle hatte jeder, vom einfachen Arbeiter bis hin zum Bauherrn, einen Projektleiter eher in meinem jetzigen Alter, also Anfang 50, erwartet. Und dann kam noch die Sprache hinzu: alle Besprechungen mit dem Bauherrn erfolgten mit Übersetzer. Nach Ende der offiziellen Besprechungen ging es auf der Baustelle wieder in Englisch weiter.

Von der Größe des Projektes her war Singapur sehr interessant. Dort haben wir einen Abschnitt einer U-Bahn-Linie in der Innenstadt mit einem koreanischen Partner gebaut. Was ich nie vergessen werde ist die babylonische Sprachenvielfalt dort: Im Projektteam waren rund 30 verschiedene Nationalitäten vertreten, die ich immer wieder zusammenhalten musste. Das macht Spaß, sich dieser Herausforderung im internationalen Tunnelbau zu stellen, mit Menschen aus verschiedenen Ländern, mit

### Interview with Dr. Klaus Rieker

# The Need for Engineers in Germany is greater than the Supply



 $\label{thm:continuous} \mbox{Im Gespräch: Dr. Klaus Rieker, Bereichsleiter Tunnelbau, Wayss \& Freytag Ingenieurbau AG$ 

Interviewee: Dr. Klaus Rieker, Managing Director of the tunneling division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG

Journalist Roland Herr discussed the market, margins and tunnellers with Dr. Klaus Rieker, Managing Director of the tunnelling division, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG in Frankfurt am Main, Germany. The father of three in his early fifties has been engaged in tunnelling and foundation engineering since 1989 and looks back on international experience in underground construction.

# Herr Dr. Rieker, where have you mainly been involved in tunnelling up till now?

Throughout the roughly 25 years of my professional life I have mainly been engaged in Western Europe and Asia, where it was principally Taiwan, Singapore and Malaysia.

# Which was the biggest and most interesting project during this quarter of a century?

That's hard to say as the perspective on the projects has changed in the course of time. Early in my career I was only responsible for one project from the planning stage until it was handed over to the client, having to look after this single construction project – but right down to the smallest detail. Later on my range of duties expanded and I was active as project or branch manager. Nowadays my field of responsibility is much larger and has extended to attending to many different projects at the same time. This is extremely fulfilling as it exceeds the classical activities of the construction engineer. Nonetheless, I sometimes look back with a nostalgic feeling to the time when I was involved in individual projects: I particularly recall

unterschiedlichen Sprachen und teilweise völlig fremd wirkenden Kulturen gemeinsam an der Realisierung eines Projektes zu arbeiten. Dabei musste man die sehr unterschiedlichen Ausbildungen, Fähigkeiten und Mentalitäten unter einen Hut oder auf einen Nenner bringen.

Von der finanziellen Seite her sind die Projekte, die wir in den letzten Jahren in Westeuropa realisiert haben, viel beeindruckender. Hier ist als eines der größten Projekte der Liefkenshoektunnel in Belgien mit fast 700 Millionen Euro Auftragssumme zu nennen.

### Wie lange ist Wayss & Freytag schon im Tunnelbaubereich tätig?

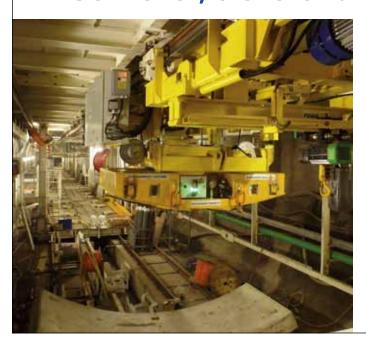
Wayss & Freytag ist die Firma, die gemeinsam mit Herrenknecht die Hydroschildtechnik im maschinellen Tunnelbau in Deutschland entwickelt hat. In enger Zusammenarbeit wurde die Konzeptionierung von Hydroschildmaschinen vorangetrieben und in den 1960er Jahren die ersten Hydroschildvortriebe ausgeführt. Seither hat sich Herrenknecht zu einem der führenden Hersteller von Tunnelbohrmaschinen weltweit entwickelt. Auf der anderen Seite hat Robbins im Bereich der Hartgesteins-Tunnelbohrmaschinen den Tunnelbau international vorangetrieben. Wayss & Freytag versucht vor Abgabe von Angeboten für Tunnelprojekte mit verschiedenen Herstellern von Tunnelbohrmaschinen zu sprechen, da die technische Lösung passen muss. Letztendlich müssen die Hersteller ein konkurrenzfähiges Angebot erstellen,

a project in Taiwan. I had just turned 31 and was there responsible as project manager. The challenges posed related to the particular facets of Chinese culture, which really foresaw older people as the responsible persons in charge. As a result it took some time until I was accepted as an equal partner by those in charge of the project on behalf of the Taiwanese client. On site everyone, from the simple labourer to the client, had if anything expected a project manager of the age I am now, namely early 50s. And then of course there was the language: all consultations with the client had to be held through an interpreter. At the end of the official talks, we resorted to English on site. Singapore was highly interesting in terms of the size of the project. There we constructed a Metro line section in the city centre with a Korean partner. I'll never forget the profusion of languages involved: around 30 different nationalities were engaged in the project team, I had to forge together. It was great fun, facing this challenge in international tunnelling, working together with people of various nationalities, with different languages and in some cases completely diverse cultures to accomplish this project. In the process, it was necessary to integrate or at least establish the common denominator for all the various qualifications, skills and mentalities.

Seen from the financial point of view, the projects that we have accomplished in Western Europe in recent years are much more impressive. One of the biggest projects worth mentioning here is the Liefkenshoek Tunnel in Belgium worth almost 700 million euros.



# Schneller, sicherer und wirtschaftlicher bauen



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

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

Wir sind weltweit für Sie im Einsatz.

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

da wir als Bauunternehmen die Preise so weiter geben müssen. Es kann jedoch auch mal einen Vortrieb geben, wo eine gebrauchte Maschine passen würde.

# Wie hat sich der Tunnelbau aus Sicht eines Unternehmens, aus Sicht von Wayss & Freytag verändert?

Man sagt ja gerne, die jetzige Zeit ist die schwierigste und früher war alles besser. Sicher ist der Konkurrenzkampf in Europa größer geworden, auch durch die Tatsache, dass weniger Projekte auf dem Markt sind. Und obwohl in Deutschland die Kapazitäten auf dem Bau um die Hälfte heruntergefahren wurden, sind immer noch genügend Firmen und Personen auf dem Markt, die um die wenigen Aufträge erbittert kämpfen. Obwohl die Transparenz von Projekten immer größer wird, wird die Realisierung von Großprojekten und die Anerkennung in der Öffentlichkeit immer schwieriger. Die Vertragskonstellationen von Infrastrukturprojekten werden auch immer mehr so gestaltet, dass sich die Risikoverteilung zu Lasten der Auftragnehmer verschiebt. Die Wahrscheinlichkeit, ein Projekt mit Gewinn abzuschließen, wird somit eher geringer.

Im Ausland, zum Beispiel im englischsprachigen Raum, gibt es größtenteils andere Vertragsmodelle als in Deutschland, womit die Risiken eines Bauprojekts anders beziehungsweise fairer zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer verteilt werden.

# Schlagen wir einmal den Bogen von der Maschine zum Menschen. Ist es schwer, erfahrene, gute Tunnelbauer zu bekommen?

Eigentlich möchte ich dieses Problem nicht nur auf den Tunnelbau, sondern auf den Ingenieurbau ganz allgemein beziehen. So haben wir in Deutschland einen höheren Bedarf an Bauingenieuren als derzeit von den Hochschulen Absolventen abgehen. Diese Entwicklung hat sich in den letzten Jahren immer mehr zugespitzt, sodass sich heute ein Bauingenieur-Absolvent das Unternehmen aussuchen kann, bei dem er arbeiten möchte. Das war nicht immer so: bis vor ein paar Jahren konnten wir uns die zukünftigen Ingenieur-Mitarbeiter aussuchen, und heute ist es eher umgekehrt. Was allerdings heute zunehmend zum Problem wird ist die Tatsache, dass die Mitarbeiter besonders im Tunnelbau noch flexibler sein müssen. Das heißt, dass die Einsatzorte über Deutschland, Europa, ja sogar Übersee hin verteilt sein können. Die Mitarbeiter müssen bereit sein, mitzugehen. Heute stellen wir zunehmend fest, dass viele Bewerber fest in Partnerschaften verankert sind, bei denen der andere Partner auch eine interessante und lukrative Tätigkeit ausübt und so die Bereitschaft, ins Ausland zu gehen, stark nachlässt.

Für mich persönlich war und ist der Tunnel- und Tiefbau, der Infrastrukturbau, ein sehr spannendes Betätigungsfeld mit sehr großen Herausforderungen. Man muss sich doch immer wieder auf wechselnde Geologien, unterschiedliche Rahmenbedingungen auf der Baustelle und die Besonderheiten des Projektes einstellen. Gerade der Auslandsbau und der damit verbundene Umgang mit verschiedenen Nationalitäten, Mentalitäten, Menschen, fremden Kulturen und teilweise ganz anderen Lebens- und Arbeitsweisen

# How long has Wayss & Freytag been engaged in the tunnelling sector?

Wayss & Freytag is the company which developed hydro shield technology for mechanized tunnelling in Germany together with Herrenknecht. In close collaboration the development of hydro shield machines was advanced and the first hydro shield drives executed during the 1960s. Since then Herrenknecht has become one of the leading manufacturers of tunnel boring machines throughout the world. At the same time, Robbins has boosted tunnelling internationally in the field of hard rock tunnel boring machines. Wayss & Freytag attempts to speak with various tunnel boring machine manufacturers prior to submitting offers for tunnel projects as the technical solution has to fit. Ultimately the manufacturers must put forward a competitive offer, which we have to reflect in the prices as contractor. At the same time, it can also involve a drive, where a used machine can be suitable.

# How has tunnelling changed from a contractor's viewpoint, as seen by Wayss & Freytag?

It's easy to say that it's now more difficult than ever and that everything was better in the past. Undoubtedly competition in Europe has become harder also quite simply because there are fewer projects around. And although in Germany capacities on the construction market have diminished by 50 %, there are still enough firms and persons around to fight bitterly for the few available contracts. Although projects are becoming increasingly transparent, accomplishing major projects and their recognition by the general public is becoming more difficult. Contracts for infrastructure projects now tend to be laid out in such a way that risk distribution is increasingly to the disadvantage of the contractor. Thus the probability of completing a project profitably is diminishing. Elsewhere, e. g. in English-speaking countries, by and large contracts are set out differently from here in Germany so that the risks of a construction project are distributed in a different, even fairer way between the client and the contractor.

# Let's turn from the machines to the people involved. Is it harder to find experienced, proficient tunnellers?

Actually I would like to relate this problem not simply to tunnelling but engineering in general. In Germany we need more construction engineers than are currently being produced by the universities. This development has gradually come to a head in recent years so that nowadays a young graduate construction engineer can actually choose the company he wishes to work for. That wasn't always the case: up until a few years ago we were able to select future engineering staff, and today it tends to be the other way round. However, what is now becoming a problem is that members of staff must be more flexible than ever particularly in tunnelling. After all, their jobs can take them all over Germany, Europe and even beyond. Members of staff must be prepared to move around as needed. Today we can observe that many applicants are committed to solid partnerships, in which the other partner also has an interesting and lucrative career so that the willingness to transfer abroad has greatly decreased.

As far as I am concerned tunnelling and foundation engineering, building the infrastructure, remains a very exciting field of activity

ist das Interessante an diesem Betätigungsfeld. Es ist faszinierend, wenn man erst einmal Teil der Tunnelbau-Familie ist und über sein Berufsleben verteilt auf der ganzen Welt immer wieder bekannte Gesichter bei neuen Projekten trifft.

# Wie hoch ist eigentlich der Anteil an Eigenleistung bei Wayss & Freytag?

Bei uns im Tunnelbau ist es generell so, dass die aus dem eigenen Unternehmen erbrachte Leistung relativ hoch ist. Das fängt bereits bei der Planung an – die Tübbingplanung zum Beispiel, die Berechnung der Stützkräfte an der Ortsbrust, die Planungen für temporäre Maßnahmen beim Anfahren der TBM oder dem Auffahren von Querschlägen. Bei der Ausführung folgen wir der bewährten Philosophie von Wayss & Freytag, Schlüsselpositionen mit eigenen Mitarbeitern zu besetzen. Auch bei ausländischen Bauvorhaben kommen unsere Stammmitarbeiter zum Einsatz. Nur für nachgeordnete Tätigkeiten werden örtliche Arbeitskräfte eingesetzt. Dadurch haben wir Teams im Einsatz, die eingespielt sind und gerade in der Anlaufphase eines Projektes schnell Leistungen und damit die geforderte Qualität erbringen.

Vielen Dank für das interessante Gespräch!



involving major challenges. One must constantly contend with different geologies, varying conditions on site and the project's peculiarities. Construction abroad and having to deal with different nationalities, mentalities, people, alien cultures and, in some cases, quite other ways of life and working is what makes this field of activity so interesting. It is fascinating to become a part of the family of tunnellers, constantly encountering many well-known faces at new projects scattered around the world during your career.

# How large is the proportion of in-house activity in Wayss & Freytag's case?

In tunnelling our own input is relatively high. This begins at the planning stage – planning the segments for example, working out the supporting forces at the face, planning temporary measures for starting-up the TBM or excavating cross-passages. As far as the execution is concerned, we pursue Wayss & Freytag's tried-and-tested philosophy of filling key positions with our own staff. Our regular staff members are also involved in construction projects abroad. Local work forces are only used for secondary activities. In this way, we have teams in action, which are well coordinated so that they are able to achieve rapid progress and in turn, the required quality, especially when a project is starting up.

Our thanks for that informative insight!





- knickgelenkter Zwei-Achs-Dumper für den Tunnelbau
- 25 t Nutzlast bei kompakter Bauweise
- mit 194 KW nicht nur wirtschaftlich im Verbrauch sondern auch bei der Bewetterung
- drehbarer Fahrerstand für beste Sichtverhältnisse
- hoher Fahrkomfort, z. B. durch gefederte Vorderachse

Bergmann Maschinenbau GmbH & Co. KG | Essener Straße 7 | 49716 Meppen | Telefon: +49 5932 7292-0



www.bergmann-dumper.de

### Mexiko

# Der Huauchinango-Tunnel, Teil der Autobahn Nuevo Necaxa–Tihuatlan

Die Autobahn Nuevo Necaxa–Tihuatlan in Mexiko ist 85 km lang und führt durch die Bundesstaaten Puebla und Veracruz. Die Arbeitsgemeinschaft Connet, bestehend aus FCC Construcción (Spanien) und dem mexikanischen Unternehmen ICA, baute diese Autobahn, die zum 283 km langen Mexiko-Tuxpan-Korridor gehört, der wichtigsten Fernverkehrsverbindung zwischen Mexiko-Stadt im Landesinnern und dem Golf von Mexiko. Der Abschnitt Nuevo Necaxa –Tihuatlan wurde im September 2014 durch den mexikanischen Präsidenten Enrique Peña Nieto offiziell eröffnet und ist die kürzeste Strecke zwischen Mexiko-Stadt und der Golfküste. Mexiko-Stadt ist der wichtigste Wirtschaftsraum in Lateinamerika und dank des neuen Autobahnanschlusses kann der Handel zwischen Mexiko und den USA nun noch intensiviert werden.

Die Autobahn ist in zwei Abschnitte unterteilt. Der Abschnitt TC1 verläuft zwischen Nueva Necaxa und Avila Camacho. Er ist vierspurig ausgebaut (21 m breit) und 36,6 km lang. Die Autobahn durchquert hier den Osten des Gebirgszugs Sierra Madre (Sierra Madre Oriental). Dies ist ein orografisch schwieriges Gebiet, weshalb der Bau von zwölf Brücken mit einer Gesamtspannweite von 3165 km und sechs Tunneln mit einer Gesamtlänge von 8,05 km in beide Richtungen erforderlich war. Folgende Tunnel wurden er-

richtet: Huauchinango-Tunnel (Länge rechte Röhre: 105 m/Länge linke Röhre: 89 m), Neca-xa-Tunnel (978 m/976 m), Tunnel Xicotepec I (365 m/322 m), Tunnel Xicotepec II (894 m/875 m), Tunnel El Zoquital (1382 m/1340 m), Tunnel Las Pilas (376 m/345 m).

Der Abschnitt TC2 zwischen Avila Camacho und Tihuatlan hat eine Gesamtlänge von 48,1 km und ist zweispurig (12 m breit). Die Kosten für die Autobahn von Nueva Necaxa nach Tihuatlan betrugen insgesamt 650 Millionen US-Dollar.

# Geologie

Das Gebiet befindet sich an der Grenze zwischen zwei Bundesstaaten in der östlichen Sierra Madre. Die Topografie des der Sierra Madre Oriental zugehörigen Gebiets weist einige hohe Berge sowie sehr tiefe

### Mexico

# Huauchinango Tunnel, Part of the Nuevo Necaxa-Tihuatlan Highway

The Nuevo Necaxa-Tihuatlan highway in Mexico covers a distance of 85 km through the states of Puebla and Veracruz. It was built by Connet, a joint venture of FCC Construcción (Spain) and the Mexican Company ICA, and is part of the 283 km Mexico-Tuxpan corridor which is the main highway between Mexico City in the interior and the Gulf of Mexico. The Necaxa-Tihuatlan stretch was officially opened in September 2014 by the President of Mexico, Enrique Peña Nieto, and is now the shortest route between Mexico City and the Gulf coast. Mexico City is the single most important economic area within Latin America and the new highway's connection will help to further develop trade between Mexico and the US.

The highway is divided into two sections: TC1 runs between Nuevo Necaxa and Avila Camacho. It is four lanes wide (21 m) and covers a total distance of 36.6 km. This stretch of highway traverses the eastern Sierra Madre Mountains (Sierra Madre Oriental), in an area of great orographic difficulty, which required the construction of twelve bridges spanning a total distance of 3.165 km and six tunnels that cover a total distance of 8.05 km in both directions: Túnel Huauchinango (length of right bore: 105 m/length of left bore: 89 m), Túnel Necaxa (978 m/976 m), Tunel Xicotepec I (365 m/322 m), Tunel Xicotepec II (894 m/875 m), Tunel El Zoquital (1382 m/1340 m), Tunel Las Pilas (376 m/345 m).



Der Huauchinango-Tunnel ist der kürzeste der sechs Tunnel, die für das Autobahnprojekt Nuevo Necaxa–Tihuatlan in Mexiko gebaut wurden. Diese Autobahn wurde im September 2014 in Betrieb genommen

The Huauchinango Tunnel is the shortest of six tunnels built for the Mexican Nuevo Necaxa–Tihuatlan Highway project, that was put into operation in September 2014



Der Huauchinango-Tunnel ist einer von sechs Tunneln der Autobahn Nuevo Necaxa–Tihuatlan (Foto: Baustelle Tunnelportal)

The Huauchinango Tunnel is one of six tunnels built for the Nuevo Necaxa–Tihuatlan highway (Image: Portal construction site)

Schluchten auf. Das zweite Gebiet wird durch Basaltschichten charakterisiert, die großflächig die mesozoischen Sedimentgesteine überdecken. Man befindet sich hier in Höhenlagen zwischen 700 m und 2160 m über dem Meeresspiegel, wobei die höchsten Berge nordwestlich von Huachinango in der Nähe von Tlalcoyunga liegen. In Richtung der Golfküste fällt das Gelände stetig ab. Das Baugebiet befindet sich zudem im zentral-östlichen hydrologischen Becken. Das Becken selbst gehört zum im hydrologischen Gebiet Tuxpan-Nautla, das von zahllosen Flüssen durchzogen ist; die größten sind der Necaxa- und der San-Marcos-Fluss.

# **Huauchinango-Tunnel**

Trotz der relativ kleinen Tunnellänge war der Bau eine Herausforderung, weil oberhalb der geplanten Tunneltrasse Erdölleitungen und Hochspannungskabel entlangführten. Die Arbeiten wurden außerdem durch den weichen Boden erschwert. Ein weiteres Problem tauchte auf, als man bei Erkundungsbohrungen im oberen Teil des Hangs auf einen tonig-sandigen Schluff von mittlerer Konsistenz mit einem Wassergehalt von 60-70 % und einer Stärke von 5-10 m stieß. Unter diesen Gegebenheiten musste der Tunnel in zwei Schritten, zuerst die Kalotte und dann die Strosse mit Spritzbetonsicherung hergestellt werden. Die Bohrarbeiten verliefen durch basaltisches Gestein, das sich nach Vulkanausbrüchen hier abgelagert hatte, im unteren Bereich aus Trümmergestein, Tuff und gebrochenem Basalt und im oberen Bereich aus weichem Zerfallsgestein bestehend.

Der Vortrieb des Tunnels veränderte die Spannungszustände im Fels und löste eine nach innen gerichtete Verformung des hergestellten Hohlraums aus. Es war erforderlich, diese Verformung zu begrenzen, um die Verschlechterung des Baugrunds und negative Auswirkungen auf die Oberfläche zu verhindern.

Der Aushub erfolgte maximal über 1 m Länge; direkt im Anschluss wurdet eine Abstützung aus Metallrahmen, Spritzbeton und Ankern sowie eine Entwässerung eingebaut. Erst danach war es möglich, mit dem Aushub des nächsten Meters fortzufahren und auch dort wieder die Abstützung vorzunehmen.



Der Aushub erfolgte maximal über 1 m Länge, und danach wurde sofort eine Abstützung aus Metallrahmen, Spritzbeton und Ankern eingebaut

The excavation was executed with maximum advances of 1 m, with immediate placement of support consisting of metal frames, shotcrete and anchors

The TC2 section of the highway running between Avila Camacho and Tihuatlan has a total length of 48.1 km and is two lanes wide (12 m). The highway between Nuevo Necaxa and Tihuatlan was built at a total cost of 650 million dollars.

# Geology

The area is located on the borderoftwo provinces ofthe eastern SierraMadre Mountains, The topographical relief in the area corresponding to the Sierra Madre Oriental features a number of high mountains with very deep ravines in between them, while the second areais characterized by basaltictables, extensively covering the Mesozoic sedimentary rocks. Altitudes above sea level range between 700 m and 2160 m. The highest mountains are located to the northwest of Huachinango, near Tlalcoyunga, which begin dropping in height as they approach the coast of the Gulf of Mexico.

The construction area is also located in the CentralEastern Hydrological Basin. The basin itself is located in the "Tuxpan-Nautla" Hydrological Area, which is composed of an abundant number of permanent streams, the main ones among them being the Necaxa and San Marcos Rivers.

# **Huauchinango Tunnel**

Despite the relatively short distance of the tunnel, the construction was challenging nonetheless because there were oil pipelines situated above the route as well as high power transmission wires. The work was further complicated by the soft soil conditions. Another problem arose when exploratory drilling began and revealed the presence of a clayey sandy siltmaterialin the upperpart of the slope of a medium consistency, withmoisture content of 60–70 %, and with a thickness of 5–10 m. Due to these circumstances, the excavation of the tunnel had to follow shotcreting method standards in two phases, a staged excavation of crown and bench. Digging took place in basaltic volcanic rock, laid down by volcanic eruptions which are composed of breccia, tuff andfracturedbasalt on the bottom and saprolite materials in the upper section.

The excavation of the tunnels modified the stress conditions of the

Für die Durchörterung wurde die Rohrschirmmethode mit 4-Zoll-Stahlrohren, Mörtelinjektionen, Metallrahmen TH29 und stahlfaserbewehrtem Beton angewendet. Der Bohrzyklus begann mit der Platzierung des Schirms im oberen Bereich des Querschnitts, indem 27 Löcher von 6 Zoll Durchmesser und 20 m Länge gebohrt, 4-Zoll-Rohre eingeschoben und mit Mörtel gefüllt wurden. Die Stahlrohre wurden in einem Abstand von 50 cm eingebracht und besaßen eine ansteigende Neigung von maximal 5°. Nachdem der Schirm platziert war, wurde eine erste Betonschicht von 5 cm Dicke eingebracht, die mit Stahlfasern verstärkt war. Sofort im Anschluss wurde der Rahmen aus TH-29-Profilen eingebaut und an die Stäbe des vorherigen Rahmens angeschlossen. Dann brachte man die zweite mit Stahlfasern verstärkte Betonschicht mit einer Dicke von mindestens 10 cm auf, was eine Gesamtstärke von 15 cm ergab. Als der obere Teil des Tunnels fertiggestellt war, folgte der Aushub der unteren Hälfte.

Die starre Fahrbahn wurde nach der sogenannten PCA-84-Methode hergestellt. Der Straßenoberbau wurde auf dem zerklüfteten Basaltgestein verlegt. Dafür wurde auf das Planum eine Lage körnigen Drainagematerials und darüber eine 15 cm starke körnige Tragschicht aufgebracht.

Zur Abdichtung dient im Huauchinango-Tunnel unter anderem ein Geotextil, das die Dichtungsmembranvor Beschädigung schützt und das Wasser zu den seitlichen Drainagerohren leitet. Ein weiterer Bestandteil des Dichtungssystems sind die seitlichen Entwässerungskanäle. Dazu wurden PVC-Rohre mit einem Durch-

messer von 4" verwendet, alle 10 m Einlaufschächte platziert und die für das Sickerwasser vorgesehenen seitlichen Entwässerungswannen angeschlossen.

Das Verkehrsmanagementsystem für die Autobahn Nueva Necaxa-Tihuatlan wurde vom Informationstechnikanbieter Indra entwickelt, aufgestellt und eingesetzt. Mit der 14 Millionen Euro teuren Anlage lassen sich die sechs Tunnel und desweiteren zehn Brücken der Autobahn vom Kontrollzentrum in El Piñal aus überwachen.

rock and induced an inward movement of the excavated cavity, so it became necessary to limit the deformation to prevent deterioration of the subsoil and its impact on the surface.

The excavation was executed with maximum advances of 1 m, with immediate placement of support consisting of metal frames, shotcrete, anchors and drains. Only after these measures were taken it was possible to continue drilling the next 1 m section and placing supports.

The support method utilized was the pipe roof umbrella method with 4" steel tubes, grouting, metal frames TH29 and reinforced concrete with metal fibers. The drilling cycle started with the construction of the umbrella placed on the upper part of the cross-section, formed by drilling 276" in diameter holes, with 20 m in length, followed bx placing 4" steel tubes inside and injectinggrout. The metal tubes were placed 50 cm apart and had an upward inclination of a maximum of 5°. After the umbrella was in place, a first layer of concrete reinforced with metal fibers was applied, with a 5 cm thickness. Immediately afterwards a TH29 metal frame was put in place and connected with rods to the previous frame. At this point, the second layer of reinforced cement with metal fibers with a minimum thickness of 10 cm was applied, thus creating a combined thickness of 15 cm. Once the digging was completed of the upper half of the circumference of the tunnel, the excavation of the bottom portion began.

For the pavement design, the PCA-84method for rigid pavements was applied. The pavement was laid over fractured basaltic rock. Over this base cap a layer of draining granular material was applied and then

a 15 cm granular base.

The waterproofing system of the Huauchinango tunnel includes a geotextilewhose functions are to protect the waterproofing membrane from damage, and to transmit water along the plane of the geotextile to the side drains. The other part of the waterproofing system are the lateral drains that collect the water intercepted by the waterproofing system; PVC pipes of a 4" diameter were used for the lateral drains, with interceptors spaced every 10 m, connecting with sidedrainage sumps specifically for water infiltration.

The traffic management system for the Necaxa-Tihuatlan highway was designed, set up and deployed by Indra. The 14 million-euro project was set up to control the six tunnels and ten bridges along the highway from a new control center in El Piñal.

# **Huauchinango-Tunnel**

**Tunnelart:** Richtungsverkehrstunnel **Bemessungsgeschwindigkeit:** 90 km/h

Länge: 105,45 m (rechte Röhre) und 89,00 m (linke Röhre) Gefälle: 0.73 % (rechte Röhre) und 0.96 % (linke Röhre)

Eingangshöhe (m über Meeresspiegel):

1217,45 (rechte Röhre) und 1218,18 (linke Röhre)

Ausgangshöhe (m über Meeresspiegel):

1216,68 (rechte Röhre) und 1217,32 (linke Röhre)

Fahrbahnbreite: jeweils 10,0 m Tunnelhöhe: jeweils 8,35 m Tunnelbreite: jeweils 13,60 m

Aushubguerschnittsfläche: jeweils 99,45 m<sup>2</sup>

Type of tunnel: Unidirectional flow of traffic

Design velocity: 90 kph

Length: 105.45 m (right tunnel) and 89,00 m (left tunnel) General incline: 0.73 % (right tunnel) and 0.96 % (left tunnel)

Entrance level (m above sea level):

1217.45 (right tunnel) and 1218.18 (left tunnel)

Exit level (m above sea level):

1216.68 (right tunnel) and 1217.32 (left tunnel)

Width of road: 10.0 m each Height of tunnel: 8.35 m each Width of tunnel: 13.60 m each Area of excavation: 99.45 m² each

# WHO BUILDS THE WORLD'S **FASTEST**TUNNEL BORING MACHINES?

SEE THE DATA FOR YOURSELF Fastest TBM.com

# Das Herzstück der europäischen Nord-Süd-Verbindung

Mithilfe der Trans-European Networks (TEN) werden Korridore geschaffen, die die großen Seehäfen mit der europäischen Eisenbahninfrastruktur verbinden. Ziel der Europäischen Union ist es, einen wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Warentransport und Personenverkehr zu gewährleisten. Die längste und wichtigste Verbindung von Skandinavien bis zum Mittelmeer stellt der Scan-Med-Korridor dar. Innerhalb dieses europäischen Korridors Nr. 5 Helsinki-Valetta (Malta) ist der Brenner Basistunnel (BBT) ein entscheidendes Kernstück. Die Kosten der 64 km langen unterirdischen Bahnverbindung werden auf 8,5 Milliarden Euro veranschlagt; 40 % hiervon trägt die EU, Italien und Österreich je 30%.

# The Core of the European North-South Rail Link

Corridors are being established with the help of the Trans-European Networks (TEN), which connect major sea ports with the European rail infrastructure. It is the European Union's goal to set up goods transport and passenger traffic on an economic and ecologically friendly basis. The Scan-Med Corridor is the longest and most important link, running from Scandinavia to the Mediterranean. The Brenner Base Tunnel (BBT) represents a decisive core element of the European Corridor No. 5 from Helsinki to Valetta (Malta). The costs for the 64 km long underground rail link are earmarked at 8.5 billion euros; 40 % of this amount is borne by the EU with Italy and Austria each contributing 30 %.

**Dr.-Ing. Eckart Pasche,** Freier Journalist/freelance journalist, Willich, Deutschland/Germany



EU-Verkehrskommissarin Violeta Bulc löste am 19. März 2015 die erste Sprengung aus. Damit begannen im Innsbrucker Ahrental die Vortriebsarbeiten an der ersten Tunnelröhre des Brenner Basistunnels

EU transport commissioner Violeta Bulc initiated the first round of blasting on March 19, 2015. This heralded the driving operations in the Innsbruck Ahrental for the Brenner Base Tunnel's first tunnel bore



Im September 2014 begannen die Vortriebsarbeiten am Rettungsstollen in Tulfes und Ampass innerhalb des Bauloses Tulfes–Pfons

Driving operations for the evacuation tunnel began in September 2014 at Tulfes and Ampass within the Tulfes–Pfons contract section

Am 19. März 2015 fiel im Innsbrucker Ahrental der Startschuss für die Vortriebsarbeiten an der ersten Röhre des Brenner Basistunnels. EU-Verkehrskommissarin Violeta Bulc übernahm die Tunnelpatenschaft und löste symbolisch die Sprengung aus. Am Folgetag fand in Innsbruck der hochkarätig besetzte BrennerCongress 2015 "Cross Alpine Corridors" statt. Hier diskutierte EU-Koordinator Pat Cox mit seinen Kollegen für Transeuropäische Verkehrsnetze die Herausforderungen und Chancen für grenz-überschreitende Verkehrswege. Nicht nur die Minister aus den Alpenländern waren zu dieser Gesprächsrunde angereist, auch Nordwesteuropa und das Baltikum waren vertreten.

# **Der Brenner-Verkehrsweg**

Mit einer Höhe von 1371 m über NN ist die Brennerroute der niedrigste Alpenpass und kann ganzjährig genutzt werden. Mitte des 19. Jahrhunderts fiel die Entscheidung zum Bau einer Eisenbahnstrecke, die in den Jahren 1860 bis 1867 errichtet wurde, um die stetig wachsenden Warenströme bewältigen zu können. Ein gutes Jahrhundert später, im Jahr 1974, wurde der Bau der Brenner-Autobahn vollendet. Waren es anfangs rund 10 Mio. t Güter jährlich, wuchs die Transportmenge bis 2008 auf 50 Mio. t/a.

The starting shot for driving the first bore of the Brenner Base Tunnel was fired on March 19, 2015 in the Innsbruck Ahrental Valley. EU transport commissioner Violeta Bulc took over the patronage of the tunnel and symbolically initiated the blasting process. The following day the 2015 BrennerCongress "Cross Alpine Corridors" took place in Innsbruck, attended by a whole series of leading experts. Together with his colleagues for trans-European networks, EU Coordinator Pat Cox discussed challenges and opportunities for cross-border transport arteries. Representatives from north-west Europe and the Baltic were present for this round of talks in addition to ministers from the Alpine countries.

# **The Brenner Transport Route**

The Brenner route is 1371 m ASL, making it the lowest Alpine pass. It is open throughout the year. In the mid-19<sup>th</sup> century it was decided to build a rail route, produced between 1860 and 1867 so that the ever growing flow of goods could be mastered. Well over a century later, in 1974, work on building the Brenner motorway was completed. Initially around 10 million tonnes of goods had to be handled annually, but by 2008 the total had risen to 50 million tonnes per year. Nowadays more than 40 % of the total goods transported over



# Sicherheit über Kopf GECEDRAL® – Top-Performance im Vortrieb

Starke Leistung und gesicherte Ergebnisse mit hoher Qualität

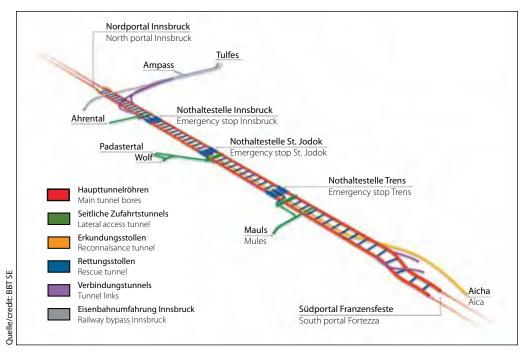
GECEDRAL®
Erstarrungsbeschleuniger
SILIPHOS®
Gegen Versinterungen
in Drainagen

GILUFLOC® Tunnelabwasserbehandlung

FERROSOLF® Staubbindung Mit GECEDRAL®, unserem patentierten alkalifreien Abbindebeschleuniger für Spritzbeton, sind Sie auf der "sicheren Seite" – mit sicherem Ergebnis über Kopf, gesicherter Vortriebsleistung und hoher Qualität.

Kurita Europe APW GmbH Germany AlSales@kurita.eu Besuchen Sie uns: www.kurita.eu





Der Brenner Basistunnel verbindet Innsbruck mit Franzensfeste. Er besteht aus einem Erkundungsstollen, zwei Haupttunnelröhren und vier seitlichen Zufahrtstunneln

The Brenner Base Tunnel links Innsbruck with Franzensfeste. It comprises an exploratory tunnel, two main tunnel bores and four lateral access tunnels

Heute werden mehr als 40 % des gesamten alpenquerenden Güterverkehrs über den Brennerpass abgewickelt, davon rund zwei Drittel auf der Straße, ein Drittel per Bahn.

Um dem zunehmenden Schwerverkehr auf der Straße entgegenzuwirken, beschloss die EU 1994, den Ausbau der Bahninfrastruktur zu fördern. So wurden die TEN-Verkehrsachsen entwickelt, die seit Dezember 2013 zu länderübergreifenden Verkehrsverbindungen umgestaltet werden.

Die bisherige Brennerbahnstrecke können täglich 260 Züge befahren. Dabei müssen sie Steigungen bis 27 ‰ meistern. Ein Ausbau der Strecke über den Pass ist wegen dieses Anstiegs und der zahlreichen Kurven nicht möglich. Deshalb fiel die Entscheidung zugunsten des Baus eines Basistunnels am Fuß des Brennermassivs. Er verläuft ziemlich flach mit einer Steigung von 6,7 ‰ auf österreichischer Seite und 4 ‰ in Italien. Durch die geradlinige Streckenführung verkürzt sich die Entfernung zwischen Innsbruck und Franzensfeste (Fortezza) von 75 auf 55 km.

Ende 2026 soll der Tunnel in Betrieb gehen. Da die Strecke ohne Höhenunterschiede verläuft, können im Güterverkehr längere und schwerere Züge in kürzeren Taktzeiten fahren. Sie benötigen auf der Flachbahn weniger Energie als auf der Bestandsstrecke und sind schneller am Zielbahnhof. Auch die Reisezeit im Personenverkehr wird deutlich sinken: von 80 auf 25 min. Diese Züge sollen den Tunnel mit Geschwindigkeiten bis 200 km/h passieren.

# **Die Tunnelbauwerke**

Der Brenner Basistunnel führt auf einer Distanz von 55 km von Innsbruck nach Franzensfeste. Zusammen mit der bereits

the Alps are transferred via the Brenner Pass. Two thirds of this amount is moved by road and one third via rail.

In 1994 the EU decided to promote the development of the railway infrastructure to cope with the increasing amount of heavy goods transported by road. This resulted in the TEN transport arteries being set up, which are being reorganised as transnational transport links since December 2013.

The existing Brenner rail route can cope with 260 trains per day. In the process, gradients of up to 27 ‰ have to be surmounted. It is impossible to develop the route via the pass any further on account of these gradients, quite apart from the numerous bends. As a result it was decided to construct a Base Tunnel at the foot of the Brenner massif. The

trajectory is relatively flat with a 6.7 ‰ gradient on the Austrian side and 4 ‰ in Italy. Thanks to the straight route alignment the distance travelled between Innsbruck and Franzensfeste (Fortezza) will be cut from 75 to 55 km.

The tunnel is scheduled to begin operating in 2026. As the route is devised without differences in height, longer and heavier freight trains will be able to run at shorter intervals. They will require less energy on the flat trajectory than on the existing route so that they will arrive more quickly at their destination. The travel time for passenger trains will also be considerably decreased: from 80 to 25 min. These trains will negotiate the tunnel at speeds of up to 200 km/h.

# The Tunnel Structures

The Brenner Base Tunnel runs from Innsbruck to Franzensfeste over a distance of 55 km. Together with the existing line bypassing Innsbruck, the length extends to 64 km. As a result, currently the world's longest underground rail link is being created beneath the Brenner massif. Rail traffic will operate in two 8.1 m diameter single-track bores. These bores will run alongside each other some 40 to 70 m apart, connected by cross-passages every 333 m. These cross-passages take over logistical as well as safety functions acting as evacuation tunnels. Three emergency stops are to be set up at Innsbruck, St. Jodok and Trens.

Firstly a central exploratory tunnel is to be excavated beneath the main tunnel bores. It serves geological advance investigation purposes, as a service and logistics tunnel during the construction phase and as a maintenance and drainage tunnel when operational. Four access tunnels link the surface with the tunnel bores. In Austria

bestehenden Umfahrung von Innsbruck beträgt die Länge 64 km. Somit entsteht unter dem Brennermassiv die derzeit längste unterirdische Eisenbahnverbindung der Welt. Der Bahnverkehr wird in zwei eingleisigen Röhren mit 8,1 m Durchmesser verlaufen. Die Röhren werden im Abstand von 40 bis 70 m nebeneinander gebaut und sollen alle 333 m durch Querschläge miteinander verbunden werden. Diese Querverbindungen übernehmen sowohl logistische als auch Sicherheitsfunktionen als Rettungsstollen. Drei Nothaltestellen sind in Innsbruck, St. Jodok und Trens vorgesehen.

In der Mitte unterhalb der Haupttunnelröhren wird zunächst ein Erkundungsstollen aufgefahren. Er dient der geologischen Vorerkundung, als Service- und Logistiktunnel während der Bauphase sowie als Wartungs- und Entwässerungstunnel im Betrieb.

Vier Zufahrtstunnel verbinden die Oberfläche mit den Tunnelröhren. Sie befinden sich in Österreich in Ampass, im Ahrental und in Wolf bei Steinach, in Italien bei Mauls. Während der Bauphase werden sie für logistische Zwecke genutzt: Durch sie wird einerseits das gelöste Haufwerk zu den Deponien gebracht. Andererseits erfolgen sämtliche Materialanlieferungen für den Bau der Tunnelröhren, wie Baustoffe, Stahl und Tübbing-Betonfertigteile, durch they are located at Ampass, Ahrental and Wolf near Steinach; in Italy near Mauls. During the construction phase they will be utilized for logistical purposes: first of all, muck will be transported through them to the dumping sites. Secondly, all supplies of material for building the tunnel bores such as construction materials, steel and prefabricated concrete parts for segments will be carried through them. Altogether around 230 route km must be driven for the entire underground network.

# **Excavating the Tunnel**

Depending on the nature of the rock certain sections of the Brenner Base Tunnel will be driven by conventional means applying drill+blast, others will be tackled by tunnel boring machines (TBMs). Herrenknecht will provide a Gripper-TBM (7.9 m diameter) for excavating the Tulfes-Pfons exploratory tunnel within the framework of the overall Brenner Base Tunnel project.

In addition to several parts of the main tunnels and the exploratory tunnel, the two connecting tunnels at Innsbruck, all access tunnels, ventilation and logistics caverns, emergency halts and crosspassages will be driven by drill+blast and secured with shotcrete. 70 % of the Brenner Base Tunnel will be driven by mechanized means.



# Einfach schwerste Teile bewegen.

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

DEVO-Tech AG

Hauptstrasse 39 CH-4417 7iefen

Tel +41 61 935 97 97 Fax +41 61 935 97 99

info@devo-tech.ch www.devo-tech.ch

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



die Zufahrtstunnel. Insgesamt muss für das gesamte unterirdische Netz rund 230 km Strecke aufgefahren werden.

### **Tunnelvortrieb**

Je nach Gebirgsbeschaffenheit werden einige Abschnitte des Brenner Basistunnels konventionell mit Bohr- und Sprengarbeit, andere mit Tunnelbohrmaschinen (TBM) aufgefahren. Für den Vortrieb des Erkundungsstollens Tulfes–Pfons im Rahmen des Gesamtprojekts Brenner Basistunnel wird Herrenknecht eine Gripper-TBM (Durchmesser 7,9 m) ausliefern.

Neben einigen Teilen der Haupttunnel und des Erkundungsstollens werden die beiden Verbindungstunnel in Innsbruck, sämtliche Zufahrtstunnel, Lüftungs- und Logistikkavernen, Nothaltestellen und Querschläge im Sprengvortrieb mit Spritzbetonsicherung ausgebrochen. 70 % des Brenner Basistunnels werden maschinell vorgetrieben.

Am 19. März 2015 wurde auf österreichischem Projektgebiet mit den Arbeiten am Haupttunnel begonnen. Dem offiziellen Festakt wohnten zahlreiche Spitzenrepräsentanten aus der EU-, Bundes- und Landespolitik bei. EU-Verkehrskommissarin und Tunnelpatin Violeta Bulc unterstrich mit ihrer Anwesenheit beim Tunnelanschlag die Bedeutung des Vorzeigeprojektes für die Europäische Verkehrspolitik. Ebenfalls anwesend waren die Verkehrsminister der sieben Alpenstaaten, die Landeshauptleute von Bayern bis Verona sowie der Vorstandsvorsitzende der ÖBB Holding, Christian Kern.

Seit September 2014 laufen die Vortriebsarbeiten am bisher größten Baulos Tulfes–Pfons. Das Auftragsvolumen beträgt 380 Millionen Euro und sieht die Errichtung von insgesamt vier Tunnelabschnitten vor. Beim Zufahrtstunnel Ahrental wurde nach nur drei Monaten das Niveau der künftigen Hauptröhren erreicht. Damit sind die logistischen Voraussetzungen für den Ausbruch der ersten Kilometer des Haupttunnels sowie der Verbindungstunnel von der Umfahrung Innsbruck zum Haupttunnel geschaffen.

In Italien wurden mittlerweile bereits 3,6 km des Haupttunnels vorgetrieben. Insgesamt sind im März 2015 bereits 36 Tunnelkilometer auf beiden Seiten des Brenners ausgebrochen. Derzeit wird am 300 Millionen Euro teuren Baulos Eisackunterquerung gearbeitet. Dieses bildet den südlichsten Abschnitt des Brenner Basistunnels und liegt in unmittelbarer Nähe des Bahnhofs Franzensfeste.

Auf österreichischer Seite starten in den nächsten Monaten drei weitere Vortriebe. Ab November 2015 kommt dabei erstmals eine Tunnelbohrmaschine zum Einsatz. Diese wird vom Ahrental aus Richtung Brenner einen weiteren Erkundungsstollenabschnitt von 15 km auffahren.

Unmittelbar vor der Ausschreibung steht der Abschnitt Mauls-Brenner; dieser Abschnitt beinhaltet den Bau des Erkundungsstollens nördlich der periadriatischen Störzone bis zum Brenner, sowie die Haupttunnel von der Unterquerung des Eisacks bis zum Brenner, einschließlich der Nothaltestelle von Trens. Auf österreichischer Seite wird im Jahre 2016 das Hauptbaulos Ahrental-Brenner ausgeschrieben; dieses hat ein geschätztes

Work on the main tunnel commenced on the Austrian side on March 19, 2015. The official ceremony was attended by numerous leading national and regional political figures as well as from the EU. EU transport commissioner Violeta Bulc, the tunnel patron, underlined the significance of this flagship project for European transport policy by being present at the ground-breaking ceremony. The transport ministers of the seven Alpine countries, top regional politicians from Bavaria to Verona as well as the chairman of the ÖBB Holding Board, Christian Kern, also attended.

Since September 2014 driving operations have been in full swing at what is up till now the biggest construction site at Tulfes–Pfons. The contract is worth 380 million euros and entails producing a total of four tunnel sections. At the Ahrental access tunnel the level of the future main bore was reached after only three months. In this way the logistical prerequisites for excavating the first kilometres of the main tunnel as well as the connecting tunnels between the main tunnel and Innsbruck Bypass have been created.

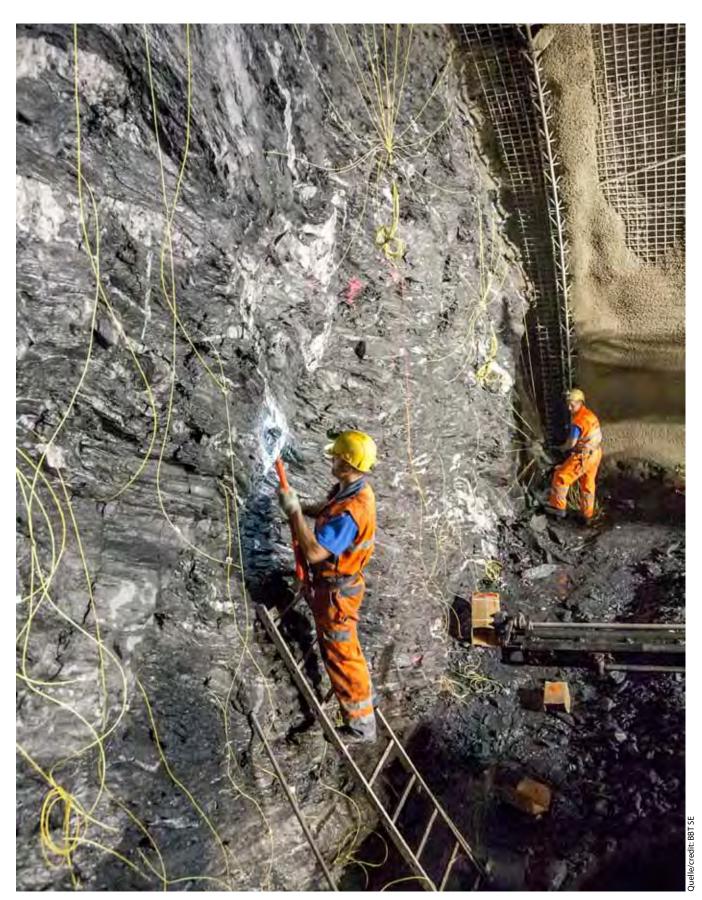
In Italy meanwhile 3.6 km of the main tunnel have been driven. Altogether in March 2015, no less than 36 tunnel km at both sides of the Brenner have been excavated. At present, work is forging ahead on underpassing the Eisack, a contract section worth 300 million euros. This represents the southernmost section of the Brenner Base Tunnel and is located in the vicinity of Franzensfeste Station. On the Austrian side, three further drives are due to begin in the months ahead. A tunnel boring machine will thereby be applied for the first time as from November 2015. The TBM will drive a further 15 km long exploratory tunnel section from Ahrental towards the Brenner.

Tenders are soon to be invited for the Mauls–Brenner section; this section involves the building of the exploratory tunnel to the north of the periadriatic fault zone to the Brenner, as well as the entire main tunnels from the Eisack underpass to the Brenner including the Trens emergency halt. On the Austrian side, tenders will be invited for the Ahrental–Brenner main contract section in the course of 2016. It is worth some 1.8 billion euros and embraces the production of the main tunnels from Ahrental to the Brenner, the exploratory tunnel section from Steinach at the Brenner to the national frontier and the St. Jodok emergency halt.

# **BrennerCongress 2015: Cross Alpine Corridors**

As the Brenner Base Tunnel is regarded as a showcase and reference project, a high-grade congress took place in Innsbruck on March 20, 2015. EU transport commissioner Violeta Bulc envisages a single European transport zone, securing the free exchange of goods and satisfying people's mobility needs. She compares the transport corridors with a chain, whose weak links are represented by regional connecting routes, which she feels, require explicit time targets. The tunnel patron evaluates starting up the main construction operations at the Brenner Base Tunnel as an important step "for the Brenner forms the core element of the entire transport corridor, connecting Scandinavia with the Mediterranean region. Following its completion, the trans-border Brenner Base Tunnel will remove a significant bottleneck between Austria and Italy for goods as well

Tunnel 3/2015 Cross Alpine Corridors 53



**Vorbereitung von Sprengarbeiten im Zufahrtstunnel Wolf des Brenner Basistunnels**Preparing the blasting activities in the Wolf access tunnel for the Brenner Base Tunnel

Ausschreibungsvolumen von rund 1,8 Mrd. Euro und sieht den Bau der Haupttunnel vom Ahrental bis zum Brenner, den Erkundungsstollenabschnitt von Steinach am Brenner bis zur Staatsgrenze und die Nothaltestelle von St. Jodok vor.

# **BrennerCongress 2015: Cross Alpine Corridors**

Weil der Brenner Basistunnel als Vorzeige- und Referenzprojekt gilt, fand am 20. März 2015 in Innsbruck eine hochkarätige Tagung statt. EU-Verkehrskommissarin Violeta Bulc stellt sich einen einzigen europäischen Verkehrsraum vor, der den freien Warenverkehr sicherstellt und die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen befriedigt. Die Verkehrskorridore vergleicht sie mit einer Kette, deren schwächste Glieder die regionalen Anschlussstrecken seien, für die sie klare Zeitvorgaben fordert.

Die Tunnelpatin bewertet den Startschuss für die Hauptbauarbeiten am Brenner Basistunnel als wichtigen Schritt, "denn der Brenner bildet das Kernstück des gesamten Verkehrskorridors, der Skandinavien mit dem Mittelmeerraum verbindet. Nach seiner Fertigstellung wird der grenzüberschreitende Brenner Basistunnel einen bedeutenden Flaschenhals sowohl für den Güter- als auch für den Personenverkehr zwischen Österreich und Italien beseitigen. Investitionen in die Infrastruktur sind wesentlich, wenn die Schiene in Zukunft ein erhöhtes Verkehrsaufkommen bewältigen muss, da die bestehenden alpenquerenden Bahnstrecken an ihre Grenzen stoßen."

Österreichs Verkehrsminister Alois Stöger betonte, dass Österreich seinen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit in Europa leiste. Sein Land investiere je Kopf der Bevölkerung mehr in den Ausbau des Schienenverkehrs als jedes andere Land in Europa. Er sprach auch das Thema der grenzüberschreitenden Finanzierung an: "Finanzieren werden die Menschen in Europa. Der Wähler muss erkennen, dass die Projekte wichtig sind. Wenn der Bau eines Vorhabens 15 Jahre dauert, darf die Finanzierung nicht auf sieben Jahre begrenzt sein." Bei unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen in den einzelnen Ländern gelte es, Standards auf einen Nenner zu bringen.

Tirols Landeshauptmann Günther Platter will den Güterverkehr über die Autobahn um 50 % reduzieren: "Heute donnern jährlich zwei Millionen Lkw über den Brenner." Eine Gleichschaltung der Maut von München bis Verona sieht er als strategische Aufgabe. "Tirol liegt an der Hauptschlagader des alpenquerenden Verkehrs. Der Brenner Basistunnel ist das Herzstück des Skandinavien-Mittelmeer-Korridors, eine zukunftsweisende, leistungsfähige Schienenverbindung. Für Tirol bedeutet sie vor allem auch eine Entlastung der Bevölkerung vom Lkw-Transitverkehr auf der Straße. Der Bau des BBT hatte eine lange Vorlaufzeit und einige Hürden zu überwinden. Deshalb ist die Bedeutung des Anschlags des Haupttunnels für unser Land gar nicht hoch genug einzuschätzen." Platter betonte aber auch die Bedeutung der Zulaufstrecken in Deutschland. Sie sind erforderlich, damit in Österreich die Planungen fortgesetzt werden können.

Wie viele andere, betonte auch der Trentiner Landeshauptmann Ugo Rossi die europäische Dimension des Tunnelprojekts: "Europa



Das Baulos Eisackunterquerung bildet den südlichsten Abschnitt des Brenner Basistunnels in der Nähe von Franzensfeste

The Eisack underpass contract section represents the southernmost section of the Brenner Base Tunnel in the vicinity of Franzensfeste

as passenger transportation. Investments in the infrastructure are essential if the railways are intended to cope with a greater volume of traffic in future, for the existing rail routes crossing the Alps are about to reach their limits".

Austrian transport minister Alois Stöger stressed that Austria was contributing its part to competitiveness in Europe. His country was investing more in rail transport per head of the population than any other European country. He also touched on the topic of trans-border financing: "The people in Europe will supply the financing. Voters must recognize that such projects are important. Should a project take 15 years to build, financing must not be restricted to seven years". He stated that standards had tot be aligned with each other given different legal framework conditions in individual countries. Tyrol's governor Günther Platter wishes to reduce goods carried via the motorway by 50 %: "Nowadays two million lorries thunder across the Brenner every year". He regards it as a strategic task to align tolls from Munich to Verona. "Tyrol is located on the main artery for traffic crossing the Alps. The Brenner Base Tunnel represents the core element of the Scandinavia-Mediterranean Corridor, a futureoriented, efficient rail link. For Tyrol it above all signifies that people will be less bothered by lorry transit traffic on the roads. Building the BBT involved a lengthy run-up period and various obstacles must still be overcome. As a result, starting on the main tunnel is of key important for our country". Platter also underlined just how

durchlebt heute eine Zeit des Wandels, in der eine stärkere politische und wirtschaftliche Integration zwischen den Mitgliedsstaaten aufgebaut und neues Vertrauen in die europäischen Institutionen geweckt werden soll. Auf diesem Weg wird mit dem symbolischen Spatenstich zum Auftakt der Bauarbeiten am Brenner Basistunnel auf österreichischer Seite ein wichtiges Zeichen gesetzt."

Für den Betreiber äußerte Konrad Bergmeister, Vorstand der Brenner Basistunnel BBT SE: "Der Tunnelanschlag im Ahrental am 19. März 2015 ist ein weiterer Meilenstein in der Realisierungsgeschichte des Brenner Basistunnels. Damit wird sowohl in Italien als auch in Österreich am Bahntunnel gearbeitet, wo in Zukunft die Güter- und Personenzüge fahren werden. Diese tunnelbautechnischen Herausforderungen werden durch erfahrene Mineure, herausragende Techniker und ein engagiertes Team umgesetzt. Solche grenzüberschreitenden europäischen Infrastrukturprojekte wie der Brenner Basistunnel gelingen nur mit größtem Engagement durch alle beteiligten Institutionen von Europa, Italien, Österreich sowie Tirol und Südtirol."

# Die Projekte der Anderen

Im Rahmen des BrennerCongress "Cross Alpine Corridors" kamen nicht nur Vertreter der Brenner-Tunnel-Anrainerstaaten zu Wort. Alle europäischen Länder setzen große Hoffnungen in Verbesserungen der Verkehrswege durch die Trans-European Networks (TEN). So berichtete der französische Verkehrsminister Alain Vidalies über das Projekt Lyon–Turin, das einzige, das die Alpen nicht in Nord-Süd-, sondern in West-Ost-Richtung quert. Hier soll ein 57 km langer Basistunnel gebohrt werden. Es soll eine französisch-italienische Gesellschaft gegründet werden, an der die Staaten unmittelbar beteiligt sind.

Slowenien ist ein kleiner, aber typischer Transitstaat. Infrastrukturminister Peter Gašperšič sieht sein Land als Teil des Balkankorridors München–Istanbul. Auch die Verbindung Italien–Slowenien–Österreich muss verbessert und das Verkehrsaufkommen

important the access routes are in Germany. They are necessary so that plans can be continued in Austria.

Like many others the Trentino governor Ugo Rossi stressed the European dimension of the tunnel project: "Europe is now experiencing a time of change, in which stronger political and economic integration among the member countries and new faith in the European institutions have to be instilled. An important sign has been accorded this aim by the symbolic groundbreaking ceremony marking the start of construction work for the Brenner Base Tunnel on the Austrian side".

On behalf of the operator, Konrad Bergmeister from the board of the Brenner Base Tunnel BBT SE had this to say: "The tunnel inset in Ahrental on March 19, 2015 represents a further milestone in accomplishing the story of the Brenner Base Tunnel. This means that work on the rail tunnel is progressing in Italy as well as Austria, where freight and passenger trains will run in future. These tunnelling technical challenges are being accomplished by experienced tunnellers, outstanding technicians and a committed team. Transborder European infrastructure projects such as the Brenner Base Tunnel succeed only thanks to great involvement on the part of the institutions concerned from Europe, Italy, Austria as well as Tyrol and South Tyrol".

# **Other Projects**

Within the scope of the Brenner Congress "Cross Alpine Corridors" representatives from the Brenner Tunnel's abutting nations were heard as well as others of course. All the countries of Europe are confident that the Trans-European Networks (TEN) will result in improving transport routes. Thus for instance the French transport minister Alain Vidalies reported on the Lyon–Turin project, the sole one crossing the Alps from west to east rather than north to south. A 57 km long Base Tunnel is to be excavated here. A Franco-Italian company is to be set up, in which the countries are directly involved. Slovenia is a small transit country, typical of its kind. Infrastructure minister Peter Gašperšič regards his country as part of the Munich—





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

- High-performance rolling stock
- Jobsite logistics
- Customized back-up systems
- Shaft installations
- Handling systems



Ungarn-Italien bewältigt werden. Das Land habe viel in den Autobahnbau investiert, doch neue Verkehrsstrategien präferieren den Ausbau des öffentlichen Personenverkehrs auf der Schiene. Mit dem Gotthard-Basistunnel, der 2016 dem Verkehr übergeben wird, hat die Schweiz ein eigenes Vorzeigemodell. Doris Leuthard, Ministerin für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, ist sicher, dass die Anschlussstrecken in Benelux bis 2020 fertig sind. Sie hofft, dass Deutschland das auch schafft. Neubaustrecken sollten jetzt, in Zeiten des preiswerten Baugelds, in Angriff genommen werden; bei Bauzeiten von 20 Jahren müsse heute investiert werden. Sie fordert, das rollende Material zu vereinheitlichen: "mit derselben Lok durch ganz Europa". Terminals und Verladestationen seien gemeinsam mit Unternehmen am richtigen Ort und in der entsprechenden Größe zu errichten, "sonst nützen die Korridore nichts". Tunnel sparen im Verkehrsnetz Zeit und damit Geld. Richtig aufeinander abgestimmt, könne der Verkehr zum Kassenschlager werden, wobei im Personentransport bessere Margen zu erwirtschaften seien.

Auch Liechtenstein ist in die Nord-Süd-Achse im Alpenraum eingebunden. Da die Bahn als nachhaltiges Verkehrsmittel gelte, könne sie den Konflikt zwischen Verkehr und Umwelt lösen helfen, ist Marlies Amann-Marxner, Ministerin für Infrastruktur, Umwelt und Sport des Fürstentums Liechtenstein, überzeugt.

Die weiteren Beiträge des Innsbrucker Kongresses kreisten ebenfalls um verkehrspolitische Fragen. Alle Länder bis hin zum Baltikum sehen durch ihre Einbindung in die Transversalen wirtschaftliche Vorteile. Dabei ging es nicht nur um Tunnelprojekte, sondern auch um den Ausbau von Straße und Schiene allgemein. Deutlicher fokussiert auf technische Komponenten des Tunnelbaus, berichtete Peter Mark, Professor an der Universität Bochum, über die satellitengestützte Radarüberwachung von vertikalen, durch den Tunnelbau verursachten Verformungen. Als Beispiel nahm er die Auffahrung der Wehrhahn-Linie, die in Düsseldorf unter dichtester Bebauung durchführt.

Prof. Robert Galler von der Montanuniversität Leoben sprach sich für die Nutzung des Tunnelausbruchsmaterials als Baustoff aus. Dies neben Gründen der Nachhaltigkeit auch, um Preise für Baustoffe zu senken. Beim Bau des Brenner Basistunnels fallen bei der Auffahrung rund 17 Mio. m³ Haufwerk an. Je nach Qualität wird dieses entweder deponiert oder wiederverwendet. Das aufbereitete Material kann als Zuschlagstoff für die Betonherstellung im Tunnel eingesetzt werden.

# Ohne Zubringer kann der Brenner seine Kraft nicht entfalten

Ab 2026 sollen Züge durch den Brenner Basistunnel brausen. Dann ist der Brenner "Flaschenhals" entkorkt. Doch die Hochgeschwindigkeitsstrecke ist nur so gut wie ihre Zulaufstrecken, für die es unter anderem in Bayern am politischen Willen fehlt. Ohne ihre Fertigstellung jedoch verlagert sich der Flaschenhals in den Freistaat.

Istanbul Balkan Corridor. The Italy–Slovenia–Austria link must also be improved and the volume of traffic between Hungary and Italy coped with. The country has invested a great deal in building motorways, however new strategies favour the development of public transportation by rail.

Switzerland has its own reference project in the form of the Gotthard Base Tunnel, due to open in 2016. Doris Leuthard, the minister for the environment, transport, energy and communications is certain that the connecting routes in the Benelux states will be completed by 2020. She hopes that Germany will also succeed in this respect. New routes should be embarked on at present, when money for building is relatively cheap; investments must be carried out today, when construction periods of 20 years are involved. She advocates the standardization of rolling stock: "with the same locomotive through the whole of Europe". Terminals and loading facilities should be established in conjunction with companies at the proper place of the corresponding size, "otherwise the corridors are no use". Tunnels save time and in turn money for the transport network. Correctly geared to one another transportation could develop to become a real success story, with better margins being generated by passenger traffic.

Liechtenstein too is linked up with the north-south axis in the Alpine region. As rail is regarded as a sustainable means of transport it can help solve the conflict between transportation and the environment. Marlies Amann-Marxner, the minister for the infrastructure, environment and sport of the Duchy of Liechtenstein is convinced of this. The other contributions at the Innsbruck Congress also dealt with political issues surrounding transportation. All countries extending up to the Baltic foresee economic advantages from being included in the cross Alpine routes. This relates to tunnel projects and to developing roads and railways. Peter Mark, professor at the University of Bochum, was clearly focused on the technical components of tunnelling, when he reported on satellite-supported radar monitoring of vertical deformations resulting from tunnelling. As an example he seized upon excavating the Wehrhahn Line in Düsseldorf under densely built-up areas.

Prof. Robert Galler from Leoben Montan University advocated using tunnel muck as a construction material. Apart from sustainability issues, this would reduce the price for building materials. Some 17 million m³ of muck will accumulate during the construction of the Brenner Base Tunnel. Depending on the quality this will either be dumped or reutilized. The prepared material can be used as aggregate for concrete production in the tunnel.

# The Brenner cannot be effective without access routes

As from 2026, trains will speed through the Brenner Base Tunnel. Then the Brenner bottleneck will be relieved. At the same time, the high-speed line depends on its accesses. The political desire to tackle them is lacking for instance in Bavaria. However, unless they are completed, the bottleneck will simply be transferred to Bavaria.



Tunnel 3/2015 Fachtagungen Conferences 57

### **BASt**

# **Tunnelsymposium 2015**

Bereits zum siebten Mal fand am 28. und 29. April 2015 das BASt-Tunnelsymposium in den Räumen der deutschen Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in Bergisch Gladbach statt. Mehr als 150 Fachleute informierten sich über aktuelle Themen aus den Bereichen Tunnelbau und -betrieb. In das Symposium integriert war die Abschlussveranstaltung des Forschungsprojekts ESI-MAS. Im Rahmen des Verbundprojektes ESIMAS wurde durch die Forschungspartner unter Konsortialführerschaft der BASt ein "Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel" entwickelt und in einer Pilotanwendung demonstriert. Die Forschungsnehmer stellten ihre Entwicklungen vor und zeigten die Potenziale des Systems auf.

Schwerpunkte des Symposiums waren darüber hinaus aktuelle Bau-, Instandsetzungs- und Nachrüstungsmaßnahmen von Fernstraßentunneln sowie Forschungsvorhaben und deren Auswirkungen auf die Regelwerke. Belange des Brandschutzes standen dabei im Mittelpunkt. Unter anderem referierte Martin Kostrzewa vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur über den Straßentunnelbetrieb und die Anwendung der derzeit gültigen Sicherheitsstandards. In diesem Zusammenhang stand auch der Vortrag von Prof. Dr. Wolfgang Baltzer (BUNG Ingenieure AG, Heidelberg/FH-Aachen, University of Applied Science) zu den Änderungen in den neuen Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) 2015. Aktuelle Bau- und Sanierungsprojekte, wie der Tunnel Hirschhagen in Hessen und der Tunnel Farchant in Bayern standen ebenso im Fokus.

Dr. Jörg Schmidt und Prof. Dr. Frank Dehn von der MFPA für das Bauwesen Leipzig GmbH widmeten sich der Frage, inwieweit die Brandkurve nach ZTV-ING auch in Anbetracht extremer Brandfälle in Tunneln ausreichend ist.

### **BASt**

# **Tunnelsymposium 2015**

Already for the seventh time, the BASt Tunnel Symposium took place on the 28th and 29th April 2015 in the offices of the German Federal Highway Research Institute (BASt) in Bergisch Gladbach. More than 150 specialists informed themselves about current themes from the fields of tunnel construction and operation. The closing ceremony of the research project ESIMAS was integrated into the Symposium. In the cooperative ESIMAS project, the research partners in a consortium under the leadership of the BASt developed a "real-time safety management system for road tunnels" and demonstrated it in a pilot application. The research partners presented their work and showed the potential of the system.

Further main themes of the Symposium were research projects and their effect on standards as well as current construction, repair and upgrading measures for main road tunnels. Issues of fire protection were particularly emphasised. Speakers included Martin Kostrzewa from the Federal Ministry of Transport and digital Infrastructure, who talked about the operation of road tunnels and the application of currently valid safety standards. This was connect to the subject covered by Prof. Dr. Wolfgang Baltzer (BUNG Ingenieure AG, Heidelberg/FH-Aachen, University of Applied Science), who talked about changes in the new German guidelines for the equipment and operation of road tunnels (RABT) 2015. Current construction and refurbishment projects such as the Hirschhagen Tunnel in Hessen and the Farchant Tunnel in Bavaria were also dealt with.

Dr. Jörg Schmidt and Prof. Dr. Frank Dehn from the MFPA für das Bauwesen Leipzig GmbH looked into the question to what extent the fire curve according to ZTV-ING is also adequate to cover the case of extreme fires in tunnels.



# The tunnelling portal

- online ventilation calculation according to SIA standard 196
- · business directory
- machinery exchange
- job exchange

- Online Lüftungsberechnung nach SIA Norm 196
  - Firmenverzeichnis
  - Maschinenbörse
    - Jobbörse

Das Tunnelbau Portal

www.Tunnel-Ventilation.net

# 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

58 Tunnel 3/2015

# Messtechnik

# Tunnelbrand: Schutz vor explosiven Betonabplatzungen durch Polypropylenfasern

Bricht in einem Tunnel Feuer aus, hat die Hitze kaum eine Möglichkeit zu entweichen. Innerhalb kürzester Zeit steigt die Temperatur auf über 1000 °C. Die Hitze kann zu explosiven Abplatzungen des Betons führen und die Stabilität des Bauwerks schwächen. Verhindern lässt sich dies durch die Zumischung von Fasern aus Polypropylen (PP). Doch was passiert eigentlich im Inneren des Betons? Ingenieure der Technischen Universität München (TUM) haben einen Weg gefunden, dies zu messen.

Gerät ein Fahrzeug in einer Unterführung in Brand, wie es etwa als Folge eines Unfalls im Jahr 2003 im Gotthard-Straßentunnel geschah, steigt die Temperatur schnell drastisch an. Eine unmittelbare Gefahr stellt der Rauch dar, sodass die Menschen den Tunnel so schnell wie möglich verlassen müssen. Nicht ganz so unmittelbar, aber dennoch verheerend ist die Auswirkung des Feuers auf den Tunnel selbst: Durch die Hitze entsteht Wasserdampf im Inneren des Betons. Der Druck entweicht zunächst in Hohlräume des Materials. Wird der Druck aber zu groß, platzen kleine Stücke des Betons wie Popcorn ab. Das führt dazu, dass die Dicke des Betons und damit seine Tragfähigkeit abnehmen. Der Tunnel könnte einstürzen – und so spätere Sanierungsarbeiten gefährden.

# Fasern werden aufgeschmolzen

Eine Möglichkeit, den vorgeschriebenen Brandschutz in neu zu bauenden Straßentunneln zu gewährleisten, ist die Zumischung von PP-Fasern in den Beton. "Wenn die Temperatur über 110 °C erreicht, werden die Fasern im Beton aufgeschmolzen", erklärt Prof. Christian Große vom Lehrstuhl für Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) der TUM. Es bilden sich so neue Hohlräume im Beton, in die der Druck entweichen kann. Wie genau die Kunstfasern das Verhalten des Betons bei einem Feuer beeinflussen, war bisher unklar. Die Wissenschaftler der TUM entwickelten in Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart und der MFPA Leipzig GmbH eine Methode,

Mago-Tunnelbau-Dämmplatten Lastverteilungsplatten für den Tunnelbau



In folgenden Objekten erfolgreich eingesetzt:

Katzenberg-Tunnel, Efringen-Kirchen, City-Tunnel, Leipzig Finne-Tunnel, Weimar Kaiser-Wilhelm-Tunnel, Cochem U-Bahn-Linie 4, Hamburg Brenner-Zulaufstrecke Nord Sluiskil-Tunnel, Terneuzen (NL) Stadtbahn-Tunnel. Karlsruhe Boßlertunnel, Wendlingen-Ulm

Fordern Sie Prüfzertifikate und Zeugnisse an: www.holzmichael.de/info@holzmichael.de Telefon: (+49) 0441/88591-98 Fax: -99

# Knack-Geräusche im Beton

zu schauen

Die Forscher legten für die Prüfung die Betonplatten sozusagen wie einen Deckel auf einen nach oben offenen Ofen. Auf der Oberseite der Platten installierten sie Schallemissions-Sensoren. Der Beton wurde von unten befeuert und auf bis zu 1300 °C erhitzt.

um in das Innere des Betons

### **Measurement Technology**

# Tunnel Fire: Protection against **explosive Concrete Spalling** with Polypropylene Fibres

If fire breaks out in a tunnel, the heat has scarcely any possibility of escape, and the temperature increases to more than 1000 °C in a short time. The heat can lead to explosive spalling from the concrete and weaken the stability of the structure. This can be hindered by the addition of polypropylene (PP) fibres. But what actually happens inside the concrete? Engineers from the Technical University of Munich (TUM) have found a way to measure this.

If a vehicle in a tunnel catches fire, as happened for example due to an accident in the Gotthard road tunnel in 2003, the temperature quickly rises drastically. The resulting smoke poses immediate danger, so the people in the tunnel have to leave as fast as possible. Not guite as sudden, but still devastating, is the effect on the tunnel itself: the heat produces steam inside the concrete. The pressure first releases into the pores of the material, but if it becomes too high, small pieces of concrete spall out like popcorn. This reduces the thickness of the concrete and thus its load-bearing capacity. The tunnel could collapse – and thus endanger later repair work.

# Fibres are fused

One method of ensuring the required fire protection for new road tunnels is the addition of PP fibres to the concrete. "If the temperature exceeds 110 °C, the fibres in the concrete are fused", explains Prof. Christian Große from the Chair of Non-destructive Testing (ZfP) at the TUM. This forms new cavities in the concrete, which can release the pressure. How exactly synthetic fibres influence the behaviour of concrete in a fire was unclear until now. The scientists at the TUM have developed, in collaboration with the Institute for Materials in Construction at the University of Stuttgart and the MFPA Leipzig GmbH, a method of looking inside the concrete.



Betonplatte mit Schallemissions-Sensoren Concrete slab with sound emission sensors

Ronald Richter, TU München Juelle/credit (2): Tunnel 3/2015 Brandschutz Fire Protection 59



Im Ofen befeuerte Betonplatte

Concrete slab fired in oven

"Bei der Schädigung im Beton entsteht eine Art Knack-Geräusch", erklärt Ronald Richter, Doktorand am ZfP. Die akustische Welle wird im Material übertragen und kann außen gemessen werden. Da mehrere Sensoren auf dem Beton angebracht sind, ist es möglich, den genauen Ursprung der Geräuschquelle zu bestimmen, ganz ähnlich wie bei der Beobachtung von Erdbeben durch Seismometer.

Zum ersten Mal konnten die Ingenieure den zeitlichen Verlauf der Schädigung während eines simulierten Tunnelbrands messtechnisch verfolgen. So wurden bei den Betonplatten ohne PP-Fasern mehr als zehn Mal so viele Schallemissions-Ereignisse gemessen wie bei den Platten, die PP-Fasern enthielten.

Die Wissenschaftler wollen ihre Messmethode weiter verfeinern und validieren. Das Verfahren könnte helfen, verschiedene Betonmischungen hinsichtlich ihres Verhaltens im Brandfall miteinander zu vergleichen und zu optimieren.

Die Forschungsarbeiten am ZfP der TUM erfolgten im Rahmen des DFG-Forschungsprojekts "Explosive Abplatzungen von Beton unter Brandeinwirkung" (Projektpartner: Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart) sowie in einem AiF-Projekt, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, in Zusammenarbeit mit der MFPA Leipzig GmbH.

# Snapping noises in the concrete

For the investigation, the researchers laid concrete slabs like a cover on an oven with an open top. On the upper face of the slab, they installed sound emission sensors. The concrete was fired from below and heated up to 1300 °C.

"When the concrete is damaged, a type of snapping noise is produced", explains Ronald Richter, Ph.D student at the ZfP. The acoustic wave is propagated in the material and can be measured externally. Since several sensors are mounted on the concrete, it is possible to determine the exact origin of the noise source, quite similarly to the observation of an earthquake by a seismometer.

For the first time, the engineers could follow the development of damage with time during a simulated tunnel fire. More than ten times as many sound emission events were recorded from concrete slabs without PP fibres than from slabs containing fibres.

The scientists want to further refine and validate their method of measurement. The process could help to compare and optimise various concrete mixes regarding their behaviour in case of fire.

The research works at the ZfP of the TUM were undertaken under the research project "Explosive Spalling of Concrete under the Effect of Fire" (project partner: Institute for Materials in Construction at the University of Stuttgart) and in an AiF project, sponsored by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, in collaboration with the MFPA Leipzig GmbH.



**60** STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 3/2015

# Veranstaltung

# STUVA-Tagung 2015: Das internationale Forum für Tunnel und Infrastruktur

Vom 1. bis zum 3. Dezember 2015 werden sich erneut mehr als 1500 Fachleute aus dem Fachgebiet des unterirdischen Bauens auf der STUVA-Tagung 2015, dem internationalen Forum für Tunnel und Infrastruktur, treffen. Die als wichtigster Branchentreffpunkt bekannte und als "Familientreffen der Tunnelbauer" geschätzte Tagung wird Teilnehmer aus über 20 Ländern in die Westfalenhallen nach Dortmund ziehen. Zwei Tage wird in insgesamt über 60 Fachvorträgen (mit Simultanübersetzung deutsch/englisch und englisch/deutsch) zum Tunnelbau referiert. Vertiefte Einblicke in das Generationenprojekt Emscherumbau werden im separaten Vortragsblock am Nachmittag des zweiten Veranstaltungstages und im Rahmen der Exkursionen am dritten Tag geboten.

Im Dezember 2014 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 voraussichtlich Anfang Juni 2015 auf www.stuva-conference.com und kann dort bereits jetzt in gedruckter Form angefordert werden. Die Anmeldung zur Tagung ist ebenfalls ab Anfang Juni möglich.

# STUVA-Tagung wird um Vortragsveranstaltung zum Tunnelbetrieb erweitert

Erstmals wird es zusätzlich zur Vortragsreihe "Tunnelbau" in einer parallelen Veranstaltungsreihe in einem separaten Vortragssaal um den "Tunnelbetrieb" gehen. Da der Ruf nach einer solchen Veranstaltung stetig drängender wurde, trägt die STUVA nun dem steigenden Bedarf nach Aus- und Nachrüstung bestehender oder kurz vor der Fertigstellung befindlicher unterirdischer Verkehrsanlagen Rechnung.

# Tagungsgebühren/Conference Fees

Kategorie	Frühbucher	Normal
	Anmeldung bis 30.09.2015 <sup>(1)</sup>	Anmeldung ab dem 01.10.2015 <sup>(1)</sup>
STUVA-Mitglieder <sup>(2)</sup>	380€	430€
Nicht-Mitglieder	470€	520€
Studenten <sup>(3)</sup>	50€	50€

<sup>(1)</sup> Eingang der Anmeldung bei der STUVA; bei Vor-Ort-Registrierung Aufschlag in Höhe von 30 Euro auf den Normaltarif

Vertretern der Fachpresse kann auf Antrag und gegen Vorlage des Presseausweises kostenfreier Zutritt zu allen Vorträgen der STUVA-Tagung und zur STUVA-Expo gewährt werden (jeweils eine Person je Verlag).

### **Event**

# 2015 STUVA Conference: The international Forum for Tunnels and Infrastructure

Once again more than 1500 experts from the field of underground construction will get together for the 2015 STUVA Conference, the international forum for tunnels and infrastructure, held from December 1 to 3. Recognized as the branch's most important event and heralded as the "tunnellers' family gathering", the event will attract participants from over 20 countries to Dortmund's Westfalenhalle. For two days more than 60 papers (with simultaneous German to English and English to German interpretation) will be devoted to tunnelling. More extensive insights into the large-scale Emscher Interceptor project will be provided during a separate block of lectures held in the afternoon on Day 2 and within the framework of the excursion programme on Day 3.

The call for papers was sent to STUVA members in December 2014. Currently the conference programme is being compiled in accordance with proposals put forward by the external selection committee and subsequent approval by the STUVA board. The programme will probably be released in early June 2015 on www.stuva-conference. com and can already be requested there in printed form. It will also be possible to register for the conference as from the beginning of June.

# STUVA Conference to be expanded to include Lectures dealing with Tunnel Operation

For the first time a parallel series of lectures on "Tunnel Operation" will take place in a separate room in addition to the papers dealing with "Tunnelling". As the call for such an event has become increasingly urgent, the STUVA has responded to increasing demand for equipping and retrofitting existing tunnels or facilities close to completion.

# Strong Support from the BMVI and BASt

Owing to the outstanding importance of the STUVA Conference for tunnelling and tunnel operation both the German Federal

Category	Early bookers	Normal
	Registered by 30.09.2015 <sup>(1)</sup>	Registered from 01.10.2015 <sup>(1)</sup>
STUVA-members <sup>(2)</sup>	380€	430€
Non-members	470€	520€
Students <sup>(3)</sup>	50€	50€

<sup>(1)</sup> Registration received by the STUVA; an extra 30 euros will be levied when registering at the Conference office

Specialized press representatives can apply to attend all lectures presented at the STUVA Conference and the STUVA-Expo by showing press card (only one person per publication/station).

<sup>(2)</sup> Mitarbeiter von Firmen/Institutionen, die STUVA-Mitglied sind

<sup>(3)</sup> Kopie des Studentenausweises ist vorzulegen

<sup>(2)</sup> Members of companies/institutions, which are STUVA members

<sup>(3)</sup> Please provide copy of student ID card

Tunnel 3/2015 STUVA-Nachrichten STUVA News 61

# Starke Unterstützung durch BMVI und BASt

Aufgrund der herausragenden Bedeutung der STUVA-Tagung für den Tunnelbau und -betrieb unterstützen sowohl das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als auch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) die Tagung 2015 als ideelle Träger.

# Tagungsbegleitende Ausstellung mit breiterem Spektrum

Die Tagung wird flankiert von einer Fachausstellung, die inzwischen von mehr als 150 in- und ausländischen Unternehmen als professionelle Marketingplattform genutzt wird und eine Fläche von mehr als 6000 m² einnimmt. Durch die Erweiterung des Vortragsspektrums bieten sich auf der STUVA-Expo neue Chancen – nutzen auch Sie die Gelegenheit, Ihre Firma optimal zu präsentieren.

# **Veranstalter STUVA-Tagung/Organizer of STUVA Conference**

**STUVA** 

Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. / Research Association for Underground Transportation Facilities

Mathias-Brüggen-Str. 41 50827 Köln, Germany Phone: +49 221/59795-0 team@stuva-conference.com

Ansprechpartnerin und Pressekontakt/ Contact person and press officer: Dipl.-Ing. Stefanie Posch

### **Veranstalter/Organizer STUVA-Expo**

deltacom projektmanagement GmbH

Stübeheide 72 22337 Hamburg, Germany Phone: +49 40/357232-0 info@deltacom-hamburg.de www.stuva-expo.de

Ansprechpartner/Contact person: Geschäftsführer/Managing Director Heiko Heiden Ministry for Transport and Digital Infrastructure (BMVI) and the Federal Highways Research Institute (BASt) are represented as principal sponsors.

# Extensive Exhibition accompanying the Conference

The conference will be accompanied by an exhibition now used by more than 150 domestic and foreign companies as a professional marketing platform – occupying an area of more than 6000 m<sup>2</sup>. The STUVA Expo affords new opportunities after expanding the range of papers – make sure you also take advantage of the chance to present your company in an optimal manner.

www.stuva-conference.com



**62** STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 3/2015

# Jubiläum

# **Roland Leucker 50 Jahre**

Im April 2015 ist Dr.-Ing. Roland Leucker 50 Jahre alt geworden. Seit 2008 ist er als Geschäftsführer verantwortlich für die STUVA e. V. und seit 2014 auch für die STUVAtec GmbH. Den dafür notwendigen "Tunnelblick" hat er sich schon in den Anfangsjahren seiner Karriere angeeignet: Nach dem Bauingenieurstudium an der RWTH Aachen und anschließender Doktorarbeit sammelte er ab 1995 bei der Hochtief AG zunächst in diversen Projekten Erfahrungen, bevor er als Technischer Koordinator und Bauleiter beim Wesertunnel und schließlich als Technischer Koordinator des Bauloses Nord der Nord-Süd Stadtbahn in Köln die Herausforderungen bei Tunnel-Großprojekten meisterte.

Nun liegt es ja quasi im Berufsbild des Ingenieurs begründet, gelegentlich gerne mal das Rad neu zu erfinden. Die STU-VA ist ihrem Geschäftsführer

dankbar dafür, dass er genau dieser Versuchung in den letzten Jahren widerstanden hat. Statt Bewährtes über Bord zu werfen, hat er es mit seinem als Bauleiter und Technischem Gesamtkoordinator geschulten Gespür für das Sinnvolle und Machbare vielmehr geschafft, Bestehendes und fest Verankertes zu erhalten und dennoch zusätzliche neue Aufgabenfelder für die STUVA zu öffnen – stets am Puls der Zeit. Gleichzeitig ist es ihm gelungen, den notwendigen Generationenwechsel in der Belegschaft zu gestalten, ohne dabei das über Jahrzehnte gesammelte Wissen der STUVA aus dem Blick zu verlieren. In dem zunehmend rauen wirtschaftlichen Klima der Baubranche ist es ihm gelungen, das STUVA-Schiff immer in ruhigem Fahrwasser zu halten und behutsam auf die Zukunft auszurichten.

Zum fünfzigsten Geburtstag gratuliert das STUVA-Team seinem Geschäftsführer von ganzem Herzen und freut sich auf viele weitere erfolgreiche gemeinsame Jahre und viele "Neue Wege" 1.

### Jubilee

# **Roland Leucker turned 50**



Die STUVA gratuliert ihrem Geschäftsführer Dr.-Ing. Roland Leucker zum 50. Geburtstag

The STUVA congratulates CEO Dr.-Ing. Roland Leucker on the occasion of his  $50^{\rm th}$  birthday

Dr.-Ing. Roland Leucker celebrated his 50th birthday in April 2015. Since 2008 he has been the CEO of the STUVA Inc. also taking over responsibility for the STUVAtec GmbH in 2014. He was able to acquire the necessary "tunnel vision" during the early part of his career: after studying construction engineering at the RWTH Aachen and obtaining a doctorate, from 1995 he was involved in various projects on behalf of the Hochtief AG prior to becoming the technical coordinator and construction manager for the Weser Tunnel. This was followed by a post as technical coordinator for the contract section north of the north-south light urban railway in Cologne. These tasks enable him to master the challenges posed by major projects in tunnelling.

Now and then "reinventing the wheel" seems an inevitable aspect of a career in engineering. The STUVA is grateful to its CEO

that he has been able to withstand this temptation in recent years. Rather than abandoning the tried-and-tested he was in a position to maintain and consolidate the status quo thanks to his ability to concentrate on what is practical and feasible – skills he acquired during his time as construction manager and technical general coordinator. Furthermore he was able to open up new opportunities for the STUVA – whilst remaining abreast of the times. At the same time he has succeeded in bringing about the essential changing of the guard within STUVA's ranks without surrendering the store of knowledge built up by the STUVA over the years. Against the increasingly harsh economic climate affecting the construction industry, he has been able to safely steer the good ship STUVA through calm waters and gear it towards the future.

The STUVA team would like to heartily congratulate its CEO on the occasion of his 50<sup>th</sup> birthday and looks forward to many further successful years of common endeavour whilst striking "new paths" <sup>1</sup>.

Die STUVA-Broschüre "Mit uns neue Wege gehen" mit Darstellung ausgewählter Tätigkeitsfelder gibt es in gedruckter Form bei der STUVA oder als Einzelblätter zum Download unter www.stuva.de, Über STUVA.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> The STUVA brochure "Embark on new Paths", presenting selected activities, can be obtained in printed form from the STUVA or as cut sheets by accessing www.stuva.de, About STUVA.

Tunnel 3/2015 STUVA-Nachrichten STUVA News 63

# Pilotprojekt in Köln

# STUVA untersucht Wirksamkeit von Bodenwarnleuchten an Fußgängerübergängen der Stadtbahn

In den vergangenen Jahren ereigneten sich in Köln immer wieder schwere Unfälle an signalisierten Fußgängerübergängen über die Gleisanlagen der Stadtbahn. Die Gründe für Unfälle mit überquerenden Fußgängern oder Radfahrern an diesen Stellen sind dabei vermutlich u. a. mangelnde Aufmerksamkeit, z. B. durch Telefonieren oder Musikhören über Kopfhörer. Der Rat der Stadt Köln hatte daraufhin Ende 2011 beschlossen, im Rahmen eines Pilotprojektes ausgewählte Gleisüberquerungen mit LED-Bodenwarnelementen auszurüsten. Daraufhin hat die Kölner-Verkehrs-Betriebe AG (KVB) die wissenschaftliche Begleitung des Projektes ausgeschrieben. Die STUVA konnte sich mit ihrem vorgelegten Untersuchungskonzept im Ausschreibungsverfahren durchsetzen und wird bei ihrer Arbeit vom Büro für Forschung, Evaluation und Entwicklung (bueffee GbR) aus Wuppertal unterstützt.

Der Einbau der LED-Bodenwarnelemente wurde an drei Standorten realisiert, die auf Vorschlag der STUVA und in enger Abstimmung zwischen der KVB und dem Amt für Straßen und Verkehrstechnik der Stadt Köln festgelegt wurden. Dabei wurden unterschiedliche örtliche und verkehrliche Rahmenbedingungen (z. B. Gestaltung der Überquerungsstelle, Anteil der Radfahrer, Struktur der maßgeblichen Personengruppen usw.) berücksichtigt, um Aussagen zur Wirksamkeit unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen treffen zu können.

# **Pilot Project in Cologne**

# STUVA investigates the Efficacy of Ground Caution Lights at Urban Railway Pedestrian Crossings

In recent years serious accidents have occurred frequently at pedestrian traffic light crossings spanning the urban railway tracks in Cologne. The reasons for accidents involving pedestrians or cyclists crossing at such points are presumably caused among other things by a lack of attention, e.g. as a result of using a phone or listening to music via headphones. As a result the Cologne City Council decided in late 2011 to equip selected track crossings with LED ground caution lights within the framework of a pilot project. Thereupon the Cologne transport company (KVB) called for bids providing a scientific study to accompany the project. The STUVA was then commissioned to execute this study based on its concept. It will be supported in its work by the Office for Research, Evaluation and Development (bueffee GbR) in Wuppertal.

The LED ground caution lights were installed at three locations, which were determined by the STUVA in close collaboration with the KVB and the City of Cologne's Office for Roads and Traffic Engineering. In this context different framework conditions relating to location and traffic (e.g. design of the crossing point, number of cyclists, structure of the representative groups of people, etc.) were taken into consideration so that observations relating to efficacy under varying framework conditions can be obtained.

First of all a preliminary test was undertaken by observing pedestrians and cyclists as well as a survey among passers-by and urban



Gleisüberquerung mit LED-Bodenwarnelementen

**64** STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 3/2015

Zunächst fand eine Voruntersuchung mit einer verdeckten Beobachtung von Fußgängern und Radfahrern sowie einer Befragung von Passanten und Stadtbahnfahrern statt, um das Verhalten der Überquerenden unter Berücksichtigung der charakteristischen Eigenschaften der Überquerungsstellen zu erheben. Nach Klärung technischer und rechtlicher Details wurde die neue Technik an den Übergängen eingebaut.

# **Gut sichtbare Bodenwarnelemente**

Die Schaltung der Bodenwarnelemente erfolgt jeweils parallel zur Schaltung der an den Übergängen installierten Fußgängerlichtsignalanlagen: Nähert sich eine Bahn der Überquerungsstelle, wird Rotlicht angezeigt, ansonsten zeigt die Lichtsignalanlage kein Signal ("Dunkelschaltung"). Mit dem neu installierten Bodenwarnsystem werden nun zeitgleich zur herkömmlichen Signalisierung die rot leuchtenden LED-Lichtpunkte aktiviert. Diese sind am Fußgängerübergang im Boden jeweils in Gehrichtung vor den Gleisen eingelassen. Durch zwei LED-Reihen mit unterschiedlichen Abstrahlwinkeln (flach über dem Boden sowie steil nach oben) sind die LED-Leuchten bereits von weitem, aber auch in unmittelbarer Nähe gut zu sehen. Durch den Einbau dieser Bodenwarnleuchten erhofft man sich, die Aufmerksamkeit der Fußgänger und Radfahrer auch bei einem zu Boden gerichteten Blick während der Gleisüberquerung zu erhöhen.

Nach einer Eingewöhnungszeit von etwa 4–6 Monaten nach dem Einbau erfolgt derzeit die Nachuntersuchung, um die Auswirkungen der Bodenwarnleuchten auf das Verhalten der Fußgänger und Radfahrer bei der Überquerung von Stadtbahngleisen zu analysieren. Mit Ergebnissen zur Wirksamkeit des Systems sowie Empfehlungen wird im Herbst 2015 gerechnet.

railway drivers. In this way it was possible to glean the behaviour of traffic participants using the crossings, taking their characteristic features into consideration. After clarifying technical and legal details the new technology was installed at the crossings.

# **Easily visible Ground Caution Elements**

The ground caution elements are in each case activated in parallel to the pedestrian signal units installed at the crossings: if a tram or train is approaching the crossing point, the signal unit turns to red, otherwise the facility shows no signal ("dark switching"). At the same time the newly installed ground caution system activates the LED light spots, which display red together with the conventional signalling system. These spots are anchored in the ground at the pedestrian crossing in front of the tracks in the direction of movement. Thanks to two LED rows with different beam directions (level with the ground as well as rising steeply) the LED lights are easily visible from a distance as well as close up. The intention of installing the ground caution lights is to raise the attentiveness of pedestrians and cyclists while crossing the tracks, even if they are looking down at the ground.

Following a 4–6 month long acclimatization period after installation, at present a follow-up examination is underway so that the effects of the ground caution lights on the behaviour of pedestrians and cyclists when crossing urban rail tracks can be analyzed. It is hoped that results on the system's efficacy and pertinent recommendations will be available in autumn 2015.

# **Seminar**

# Schutz vor Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen bei Schienenbahnen

Unter Leitung und Mitwirkung von Dr. Friedrich Krüger, STUVA e. V., veranstaltet die Technische Akademie Esslingen am 17. und 18. Juni 2015 ein Seminar zum Thema: "Schutz vor Erschütterungsund Sekundärschallimmissionen bei Schienenbahnen".

Der städtische Schienenverkehr eignet sich wie kein anderes System, Personen in Ballungsgebieten sicher und schnell zwischen Wohn- und Arbeitsstätten zu transportieren. Auch der Umweltvorteil macht die Trassenführung wirtschafts- und gesellschaftspolitisch sinnvoll. Um eine hohe Leistungsfähigkeit der Trassen weiterhin zu gewährleisten und dabei den übrigen Verkehr nicht zu beeinträchtigen, ist in der Regel eine unterirdische Führung im innerstädtischen Bereich erforderlich. Auch für den Fernbahnverkehr ist die Anlage von Tunneln unumgänglich, insbesondere wenn die Trassierung hohe Fahrgeschwindigkeiten erlauben soll.

# **Seminar**

# Protection against Vibration and secondary Noise Immissions for Railway Systems

The Esslingen Technical Academy is staging a seminar on June 17 and 18, 2015, involving STUVA's Dr. Friedrich Krüger, who will also chair it. The seminar will deal with the topic "Protection against Vibration and secondary Sound Immissions for Railway Systems". Urban rail transportation is more suitable than any other system for conveying people living in built-up areas safely and speedily between their homes and places of work. Environmental advantages also ensure that the route alignment makes sense in economic and social political terms. Generally it is essential to provide inner-city underground routes for urban railway systems in order to ensure that high performance and attractiveness are retained in future while avoiding adverse effects on other modes of transport. Furthermore main-line services also require tunnels especially if routes are to cater for high speeds.

Hinsichtlich der Belastung durch Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen aus dem Bahnverkehr hat die Sensibilisierung der Bevölkerung zugenommen. Wesentlich für die Anwohner und Betreiber ist daher die Umsetzung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung sowie für sensible Gebäude und Geräte. In steigendem Umfang müssen Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen aus dem Schienenverkehr getroffen werden. Schallschutz ist eine wesentliche gesetzliche Forderung bei der Planung, der Genehmigung, der Errichtung, der Abnahme und dem Betrieb neuer Bahntrassen und trägt somit zur Minderung der Umweltbelastungen bei.

# Seminarprogramm, 17.–18. Juni

Das Seminarprogramm berücksichtigt den Gesamtkomplex der Entstehung, Ausbreitung und Minderung sowie Messung und Bewertung von Erschütterungen und Sekundärschall bei Schienenbahnen. Es werden konkrete Möglichkeiten zur Untersuchung und Lösung von Erschütterungsproblemen im gesamten Schienenverkehr aufgezeigt. Ein wesentlicher Punkt zur Beeinflussung der Erschütterungsemissionen ist der Oberbau; daher wird hierauf insbesondere eingegangen. Gleichermaßen bedeutend für die Anwohner und Betreiber ist die Rechtsprechung; dieses Thema wird ebenfalls im Rahmen der Veranstaltung behandelt. Das Seminar findet bei der Technischen Akademie Esslingen in Ostfildern-Nellingen statt. Teilnehmerkreis der zweitägigen Veranstaltung sind Führungskräfte und Mitarbeiter der mit dem Emissionsschutz bei Schienenbahnen befassten Abteilungen des ÖPNV, der Fernbahnen, bei Behörden, Beratungsunternehmen und Firmen. Weitere Informationen finden Sie online auf www.tae.de.

People have become increasingly aware of the burden imposed by vibration and secondary noise immissions caused by rail traffic. Applying measures designed to protect the population as well as sensitive buildings and equipment is thus essential for local residents and operators. Measures devised to minimize the vibration and secondary noise immissions resulting from railway systems are increasingly required. Noise abatement represents a substantial legal requirement in conjunction with planning, approval, setting up, acceptance and operation of rail routes thus contributing to cutting down on ecological impacts.

# Seminar Programme, June 17–18

The seminar programme takes into account the overall complex of the creation, spreading and reduction as well as measuring vibrations and secondary noise caused by railway systems. Concrete possibilities for investigating and solving vibration problems in rail networks will be dealt with. The superstructure represents an important aspect for influencing emissions caused by vibrations; this will receive particular attention. Legal issues are equally significant for both local residents and operators. These matters will also be scrutinized at the seminar. The event will be held at the Esslingen Technical Academy in Ostfildern-Nellingen. The two-day seminar will be attended by executives and members of staff belonging to departments from commuter transit, main-line rail systems, authorities, consultants and companies, dealing with emission protection for railway networks. Further details are available online under www.tae.de.

www.tae.de



Massgeschneiderte Lösungen für

Sicherheitstore im Bahn- und Strassentunnelbau







Unsere Sicherheitstore im Gotthard Basistunnel halten extremen Belastungen stand und erfüllen höchste Ansprüche an Sicherheit und Dauerhaftigkeit. Über 700 Türen und Tore von Elkuch Bator sorgen nach Betriebsaufnahme des Jahrhundertbauwerkes für die Sicherheit von Menschen und Gütern. Mit Sicherheit - Elkuch Bator.

Dauerhaft.



Sicher.

**66** STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 3/2015

# Jubiläum

# **Helmut Grossmann 70 Jahre**

Wir gratulieren unserem Kollegen Dr.-Ing. Helmut Grossmann herzlich zum 70. Geburtstag, der im März 2015 gefeiert wurde. Nach seinem Studium des Bauingenieurwesens an der TU Hannover begann Helmut Grossmann dort seine berufliche Laufbahn als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau. 1977 schloss er seine Tätigkeit mit der Promotion zum Thema "Einfluss von P+R-Anlagen auf die Verkehrsaufteilung und zweckmäßige Lage von P+R-Plätzen" erfolgreich ab. Nach einem Referendariat bei der Stadt Hannover im Bereich Stadtbauwesen/Stadtbahnen legte er die Große Staatsprüfung ab und darf sich seit 1978 Assessor des Baufachs nennen. Von 1978 bis 1982 war er Leiter des Bauamtes der Stadt Rinteln. Anschließend wechselte

er ins Baudezernat der Stadt Jülich und war dort als Technischer Beigeordneter tätig, bevor er 1990 zur STUVA wechselte. Seit seinem Eintritt in den Ruhestand 2010 unterstützt er die STUVA weiterhin als freier Berater.

# **Experte, Problemlöser und Vermittler**

Dr. Grossmann initiierte und begleitete zahlreiche Forschungsarbeiten und Gutachten mit den Schwerpunkten Barrierefreiheit, rechtliche sowie wirtschaftliche Aspekte und Kostenbetrachtungen. Vor allem im Bereich der Barrierefreiheit hat Dr. Grossmann sich einen Ruf als national und auch international anerkannter Experte erarbeitet. Die Ergebnisse seiner Arbeit setzten oft neue Standards. Diese fanden in verschiedenen Regelwerken der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) und des DIN Eingang. Dabei war ihm sicherlich seine Tätigkeit in der Bauverwaltung hilfreich, stets Lösungen mit Praxistauglichkeit zu entwickeln.

Nicht zuletzt war Dr. Grossmann auch gern gesehenes Mitglied in den Gremien, weil man in den Arbeitsgruppen besonders seine Eigenschaft schätzte, zwischen scheinbar nicht zu vereinbarenden Positionen zu vermitteln und auf diesem Wege konsensfähige Lösungen zu erarbeiten. In jüngerer Zeit war Helmut Grossmann u. a. beteiligt an der Erarbeitung der Hinweise für barrierefreie

### **Jubilee**

# **Helmut Grossmann turned 70**



**Dr.-Ing. Helmut Grossmann feierte im März 2015 seinen 70. Geburtstag**Dr.-Ing. Helmut Grossmann celebrated his 70<sup>th</sup> birthday in March 2015

We would like to heartily congratulate our colleague Dr.-Ing. Helmut Grossmann who turned 70 in March 2015. After studying civil engineering at the Hanover TU, Helmut Grossmann embarked on his professional career there as a scientific assistant at the Institute for Transport, Road Engineering and Urban Construction. This culminated in 1977 with a doctorate based on a dissertation relating to the "Influence of P+R Facilities on Traffic Distribution and the ideal Location of P+R Spaces". Following a training period spent with the City of Hanover's Urban Construction/Light Rail System department, he passed the state examination to become a Construction Assessor in 1978. He headed the construction office of the town of Rinteln from 1978 to 1982 Then he moved to the construction department of the city of Jülich, where he acted as

a technical advisor prior to joining the STUVA in 1990. Since his retirement in 2010 he has continued to serve the STUVA as a free-lance consultant.

# **Expert, Solver of Problems and Mediator**

Dr. Grossmann initiated and accompanied many research projects and reports concentrating on accessibility, legal as well as economic aspects and cost considerations. Dr. Grossmann has gained a name for himself at home and abroad first and foremost in the field of accessibility. The outcome of his work frequently set new standards. These have been reflected in various codes for the German Road and Transportation Research Association (FGSV) and the DIN. Undoubtedly his involvement in construction administration enabled him to always find practical solutions.

Furthermore Dr. Grossmann was greatly appreciated by the committees he belonged to, as his ability to adopt a mediating role in such working groups enabled seemingly irreconcilable positions to be bridged so that acceptable solutions could be evolved. Of late Helmut Grossmann was for instance involved in working out recommendations for accessible transport facilities (H BVA) on behalf of the FGSV (as founding member of the working group) as well as for the DIN 18040-3 Accessible Construction – Planning Principles – Part 3: Public Transport and Free Areas. Both codes

Tunnel 3/2015 STUVA-Nachrichten STUVA News 67

Verkehrsanlagen (H BVA) der FGSV (als Gründungsmitglied des Arbeitskreises) sowie der DIN 18040-3 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum. Beide Regelwerke setzten wichtige Maßstäbe für das barrierefreie Planen und Bauen in Deutschland.

# Anerkannter Autor zahlreicher Veröffentlichungen

Dr. Grossmann hat sein umfangreiches Wissen als Autor zahlreicher Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und allgemein anerkannten Fach- und Lehrbüchern publiziert. Beispielsweise war er an fast allen Büchern der blauen Reihe des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)/VDV Industrieforums beteiligt, welche die STUVA bisher erarbeitet hat. Dort hat er sich in den letzten Jahren vor allem zu einem ausgewiesenen Experten für die Themen Recht und Finanzierung entwickelt. Selbst komplexe juristische Sachverhalte hat er für die Allgemeinheit verständlich aufbereitet und dargestellt. Aufgrund seines umfangreichen Rechts- und Fachwissens auf dem Gebiet der Barrierefreiheit wurde er von der Arbeitsgruppe "Barrierefreie Umweltgestaltung" der Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation (BAR) als Sachverständiger für "Barrierefreie Mobilität und barrierefreies Wohnen" zu einer öffentlichen Anhörung im Deutschen Bundestag entsandt.

Die STUVA schätzt sich glücklich, dass Dr. Grossmann weiterhin als freier Mitarbeiter für die Projektarbeit zur Verfügung steht, obwohl er die Altersgrenze für den Ruhestand bereits überschritten hat. Durch die immer noch währende Zusammenarbeit ist der Wissenstransfer auf die folgenden Generationen möglich. Für den Bereich "Barrierefreiheit" hat Dr. Dirk Boenke, Bereichsleiter Verkehr & Umwelt, bereits vor einigen Jahren die Nachfolge von Dr. Grossmann angetreten.

set important standards for accessible planning and building in Germany.

# **Recognized Author of numerous Publications**

Dr. Grossmann has published his extensive knowledge as the author of numerous reports in journals and generally recognized specialized publications and teaching manuals. For example he has contributed to practically every book in the VDV Association of German Transport Companies/VDV Industrial Forum Blue Series, which the STUVA has so far edited. In recent years he has emerged there first and foremost as an acknowledged expert in the fields of law and financing. He has been able to ensure that even complex juristic contents can be prepared and presented so that they can be understood by the general public. He was asked to appear at a public hearing in the German Bundestag by the working group on "Accessible Environmental Design" of the Federal Association for Rehabilitation (BAR) on account of his extensive legal and specialized knowledge in the field of accessibility.

The STUVA considers itself fortunate to retain Dr. Grossmann's services on a freelance basis for projects although he has exceeded the retirement age limit. Thanks to this continuing association it remains possible to transfer knowledge to forthcoming generations. Dr. Dirk Boenke, head of the STUVA department "Transport and Environment", succeeded Dr. Grossmann as head of the sector for "Accessibility" several years ago. The STUVA board and management would like to express their gratitude to Dr. Helmut Grossmann for his long-standing involvement and trust this fruitful collaboration will continue in future.



Mit FIRISTA® Bewehrungen gewinnen Sie wertvolle Zeit, dank der vorgefertigten Komplettelemente sind diese sicher und schnell verlegt. Die ideale Lösung für die Betonvorfabrikation und für praktisch jede Baustelle. Diese Bewehrungslösungen stehen für höchste Qualität, Beständigkeit und massgenaue Ausführung. Unser erfahrenes Ingenieurteam berät Sie gerne bei Ihren Projekten.

Unsere Produkte – FIRISTA® | FIDECA® | FIRIPA® Mit uns sicher in die Zukunft

Fischer Rista AG | Hauptstrasse 90 | CH-5734 Reinach +41 (0)62 288 15 75 | www.fischer-rista.ch Produkte Products Tunnel 3/2015

# **Computergestütztes Bohren**

# Zielbohrsystem zur Realisierung von Bohrplänen

Sandvik Construction Tunneling stellt das Zusatzgerät TCAD+ für die DT- und DD-Serien seiner Untertagebohrgeräte vor, die im Tunnel- und im Bergbau zum Einsatz kommen. Das Gerät TCAD+, ein Nachfolger des Sandvik TCAD (Tunneling Computer-Aided Drilling, zu Deutsch: computergestütztes Tunnelbohren) verbessert die Bohrgenauigkeit und reduziert somit die Menge des Mehr- bzw. Minderausbruchs.

Sandvik TCAD+ ist ein Zielbohrsystem, das dafür konstruiert wurde, vorgefertige Bohrpläne präzise ausführen zu können. Es zeigt auf dem Bildschirm die Pläne für das stirnseitige Bohren, das Langlochbohren sowie das Ankern an. Darüber hinaus liefert eine integrierte Datenerfassung Informationen zu Lage und Neigungswinkel des Bohrlochs sowie zum Bohrvorgang selbst und ermöglicht so die Analyse der Daten mit der Sandvik iSURE Prozessmanagementsoftware.

# Höhere Genauigkeit mit Totalstation-Navigation

TCAD+ unterstützt zudem verschiedene Navigationsmethoden. Neben der bekannten Laser- und Bohrernavigation ermöglicht das System auch die Totalstation-Navigation mit herkömmlichen Bohrgeräten und erhöht damit deren Genauigkeit. Die Navigationsschnittstelle, über die sich die Laserstrahlen erzeugen und bearbeiten lassen, ist leicht zu bedienen. Die Präzision wurde durch ein hochentwickeltes boom depletion compensation model, be-

# **Computer aided Drilling**

# Aiming Tool for executing pre-designed drilling plans

Sandvik Construction Tunneling introduces the add-on instrumentation TCAD+ to their DT and DD series underground drill rigs used in tunneling and mining. The TCAD+ instrumentation, a successor of Sandvik TCAD Tunneling Computer-Aided Drilling, improves drilling accuracy, thereby decreasing the amount of over and under excavation.

Sandvik TCAD+ is an aiming tool designed for accurately executing pre-designed drilling plans. It features face drilling, long hole drilling and bolting hole plans on the screen. Furthermore, a built-in data collection provides information on hole position and angle as well as the drilling process, and allows data analysis with Sandvik iSURE tunnel process management software.

# Improved Accuracy with Total Station Navigation

TCAD+ also supports different navigation methods. In addition to traditional laser and drill bit navigation, it introduces total station navigation to the standard rigs, improving their accuracy. The navigation interface is easy to use, with on-screen creation and editing of the lasers. Accuracy is further improved thanks to a highly advanced boom depletion compensation model, familiar from the intelligent DTi jumbos.

The user interface consists of a clear touch screen, 12" full colour display, easy-to-use menus and state-of-the-art graphical user



elle/credit (2): Sand

Tunnel 3/2015 Produkte Products 69

kannt aus den intelligenten DTi Jumbos, noch weiter erhöht. Die Benutzerschnittstelle basiert auf einem übersichtlichen Touchscreen mit 12-Zoll-Farbdisplay, einer einfachen Menüführung und einer modernen grafischen Benutzeroberfläche. Das System verfügt über integrierte Diagnoseansichten mit klaren und deutlichen Warnungen sowie Fehlerund Serviceprotokollen.

Durch dieses Gerät wird die Bohrgenauigkeit erheblich gesteigert. Das bedeutet, dass weniger Material ausgebrochen und dadurch die be-



Displayanzeige des TCAD+ beim Vortriebsbohren

TCAD+ face drilling display

nötigte Energiemenge verringert wird. Die Sprengungen lassen sich durch eine hohe Bohrgenauigkeit besser kontrollieren, was zu mehr Sicherheit während des Tunnelbauvortriebs beiträgt. Mit der höheren Genauigkeit lassen sich zudem deutliche Zeit- und Kosteneinsparungen erzielen.

TCAD+ wird zusammen mit der Sandvik iSURE Prozessmanagementsoftware ausgeliefert. Damit ist die Kurven- und Bohrplanerstellung möglich. Die Übertragung der Pläne auf das Bohrgerät erfolgt mit einem USB-Speichergerät.

interface. The system includes built-in diagnostics views with clear and explained warnings and error and service logs.

The instrumentation significantly improves drilling accuracy. It means that less excavation is required, and as a consequence of that, the amount of used energy. High drilling accuracy gives more control over blasting which translates into improved overall safety in the tunneling project. Accuracy also brings significant savings in project time and costs.

TCAD+ is delivered together with Sandvik iSURE tunnel

process management software. This allows curve and drill plan design. Transferring of the plans to the rig takes place with an USB flash drive.

www.construction.sandvik.com

### SKF

# Lincoln Hochleistungs-Schmierpumpe

Die Lincoln Mehrleitungs-Schmierpumpe P212 von SKF eignet sich für Mehrleitungs-Schmiersysteme oder als zentrale Pumpe in großen Progressivsystemen. Die P212 wurde speziell für anspruchsvolle Umgebungen wie Tunnelbohrmaschinen, Bergbau und verschiedene andere stationäre Maschinen entwickelt, die einen hohen Schmierstoffbedarf haben oder besondere Abdichtungsmedien verarbeiten sollen. Die Lincoln Mehrleitungs-Schmierpumpe nutzt bis zu zwölf Elemente für die Förderung großer Mengen an Schmierfett oder -öl. Sie ist leicht zu montieren und zu warten, da zu einer Erhöhung der Fördermenge keine Pumpelemente mehr durch Rohrleitungen kombiniert werden müssen. Die Pumpe ist mit einem 0,55 kW-Motor ausgestattet. Das Fördervolumen kann pro Auslass von 150–1480 cm<sup>3</sup>/h (beim 50 Hz-Motor) bzw. von 180–1776 cm<sup>3</sup>/h (beim 60 Hz-Motor) eingestellt werden. Der maximale Betriebsdruck liegt bei 350 bar und der effizienteste Arbeitsbereich bei Temperaturen zwischen -20 °C und +70 °C. Der Behälter der Pumpe fasst 30 l und kann mit einem Ultraschall-Sensor zur Füllstandsanzeige geliefert werden. Ein integrierter Rührflügel hält den Schmierstoff auch bei kalten Temperaturen geschmeidig.

### SKI

# High Performance Multi-Line Pump

SKF introduces its new Lincoln P212 multi-line pump for use in multi-line lubrication systems or as a centralized pump in large progressive systems. The P212 is suitable for applications including tunnel boring, mining and various stationary machines with high lubricant consumption, as well as for use with selected sealing compounds. The Lincoln multi-line pump provides high volume delivery of grease or oil, utilizing up to 12 elements. It is economical and simple to install and maintain, because it no longer requires tubing to combine two or more pump elements. The pump has a 0,55 kW (400 V AC) motor, and its delivery volumes can be adjusted per outlet from 150 to 1480 cm<sup>3</sup>/h (10 to 90 in<sup>3</sup>/h) using a 50 Hz motor, or from 180 to 1776 cm<sup>3</sup>/h (12 to 108 in<sup>3</sup>/h) using a 60 Hz motor. The pump has a maximum operating pressure of 350 bar (5070 psi) and works efficiently in temperatures ranging from -20 to +70 °C (-4 to +158 °F). The pump's reservoir has a capacity of 30 liters (7.9 gal.) and is available with an optional ultrasonic sensor for level control. Its integrated stirring paddle keeps the lubricant smooth and easy to feed, even in cold temperatures.

**70** Veranstaltungen Events Tunnel 3/2015

### **RETC**

Rapid Excavation and Tunneling Conference Sheraton, New Orleans, Louisiana, USA 07.–10.06.2015

www.retc.org

# Swiss Tunnel Congress 2015

Kultur- und Kongresszentrum (KKL), Luzern, Switzerland 10.–12.06.2015

Kolloquium, Kongress & Exkursionen Kontakt/Contact: Thomi Bräm, PR-Beratung + Verlag Tel.: +41 56/200 23 33 Fax: +41 56/200 23 34 fgu@thomibraem.ch www.swisstunnel.ch

# 2<sup>nd</sup> Tunnel Expo Turkey

Istanbul Expo Center, Yeşilköy, Turkey 27.–29.08.2015

Tel.: +90 212 288 02-06 Fax: +90 212 288 02-10 info@demosfuar.com.tr www.demosfuar.com.tr

# 11. Hans Lorenz Symposium für Baugrunddynamik & Spezialtiefbau

Technische Universität Berlin (Campus Humboldthain), Deutschland 24.09.2015

Leitung:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. S.A. Savidis, Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik – Degebo Kontakt: Fabian Remspecher, M. Eng. Tel.: +49 30 314-72345/-72341 www.grundbau.tu-berlin.de/ symposium

# Eurock 2015 und 64. Geomechanik Kolloquium

Kongresshaus, Salzburg, Austria 07.–10.10.2015

Kontakt/Contact:

Österreichische Gesellschaft für Geomechanik Tel.: +43 662/87 55 19 Fax: +43 662/88 67 48 info@Eurock2015.com www.Eurock2015.com

# Shotcrete for Underground Support XII

New Developments in Rock Engineering, TBM tunnelling, Deep Excavation and Underground Space Technology 11.–13.10.2015

Grand Copthorne Waterfront Hotel, Singapore, China Kontakt/Contact: Engineering Conferences International Tel.: +1 212/514-6760 Fax: +1 212/514-6030 info@engconfintl.org www.engconf.org

# Tunnels and Underground Construction 2015

Holiday Inn Hotel, Žilina, Slovak Republic 11.–13.11.2015

Slovak Tunnelling Association tps2015@guarant.sk www.tps2015.sk

# STUVA-Tagung 2015/ STUVA Conference 2015

Westfalenhallen Dortmund, Germany 01.–03.12.2015

Kontakt/Contact: Tel.: +49 221/59795-0 info@stuva.de www.stuva-conference.com

# 2. Fachmesse bui – Brünig Untertag Innovation

Brünig Park Lungern, Schweiz 04.–05.02.2016

Tel.: +41 41/679 77-99 Fax: +41 41/679 77-75 bui@bruenigpark.ch www.bui-expo.ch

# 23. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium/ 23<sup>rd</sup> Conference on Geotechnics in Darmstadt

mit Fachausstellung Technischer Universität Darmstadt, Germany 10.03.2016

### **Call for Papers:**

Beitragsanmeldungen mit
Beschreibung des Inhalts bitte einsenden bis zum/Please
send abstracts oft he paper
contents until:
28.10.2015
Technische Universität
Darmstadt
Institut und Versuchsanstalt
für Geotechnik
Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt
Germany

Kontakt/Contact: Tel.: +49 6151/16 22 49 Fax: +49 6151/16 66 83 fischer@geotechnik.tudarmstadt.de www.geotechnik.tudarmstadt.de Tunnel 3/2015 Fachbücher Technical Books 71

**Dokumentation** 

# Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 2014

Mit dem neuen Informationsband "Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 2014" hat das deutsche Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) den 20. Band seiner erfolgreichen Schriftenreihe herausgebracht. Im aktuellen Dokumentationsband werden auf 146 Seiten zehn interessante, gut gestaltete Bauwerke bzw. schwierige Baumaßnahmen präsentiert; zwei Beiträge befassen sich mit Tunnelbauwerken.

Zum einen wird die Lärmschutzeinhausung behandelt, die im Zuge der A 1 unter Aufrechterhaltung des hohen Verkehrsaufkommens im Kölner Ring errichtet wurde. Mit dem Bauwerk sollten ursprünglich u. a. die Kosten der betriebstechnischen Ausstattungen der Tunnelbauwerke für Beleuchtung, Be- und Entlüftung sowie die lineare Abgasverteilung bei einer hohen Dauerhaftigkeit aller Bauteile vermindert werden. Mehrere Brände in Alpentunneln führten aber zur Veränderungen der ursprünglichen Konzeption und der Einstufung als Tunnel. Dadurch waren die hohen Anforderungen an die aktuelle RABT einzuhalten.

Der zweite Beitrag hat den 2530 m langen, im Gegenverkehr befahrenen Einhorntunnel in Schwäbisch-Gmünd zum Thema. Der zur B 29 gehörende Tunnel weist sowohl Trogbereiche als auch Abschnitte in offener und geschlossener Bauweise auf. Aufgrund geänderter Regelungsanforderungen wurde noch in der Planungsphase ein parallel zur Tunnelröhre verlaufender Rettungsstollen vorgesehen und mit sechs Querschlägen an den Tunnel angeschlossen. In den Trogbereichen und den offenen Tunnelabschnitten wurden zusätzlich bereits Vorkehrungen für eine später zu errichtende zweite Tunnelröhre und einen Betrieb im Richtungsverkehr getroffen. Der im Baustellenbereich verlaufende Fluss Rems sowie die Querung von Eisenbahnstrecken machten die Baumaßnahme zu einem schwierigen, komplexen Projekt.

Der Informationsband "Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 2014" kann per E-Mail kostenfrei angefordert werden: buergerinfo@bmvi.bund.de

# 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,-

Jetzt online bestellen bei

www.profil-buchhandlung.de

Weitere Infos auf:

# www.bgl-online.info

oder telefonisch unter: 05241 80 88 957 Profil – Buchhandlung im Bauverlag





# Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	57
AGRU Kunststofftechnik GmbH, Bad Hall/A	www.agru.at	35
Bergmann Maschinenbau GmbH & Co. KG, Meppen/D	www.bergmann- dumper.de	43
CREG TBM Germany GmbH, Erkelenz/D	www.creg-germany.com	U4
DAST Media Kieliger, Horw/CH	www.tunnel-ventilation.net	57
Devo-Tech AG, Ziefen/Basel/CH	www.devo-tech.ch	51
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	39
Elkuch Bator AG, Herzogenbuchsee/CH	www.elkuch.com	65
FGU – Fachgruppe für Untertagbau, Esslingen/CH	www.swisstunnel.ch	31
Fischer Rista AG, Reinach/CH	www.fischer-rista.ch	67
Gasser Felstechnik AG, Lungern/CH (Fachmesse bui)	www.bui-expo.ch	51
Häny AG, Jona/CH	www.haeny.com	07
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2

Advertisers	Internet	Page
Implenia Bau AG, Aarau/CH	www.implenia.com	05
IUB Engineering AG, Bern/CH	www.iub-ag.ch	11
Kurita Europe APW GmbH, Ludwigshafen/D	www.kurita.eu	49
Marti Technik AG, Moosseedorf/CH	www.martitechnik.ch	09
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	55
MFPA Leipzig GmbH, Leipzig/D	www.mfpa-leipzig.de	21
Mulag Fahrzeugfabrik Heinz Wöss- ner GmbH u. Co. KG, Oppenau	www.mulag.de	13
Rascor International AG, Steinmaur/CH	www.rascor.com	37
Relux Informatik AG, Münchenstein/CH	www.relux.com	59
Rodio Geotechnik AG, Urdorf ZH/CH	www.rodio.org	10
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	41
Strabag AG, Erstfeld/CH	www.strabag.ch	03
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	10



www.bauverlag.de

tunnel **tunnel** 34. Jahrgang / 34<sup>rd</sup> Year www.tunnel-online.info

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

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

Chefredakteur / Editor in Chief:

Eugen Schmitz E-Mail: eugen.schmitz@bauverlag.de

Verantwortlicher Redakteur / Responsible Editor: Marvin Klostermeier Phone: +49 5241 80-88730

Phone: +49 5241 80-88730 E-Mail: marvin.klostermeier@bauverlag.de

Redaktionsbüro / Editors Office:

Ursula Landwehr
Phone: +49 5241 80-1943
E-Mail: ursula.landwehr@bauverlag.de

Gaby Porten
Phone: +49 5241 80-2162
E-Mail: gaby.porten@bauverlag.de

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

Anzeigenleiter / Advertisement Manager:
Erdal Top
Phone: +49 5241 80-2179
E-Mail: erdal.top@bauverlag.de
(verantwortlich für den Anzeigenteil/
responsible for advertisement)
Rita Srowig
Phone: +49 5241 80-2401
E-Mail: rita zerwig/@bauverlag.de

Phone: +49 5241 80-2401 Fe-Mail: rita.srowig@bauverlag.de Fax: +49 5241 80-62401 Maria Schröder

+49 5241 80-2386 maria.schroeder@bauverlag.de +49 5241 80-62386

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

Auslandsvertretungen / Representatives:

Frankreich/France: 16, rue Saint Ambroise, F-75011 Paris International Media Press & Marketing,

International Media Press & Marketini Marc Jouanny Phone: +33 (1) 43553397, Fax: +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

I-16043 Chiavari
Phone: 439-0185-590143,
Mobil: +39-3185-346932,
E-Mail: vittorio@comediasrl.it
USA/Canada:
Detlef Fox, D. A. Fox Advertising Sales, Inc.
5 Penn Plaza, 19<sup>th</sup> Floor, New York, NY 10001
Phone: 001-212-896-3881,
Fax: 001-212-629-3988,
E-Mail: detleffox@comcast.net

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

**Verlagsleiter / Publishing Director:** Markus Gorisch Phone: +49 5241 80-2513

Abonnentenbetreuung & Leserservice /

Subscription Department: Abonnements können direkt beim Verlag oder Abonnements konnen 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 P49 5241 80-90884 E-Mail: leserservice@Bauverlag.de Fax: +49 5241 80-690880

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

Bezugspreise und -zeit / Subscription rates and period:
Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr /
Tunnel is published with 8 issues per year.
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten) /
Annual subscription (including postage):
Inland / Germany € 161,00

Studenten / Students € 97.00 Ausland / Other Countries € 171,00 **Einzelheft / Single Issue** € 26,00 (inklusive Versandkosten / including postage) € 98,50

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

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

Combined subscription for Tunnel + tHIS including postage: € 212.20 (outside Germany: € 218.80).

(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zu-schlag/with surcharge for delivery by air mail) Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlängert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von drei Monaes nicht schriftlich mit einer First von drei noha-ten 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-ADDIIGUNGEN EINEN IM RAMMEN GER GESEZ-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, lient in der Veranbertung der Redaktion keine Gewähr. Die Rubrik "STUVA-Nachrichten" liegt in der Verantwortung der STUVA. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichneter Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

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

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

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



# tunnel eMagazine



# TO ORDER

CALL US +49 5241 80-90884 OR SEND US AN EMAIL customer-service@bauverlag.de



tunnel



# CREG (China Railway Engineering Equipment Group Co., Ltd.), A world leader in manufacturing TBMs and the largest supplier in China

# CREG, your one-hand tunnelling solutions provider with:

- Full range of TBMs (EPB, Slurry, Single/Double Shield, Open Gripper, Box Jacking and Pipe Jacking) and auxiliary equipment
- Vast experience in undertaking prestigious and complex tunnelling projects
- Commitment for full after-sales services



Celebration on CREG's Acquisition of Wirth TBM & Shaft Boring IP and Right to Use Wirth Brand











### + China:

Contact: cregoverseas@crectbm.com Phone: +86 371 60608837 Address:

No. 99, 6th Avenue National Economic & Technical Development Area Zhengzhou 450016, Henan Province People's Republic of China

### + Asia & Africa:

Contact: enquiries@cte-limited.com Phone: +603 7954 0314 Address:

Unit 908, Block B, Phileo Damansara II No. 15, Jalan 16/11 off Jalan Damansara Section 16, 46350 Petaling Jaya Selangor, Malaysia

# Europe & America:

Contact: info@creg-germany.com Phone: +49 2431 9011 538 Address:

CREG TBM Germany GmbH Juelicherstrasse 10-12 41812 Erkelenz Germany