

www.tunnel-online.info

# tunnel

3

May

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2017

Brenner Base Tunnel: 5 Bids for Lot Pfons–Brenner | 6  
Albvorland Tunnel: Design, Construction, BIM | 18  
Headrace Tunnel for Moglicë Hydropower Station | 30



**bau || || verlag**

Wir geben Ideen Raum

## Conquering

Connecting Norway by rail: 5 Herrenknecht Hard Rock TBMs are on the move for **45 km of new first-class rail tubes** at the New Ulrikentunnel and Follo Line projects.

## Toughest

Biting its way through the Scandinavian stone, the TBMs are facing the absolute **hardness test** when dealing with up to **350MPa** rock strengths. Equipped with excavation tools for such a demanding mission, the Herrenknecht TBMs will complete all their tasks.

## Hard Rock

**Massive geologies call for experienced partners.** Herrenknecht is making headway through hard rock – for over 822 km.

**Contractors:**

- > Follo Line: Acciona Infraestructuras and Ghella ANS
- > Ulrikentunnel: Skanska Strabag Ulriken ANS

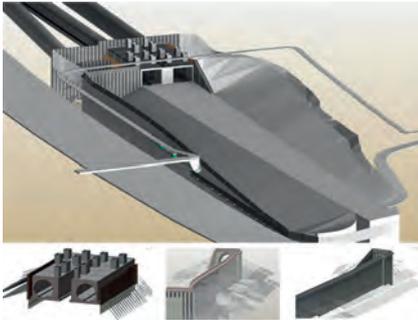
**Pioneering Underground Technologies**

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



# tunnel 3/17

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



Der Albvorlandtunnel ist eins von insgesamt drei Projekten der DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH, die mit Hilfe von BIM abgewickelt werden. Beim Albvorlandtunnel beschränkt sich der BIM-Einsatz auf den Modellierungsbereich West

The Albvorland Tunnel is one of altogether three projects of the DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH, which are being implemented with the assistance of BIM. On the Albvorland Tunnel, the application of BIM is restricted to the west model area

Quelle/credit: DB Stuttgart-Ulm  
(Seite/page 18)

## Title

Kürzere Tunnelbauten in Stadtgebieten werden meist in offener Bauweise erstellt. Als Alternative wurde bereits in den 1970er Jahren das Rectangular Pipe Jacking entwickelt – eine Rohrvortriebsmethode mit rechteckigem Ausbruchquerschnitt, für die nur kleine Start- und Zielschächte nötig sind. Das Titelbild zeigt das Zhongzhou-Avenue-Projekt in Zhengzhou, China

In case of shorter tunnel structures in urban areas, most of the construction projects employ the cut-and-cover method. As an alternative the rectangular pipe jacking excavation was developed in the 1970s. This requires the excavation of comparatively small launch and receipt shafts. The cover picture shows the Zhongzhou Avenue project in Zhengzhou, China

Quelle/credit: CREG  
(Seite/page 42)

## Nachrichten / News

2

## Hauptbeitrag / Main Article

### Planung, Bau und BIM-Einsatz beim Albvorlandtunnel

18

Design, Construction and BIM Application at the Albvorland Tunnel  
*Dipl.-Ing. Michael Frahm M.Eng. LL.M, Dipl.-Ing. Jens Hallfeldt,  
Dr.-Ing. Habeb Astour, Dipl.-Ing. Tim Lorenz*

## International / TBM

### Wasserkraftwerk Moglicë – Druckstollen unter harten Bedingungen

30

Moglicë Hydropower Station – High-Stakes Headrace  
*Desiree Willis*

### Rectangular Pipe Jacking

36

Rectangular Pipe Jacking  
*Lianhui Jia, M. Eng.*

### Tunnelbau in Malaysia

42

Tunnelling in Malaysia  
*Dipl.-Ing. Roland Herr*

## Baubetrieb / Construction Management

### Tunnel Rastatt – Schachtwände mit Glasfaserbewehrung

48

Rastatt Tunnel – Shaft Walls with Glass Fibre Reinforcement

## Ausbau / Lining

### Stahlfaserbeton: Concrete Society Award für Lee Tunnel

54

Steel Fibre reinforced Concrete: Lee Tunnel wins Concrete Society Award

## STUVA-Nachrichten / STUVA News

56

## Informationen / Information

### Veranstaltungskalender / Event Calendar

63

### Impressum / Imprint

64

## Schweiz

## Swiss Tunnel Congress 2017 mit Kolloquium und Exkursionen

Vom 30. Mai bis zum 1. Juni 2017 veranstaltet die Swiss Tunnelling Society (STS) den 16. Swiss Tunnel Congress. Die ersten beiden Veranstaltungstage werden, wie in den Vorjahren, im Konzertsaal des Kultur- und Kongresszentrums Luzern (KKL) stattfinden. Dort wird an Tag 1 das alljährliche Tunnel Colloquium abgehalten. Am Tag 2 die eigentliche Kongressveranstaltung stattfindet, mit Referaten zu nationalen Schweizer Tunnel- und Untertagebauprojekten sowie zu internationalen Bauprojekten – zum großen Teil solche, die mit Schweizer Beteiligung ausgeführt werden. Der letzte Tag ist für ein umfangreiches Exkursionsprogramm reserviert, das den Teilnehmern gleich fünf verschiedene Baustellenbesichtigungen zur Wahl stellt.

### Kolloquium

Das Swiss Tunnel Colloquium befasst sich am 30. Mai mit dem Thema „Erhaltung und Erneuerung von Verkehrstunneln“. Zu den Schwerpunkten gehört dabei unter anderem die „Normalbauweise Tunnel“ der Rätischen Bahn (RhB). Dieses eigens entwickelte standardisierte Instandsetzungsverfahren kommt auf dem Streckennetz der RhB zur Anwendung, das 115 Tunnel beinhaltet – mehr als die Hälfte davon auf Grund ihres Alters sanierungsbedürftig. Die Normalbauweise soll gezielte Bauabläufe und geringere Kosten als bei bisherigen Verfahren garantieren und die Sanierung bei laufendem Betrieb ermöglichen.

Weitere Referate beleuchten unter anderem die Herausforderungen einer Baustelle unter Verkehr am Beispiel der Aufweitung des Stalvedro-Straßentunnels sowie Materialien und Anwendungen, die für einen schnellen Fortschritt und schlanke Bauweisen geeignet sind – wie z. B. Fertigelemente aus Polymerbeton oder ein permanenter Innenausbau aus Spritzbeton und spritzbarer Wasserabdichtungsmembran.

Der abschließende Vortrag widmet sich einem ASTRA-Forschungs-Initialprojekt zur Regelung der Abläufe bei der Erhaltung von bergmännischen Tunneln. Der Erhaltungsmanagementprozess wird dabei über die gesamte Nutzungsdauer eines Tunnels in drei große Teilprozesse gegliedert: Überwachung, Erhaltungsplanung und Ausführung der Erhaltungsmaßnahmen.

### Young Members Apéro

Anschließend an das Kolloquium am 30. Mai veranstalten zudem auch die 2016 gegründeten STS young members (STSym) für alle interessierten jungen Tunnelbauerinnen und Tunnelbauer ab 18 Uhr ein Empfang in der Luzerner „Nectar Bar“. Der Young Members Apéro steht allen Ingenieuren unter 35 Jahren offen. Eine Teilnahme am STC ist nicht erforderlich. Um Anmeldung via Mail wird gebeten: [youngmembers@swisstunnel.ch](mailto:youngmembers@swisstunnel.ch)

## Switzerland

## Swiss Tunnel Congress 2017 with Colloquium and Excursions



Quelle/Credit: Marvin Klostermeier

Mit rund 800 Besuchern war der STC 2016 der bislang am besten besuchte Swiss Tunnel Congress. Am 31. Mai 2017 wird die STS zum 16. Mal ihre Gäste im Kultur- und Kongresszentrum Luzern begrüßen

Last year's STC attracted some 800 visitors, making it the best attended Swiss Tunnel Congress on record. On May 31, the STS will welcome its guests for the 16<sup>th</sup> time to the Lucerne Culture and Convention Centre (KKL)

From May 30 to June 1, 2017, the Swiss Tunnelling Society (STS) is staging the 16<sup>th</sup> Swiss Tunnel Congress. As in previous years the first two days will take place in the Concert Hall at the Lucerne Culture and Convention Centre (KKL). The annual Tunnel Colloquium will be held there on Day 1. Day 2 is the main Congress-day which will be devoted to papers on national Swiss tunnelling and underground construction projects as well as international construction projects – many of which involve Swiss participation. The final day is reserved for an extensive excursion programme, which offers participants the choice of visiting no less than five different construction sites.

### Colloquium

The Swiss Tunnel Colloquium on May 30<sup>th</sup> deals with the topic of "Maintenance and Renewal of Traffic Tunnels". In this connection, the major aspects examine the "Standard Tunnel Construction Method" of the Rhaetian Railway (RhB). This specially devised standardised rehabilitation method is applied on the RhB route network, which embraces 115 tunnels – more than the half of which are in need of repair on account of their age. The Standard Construction Method is designed to assure regulated construction cycles and lower costs than in the case of previous methods and enable redevelopment to be carried out while services continue to run.

Further papers will include the challenges faced by a construction site with ongoing traffic taking the example of enlarging the Stalvedro Road Tunnel, as well as materials and applications, which are suitable for speedy progress and lean construction methods – as e.g. ready-made elements consisting of polymer concrete or a permanent inner lining made of shotcrete and sprayable watertight membrane. The final paper is devoted to an ASTRA Research Initial Project to regulate procedures for maintaining mined tunnels. Toward this end,



# UNDERSTANDING UNDERGROUND

For decades, we've worked with various tunneling projects around the world, creating cutting-edge technology to serve you with the best solution for your application. As the only manufacturer in the business with our own underground R&D center we continue to be the clear forerunner in the tunneling equipment industry.

[WWW.UNDERSTANDINGUNDERGROUND.SANDVIK.COM](http://WWW.UNDERSTANDINGUNDERGROUND.SANDVIK.COM)





Quelle/credit: Marvin Klostermeier

Im Anschluss an die beiden Vortragsblöcke stellen sich die Referenten des Swiss Tunnel Congress in den Diskussionsrunden den kritischen Fragen des Publikums

Following the two Congress segment blocks, the Swiss Tunnel Congress lecturers will face critical questions from the audience during discussion rounds

## Kongress

Am 31. Mai folgt dann der Kongresstag. Nach Begrüßung durch STS-Präsident Stefan Maurhofer eröffnet Gian-Luca Lardi mit dem Einführungsreferat „Es gibt keine Garantie dafür, besser zu sein – die Schweizer Bauwirtschaft im internationalen Wettbewerb“. Über aktuelle Tunnelbauprojekte in der Schweiz informieren in der Folge Referate über die 3. Röhre des Gubristtunnels, den Eppenbergtunnel im Rahmen des Vierspurausbaus Olten–Aarau, die Planung des Bözbergtunnels unter Berücksichtigung des stark quellfähigen Gebirges, die insgesamt anspruchsvolle Geologie beim Bau des Sanierungstunnels Belchen sowie die Erstellung eines Gefrierkörpers für den sicheren Vortrieb des Albulatunnels II. Es schließen sich neun weitere Vorträge zu nationalen und internationalen Projekten an. Darin werden unter anderem Erkenntnisse aus dem Projekt des Alaskan Way Tunnels in Seattle geliefert; die komplexen Baumaßnahmen beim Semmering-Basistunnel, Baulos SBT2.1 (Tunnel Fröschnitzgraben) werden ebenso vorgestellt, wie der mit 20 km zukünftig längste Eisenbahntunnel Norwegens im Rahmen des Follo-Line-Projekts. Am Beispiel des Albvorlandtunnels der Neubaustrecke Stuttgart–Ulm in Deutschland wird die praktische Anwendung von Building Information Modeling (BIM) beim Tunnelbau-Prozessmanagement erläutert.

## Exkursionen

Die fünf Baustellenbesichtigungen führen zu den folgenden Bauprojekten:

- A9-Baustelle Tunnel Riedberg (im Kanton Wallis)
- Belchentunnel (Solothurn/Basel-Land)
- Eppenbergtunnel (Solothurn/Aargau)
- Schlossparking Thun (Bern)
- Albulatunnel (Graubünden)



[www.swisstunnel.ch](http://www.swisstunnel.ch)

the maintenance management process is divided into three part-processes for the entire service life of a tunnel: monitoring, maintenance planning and implementation of the maintenance measures.

## Young Members Apéro

After the Colloquium on May 30, the STS Young Members (STSym), established in 2016, will hold a reception in the Lucerne “Nectar Bar” for all interested young tunnellers. The Young Members Apéro is open to all engineers under the age of 35. Participation at the STC is not essential. Please register per mail: [youngmembers@swisstunnel.ch](mailto:youngmembers@swisstunnel.ch)

## Congress

The day of the Congress then follows on May 31. After a welcoming address by STS president Stefan Maurhofer, Gian-Luca Lardi will present the introductory lecture “Our leading Role is not set in Stone – the Swiss Construction Industry and international Competition”. Subsequent papers will deal with ongoing tunnelling projects in Switzerland such as the third tube of the Gubrist Tunnel, the Eppenbergtunnel in conjunction with the four-lane Olten–Aarau upgrade, planning the Bözberg Tunnel taking pronouncedly swelling rock into consideration, the sophisticated geology encountered during the building of the new tube of the Belchen Tunnel as well as creating a frozen zone in order to drive the Albula Tunnel II safely. Nine further papers examining national and international projects will follow. These will include findings gained from the Alaskan Way Tunnel project in Seattle, the complex construction methods applied for the Semmering Base Tunnel, contract section SBT2.1 (Fröschnitzgraben Tunnel) as well as what will be the longest rail tunnel in Norway with more than 20 km within the scope of the Follo Line project. The practical application of Building Information Modelling (BIM) for tunnelling process management will be explained taking the example of the Albvorland Tunnel on the new Stuttgart–Ulm rail route.

## Excursions

The five site inspections relate to the following construction projects:

- A9 construction site Riedberg Tunnel (in the Canton of Valais)
- Belchen Tunnel (Solothurn/Basle-Land)
- Eppenbergtunnel (Solothurn/Aargau)
- Schlossparking Thun (Berne)
- Albula Tunnel (Grisons)



## Gipfeltreffen der Untertagbauer

3. Fachmesse bui –  
Brünig Untertag Innovation  
im Brünig Park, Lungern, Schweiz

**Donnerstag, 15. März 2018**  
**Freitag, 16. März 2018**

Versand der Anmeldeunterlagen  
für Aussteller erfolgt im Mai 2017

## Rahmenprogramm Referate

Cornelius Scheifele  
Herrenknecht (Schweiz) AG  
Highlights und Innovationen

Dani Arnold  
Alpinist und Bergführer  
Leistungswerte und Grenzen

[www.bui-expo.ch](http://www.bui-expo.ch)



## Österreich

## Angebotsabgabe zum größten Baulos des Brenner Basistunnels

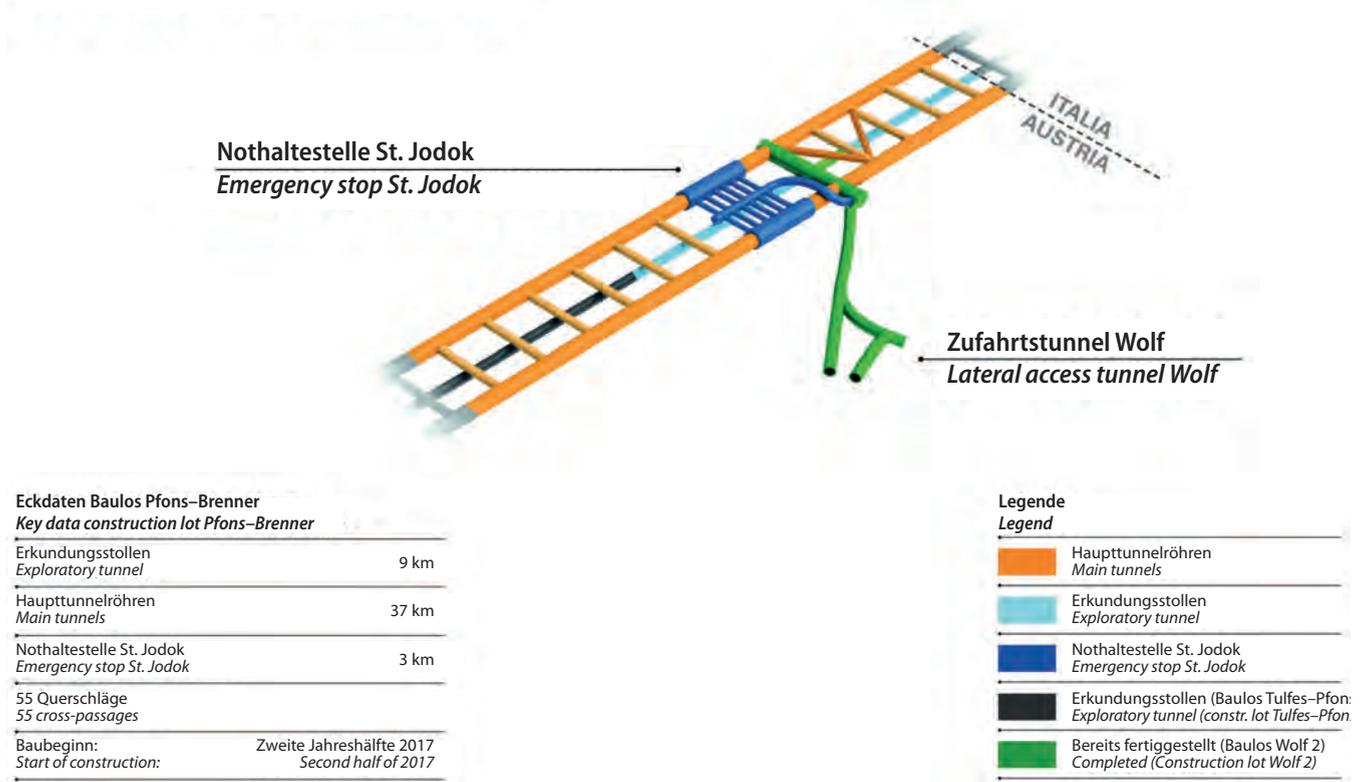
Am 18. April 2017 fand die Angebotsabgabe zum größten Baulos des Brenner Basistunnels Pfnos–Brenner statt. Das Baulos umfasst die Errichtung der Haupttunnelröhren zwischen Pfnos und Brenner, rund 9 km Erkundungsstollen sowie die Nothalte- und die Überleitstelle bei St. Jodok. Insgesamt werden hier rund 50 km Tunnelstrecke vorgetrieben.

### Fünf Angebote eingereicht

Das Baulos Pfnos–Brenner wurde nach dem Bestbieterprinzip und dem österreichischen Vergabegesetz BVerG 2006, Novelle 2016 europaweit ausgeschrieben. Fünf Angebote wurden von folgenden Bietergemeinschaften eingereicht:

- Impresa Pizzarotti & C. S.P.A., Implenia Österreich GmbH, Metrostav a.s., BeMo Tunnelling GmbH
- Strabag AG, Salini Impregilo
- Acciona Construcción, S.A., Impresa Cooperativa Muratori & Cementisti – C.M.C. di Ravenna Società Cooperativa

### Baulos Pfnos–Brenner Construction lot Pfnos–Brenner



Das Baulos umfasst die Errichtung der Haupttunnelröhren zwischen Pfnos und Brenner, rund 9 km Erkundungsstollen sowie die Nothalte- und die Überleitstelle bei St. Jodok

The construction lot includes the excavation of the main tunnels between Pfnos and Brenner, about 9 km of exploratory tunnel and the emergency stop and the cross-over at St. Jodok

## Austria

## Bids for the largest Construction Lot of the Brenner Base Tunnel

April 18<sup>th</sup> 2017 was the bid presentation deadline for the largest construction lot for the Brenner Base Tunnel, Pfnos–Brenner. The construction lot includes the excavation of the main tunnels between Pfnos and Brenner, about 9 km of exploratory tunnel and the emergency stop and the cross-over at St. Jodok. In total, about 50 km of tunnel will be driven.

### Five Bids tendered

This lot was tendered at a European level according to the MEAT principle and on the basis of Austrian tender law (BVerG 2006, as amended in 2016). Five bids were tendered, from the following consortia:

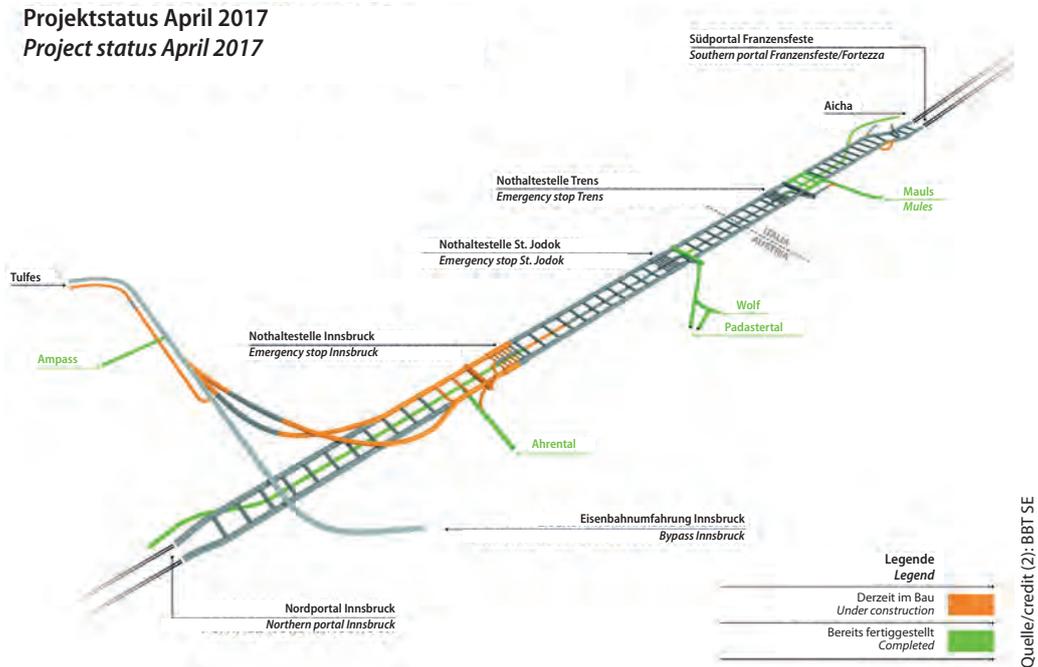
- Impresa Pizzarotti & C. S.P.A., Implenia Österreich GmbH, Metrostav a.s., BeMo Tunnelling GmbH
- Strabag AG, Salini Impregilo
- Acciona Construcción, S.A., Impresa Cooperativa Muratori & Cementisti – C.M.C. di Ravenna Società Cooperativa
- Astaldi S.p.A., Ghella S.p.A., Oberosler Cav. Pietro S.r.l., P.A.C. S.p.A.

- Astaldi S.p.A., Ghella S.p.A., Oberosler Cav. Pietro S.r.l., P.A.C. S.p.A.
- Porr Bau GmbH, G. Hinteregger & Söhne Baugesellschaft m.b.H., Società Italiana per Condotte d'Acqua S.p.A., Itinera S.p.A.

**Ein Viertel der BBT-Ausbrucharbeiten ist bereits geschafft**

Nun erfolgt die Verifikation der Qualitätsangebote. Nach Abschluss dieser Bewertung werden in einer öffentlichen Sitzung die Preisangebote geöffnet. Der österreichische Vorstand der BBT SE, Prof. Konrad Bergmeister, sieht diese Ausschreibung als einen weiteren wichtigen Meilenstein zur Realisierung des Brenner Basistunnels, nachdem nun über 80 % der Bauarbeiten ausgeschrieben sind. Exakt sechs Jahre zuvor, am 18. April 2011, ist die Phase III – Bauphase – gestartet worden. Bis April 2017 wurden etwa 61 km Tunnel ausgebrochen, was etwa einem Viertel der gesamten Ausbrucharbeiten entspricht.

**Projektstatus April 2017  
Project status April 2017**



Bis zum April 2017 wurden etwa 61 km des Brenner Basistunnels ausgebrochen, was etwa einem Viertel der gesamten Ausbrucharbeiten entspricht

Until April 2017, 61 km of tunnel had been driven, which is about a fourth of the total volume of excavations for the Brenner Base Tunnel

- Porr Bau GmbH, G. Hinteregger & Söhne Baugesellschaft m.b.H., Società Italiana per Condotte d'Acqua S.p.A., Itinera S.p.A.

**A Fourth of the Excavation Works is already done**

After the evaluation of the qualitative criteria the price bids will be opened in a public hearing. The Austrian CEO of BBT SE, Prof. Konrad Bergmeister, considers this tender procedure as a further milestone for the construction of the tunnel, since over 80 % of the works have now been tendered. Six years before, on April 18<sup>th</sup> 2011, the construction phase was launched. Until April 2017, 61 km of tunnel had been driven – about a fourth of the total volume of excavations.

**INJECTION TECHNIQUE FOR THE SPECIAL CIVIL ENGINEERING AND TUNNELING  
INJEKTIONSTECHNIK FÜR DEN SPEZIALTIEF- UND TUNNELBAU**



Visit us / **Besuchen Sie uns**  
„World Tunnel Congress 2017 - Norway“  
**Booth 56 / Stand**

Manufacturer of Injection Equipment | **Hersteller von Injektionstechnik**

DESOI GmbH | Gewerbestraße 16 | D-36148 Kalbach/Rhön | Tel.: +49 6655 9636-0 | Fax: +49 6655 9636-6666 | info@desoi.de | [www.desoi.de](http://www.desoi.de)

Quelle/credit (2): BBT SE

## Norwegen

## World Tunnel Congress 2017: Tunnelbau in Norwegen

Hohe Berge, tief einschneidende Fjorde und schroffe Täler: Die Landschaft und das raue Klima mit seinen reichlichen Niederschlägen stellen große Herausforderungen für den Infrastrukturbau Norwegens dar. Das skandinavische Land lädt vom 9. bis zum 15. Juni nach Bergen zum WTC 2017 ein. Der erste Straßentunnel Norwegens wurde 1884 errichtet, aber der große Durchbruch im Tunnelbau kam mit der Errichtung der Bergenbahn 1909: Im Rahmen der ersten Schienenverbindung zwischen Norwegens Osten und Westen wurden 182 Tunnel gebaut. Heute verfügt das Land über mehr als 1800 Straßen- und Bahntunnel, die insgesamt eine Strecke von mehr als 1000 km abdecken.

### Wasserkraft

Norwegen ist ein Großproduzent erneuerbarer Energie dank einer großen Zahl von Wasserkraftwerken. Diese Bauprojekte aus der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts gehören zum industriellen Rückgrat des Landes. An mehr als 200 Wasserkraftwerke sind heute über 6000 km Tunnel angebunden. Norwegen verfügt damit im gefragten Bereich der nachhaltigen Energieversorgung über wertvolle Kompetenzen.

### Tunnelbau-Technologie in Norwegen

Hauptsächlich wurden die Wasserkraftprojekte im Sprengvortrieb aufgeföhren – der noch immer vorherrschenden Ausbruchmethode in Norwegen. Erfahrene Tunnelbauer bewerten dabei zusammen mit Ingenieurgeologen, welche Stützmaßnahmen beim Vortrieb erforderlich sind. Computerunterstützte Bohrjumbos föhren

## Norway

## World Tunnel Congress 2017: Tunnelling in Norway

High mountains, long fjords and steep valleys. A demanding landscape and tough climate with abundant precipitation meaning infrastructure construction is a severe challenge in Norway, host of the World Tunnel Congress 2017 from June 9 to June 15 in Bergen.

The especially demanding circumstances became all the more obvious as roads and railways started to replace the sea routes as the standard means of travel in Norway. The first Norwegian road tunnel was built in 1884. The great breakthrough for traffic tunnelling came with the construction of the Bergen Railway in 1909: 182 tunnels were constructed as part of this first rail connection between east and west of Norway. Today Norway has more than 1800 road and rail tunnels, whose total length is well over 1000 km.

### Hydropower

Norway is a major supplier in the renewable energy network thanks to the high number of hydroelectric power plants. Many hydroelectric projects in the second half of the 20<sup>th</sup> century formed the industrialized Norway. Today some 6000 km of tunnels serve the 200 hydropower houses underground. The demand for more green energy is sought-after all over the world and Norway has this expertise.

### Norwegian Tunnelling Technology

Drill and blast tunnelling was the main method when constructing the many hydroelectric projects in the 20<sup>th</sup> century, remaining the common way of tunnel excavation in Norway. Experienced tunnelers assess how to support the tunnel in consultation with engineering geologists at face. Computer aided drilling jumbos use digitally defined drilling patterns and a drill log for on-site analysis. Geological mapping, measuring leakage rates, permeability and rock quality all help determine whether pre-grouting of the rock is required. TBMs have assisted in Norway's extensive hydropower projects, where international manufacturers were challenged to develop suitable machines for the hard and abrasive Norwegian rock. About 260 km of hydroelectric power tunnels have been excavated with TBM. Within the next few years, TBM will be used for both railway and hydropower projects.

### Future pioneering Projects

- Stad Ship Tunnel – construction of the world's first ship tunnel may commence in 2018. With a section of 1620 m<sup>2</sup> and length of 1.7 km, it will offer safe passage through a notoriously exposed piece of coast with many ship accidents



## 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



digitale ermittelte Bohrpläne aus; die aufgezeichneten Daten der Bohrvorgänge dienen zudem der Analyse vor Ort. Geologische Kartierungen und Messungen von Gebirgseigenschaften helfen bei der Beurteilung des anstehenden Baugrundes und der Frage, ob z. B. vorausseilende Injektionen notwendig sind.

Auch Vortriebsmaschinen sind bei den Wasserkraft-Projekten zum Einsatz gekommen; die Hersteller standen dabei vor der Aufgabe, die geeigneten Maschinen für den harten, abrasiven Fels zu entwickeln. Insgesamt wurden 260 Tunnelkilometer für Wasserkraft-Projekte mit TVM gebohrt, und auch in Zukunft soll der maschinelle Vortrieb für Energie- und Verkehrstunnel genutzt werden.



Quelle/credit: NFF

Der Stad Schiffstunnel soll möglicherweise schon ab 2018 gebaut werden. Das wegweisende Projekt soll rund 2,7 Milliarden norwegische Kronen (285 Millionen Euro) kosten

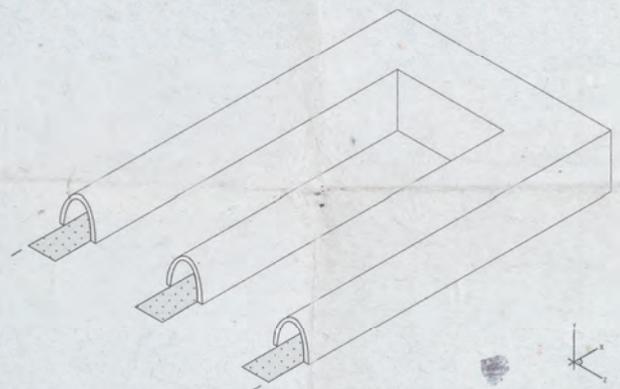
The construction of the Stad Ship Tunnel, the world's first ship tunnel, is expected to commence in 2018. The estimated cost is 2.7 billion Norwegian kroner (285 million euros)

- Solbakk Tunnel – as a part of the Ryfast connection- the world's longest subsea road tunnel will be 14.3 km long when completed in 2018
- The Helgeland Tunnel, the world's deepest road tunnel is being planned to descend 396 m below sea level – more than 100 m below any other road tunnel in the world today
- When it opens for traffic in 2023, Rogfast Road Link in Rogaland will become the world's longest sub-sea road tunnel at 27 km, and among the world's deepest at 390 m
- The Follo double-tube Railway tunnel will be Norway's longest rail tunnel when completed in 2021. Most of the 20 km tunnels will be excavated by TBMs.

### About NFF

In 1963 the Norwegian Tunnelling Society (NFF) was established. The membership of more than 1100 individuals spans the entire scope of the profession – from project owners, to contractors, consulting engineers, equipment suppliers and research centres. NFF is actively involved in the international aspects of the profession, and contributed to the formation of the International Tunnelling Association (ITA) in 1974. 

Lass dein  
Können die  
Grenze sein.  
**Nicht das  
Material.**



Alle Infos im Planungshandbuch:  
[www.fermacell-aestuver.com](http://www.fermacell-aestuver.com)

**fermacell**  
AESTUVER

**AESTUVER Tx Brandschutzplatten** für Projekte mit extremen Ansprüchen an das Material. Die Brandschutzplatten sind vor allem für den Extremfall in unterirdischen Verkehrsanlagen konzipiert und witterungs- und frostbeständig. Sie bieten optimalen Brandschutz bei reduziertem Systemaufbau und -gewicht.



Quelle/credit (2): NFF

Der 7,8 km lange neue Ulrikentunnel von Arna nach Bergen ist der erste Eisenbahntunnel Norwegens, der per TVM aufgeföhren wird (Durchmesser: 9,3 m). Die Baukosten belaufen sich auf rund 1,3 Milliarden norwegische Kronen (137 Millionen Euro)

The 7.8 km long new Ulriken Tunnel from Arna to Bergen is the first railway tunnel in Norway to be excavated with a TBM (diameter: 9.3 m). The contract has a value of 1.3 billion Norwegian kroner (137 million euros)



ALBATROS

## ALBATROS ENGINEERING GMBH

Rohrbacherstrasse 6 · A-4175 Herzogsdorf · Austria  
Tel.: +43-7232 / 34552-0  
Fax: +43-7232 / 34552-213  
E-Mail: office@alba.at · Internet: www.alba.at

## SONDERMASCHINENBAU – BAUMASCHINENHANDEL

## FOR SALE:

- 1 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Rocket Boomer L3C, 2002
- 2 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Rocket Boomer L2C, 2004
- 2 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Boomer WL3C, 2006
- 1 pc. Jumbo, DEILMANN-HANIEL, BTRL2, 2003
- 1 pc. Shotcrete Mobile, ALIVA, AL 500, 2003
- 3 pc. Mobile spraying unit, ALIVA, AL403, 2003
- 1 pc. Concrete spraying machines, ALIVA, AL 263, 2006
- 1 pc. Concrete spraying machines, ALIVA, AL285, 1999
- 1 pc. Side dump loader, DEILMANN-HANIEL, L513SD, 2004
- 1 pc. Surface drill rig, BÖHLER, TC 115, 1996
- Compressors, Ventilation,.....



www.hbi.ch

## Wir sind international tätige Planer für

- **Tunnellüftungen**
- **Immissionsberechnungen und –gutachten**
- **Aerodynamik und Thermodynamik von Tunnelsystemen**
- **Mechanische Ausrüstung**
- **Risiko- und Sicherheitsanalysen**

## Unsere Leistungen umfassen:

- Strassen-, Bahn-, U-Bahn, Versorgungstunnel
- Beratung, Expertisen und Studien
- Planung, Projektierung und Realisierung
- Bauleitung und Messungen
- Abnahmetests und Brandversuche

Von Vorstudien bis zur detaillierten Auslegung und von Ausschreibungen bis zur Inbetriebnahme sind wir der richtige Ansprechpartner.



«Weltweit erfolgreiche Planung und Beratung bei über 800 Tunnellüftungen seit 1963»

## HBI Haerter Beratende Ingenieure

HBI Haerter AG

Stockerstr. 12

Tel. +41 44 289 3900

Fax +41 44 289 3999

Zürich / Bern (CH) • Heidenheim (D) • Sydney (AUS)

8002 Zürich / Schweiz

E-Mail: info.zh@hbi.ch

Web: www.hbi.ch



Die Eingangshalle der Gjøvik Olympischen Felsenhalle; der weltweit größte öffentlich genutzte Kavernenbau mit einer Spannweite von 61 m wurde für die Olympischen Winterspiele 1994 in den Fels hinein gebaut

The entrance area of Gjøvik Olympic Cavern Hall – the world's largest cavern hall for public use with a span of 61 m. The ice hockey stadium inside a mountain was built for the 1994 Winter Olympics (Lillehammer)

### Bedeutende aktuelle und geplante Tunnelprojekte

- Stad Schiffstunnel: Der Bau für den ersten Schiffstunnel der Welt beginnt möglicherweise noch im Jahr 2018. Mit einer Querschnittsfläche von 1620 m<sup>2</sup> und eine Länge von 1,7 km bietet der Tunnel einen sicheren Weg unter einer unfallträchtigen Küstenpassage
- Solbakkttunnel – im Rahmen der Ryfast-Projekts soll der mit 14,3 km längste Straßentunnel der Welt unter dem Meeresboden 2018 fertiggestellt sein
- Als tiefster Straßentunnel der Welt soll der Helgelandtunnel bis zu 396 m unterhalb des Meeresspiegels verlaufen – mehr als 100 m tiefer als jeder Straßentunnel bis dato
- Mit 27 km wird der Rogfasttunnel bei seiner Eröffnung der längste unterseeische Straßentunnel der Welt sein und mit maximal 390 m auch zu den tiefsten Straßentunneln zählen
- Der zweiröhrigen Follo-Line-Eisenbahntunnel wird nach Fertigstellung 2021 der längste Eisenbahntunnel des Landes sein – zum größten Teil maschinell aufgefahren

### Über die NFF

Die Norwegische Tunnelbaugesellschaft NFF wurde 1963 gegründet. Mehr als 1100 Mitglieder besetzen das gesamte Spektrum des unterirdischen Bauens: Auftraggeber und Bauausführende, beratende Ingenieure, Materiallieferanten, Maschinenhersteller und Forschungseinrichtungen. Die NFF setzt sich aktiv für die internationale Vernetzung der Tunnelbauer ein und war an der Gründung der ITA im Jahr 1974 beteiligt. 

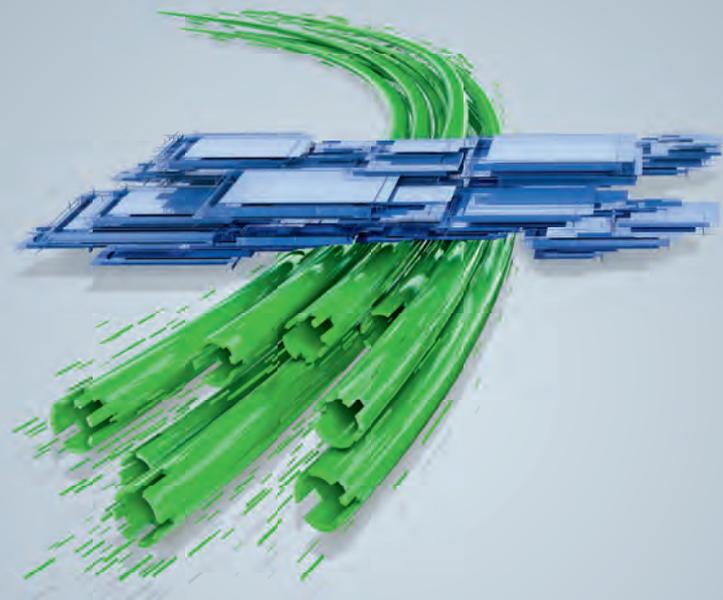


# InnoTrans 2018

18.–21. SEPTEMBER · BERLIN

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik  
Innovative Komponenten · Fahrzeuge · Systeme

[innotrans.de](http://innotrans.de)



## THE FUTURE OF MOBILITY

### Kontakt

Messe Berlin GmbH

Erik Schaefer

T +49 30 3038 2034

F +49 30 3038 2190

[schaefer@messe-berlin.de](mailto:schaefer@messe-berlin.de)

Schweiz

## Bözbergtunnel-TBM soll im Mai mit dem Vortrieb beginnen

Switzerland

## Bözberg Tunnel-TBM should start drive in May



Quelle/credit (2): SBB

Im Januar 2017 wurde die zerlegte Tunnelbohrmaschine in mehr als 100 Lkw-Fahrten zum Installationsplatz am Südportal des Bözbergtunnels transportiert

In January 2017, the disassembled tunnel boring machine was transported to the south portal of the Bözberg Tunnel in more than 100 individual truck journeys

Bis 2020 planen die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) die Realisierung eines 4-Meter-Korridors auf der gesamten Gotthard-Achse, um auch Sattelaufleger mit einer Höhe von 4 m auf der Bahn transportieren zu können. Dafür genehmigte das Schweizer Parlament 2013 einen Kredit von 710 Millionen Schweizer Franken. Der Neubau des Bözbergtunnels im Kanton Aargau ist dabei das größte Einzelprojekt mit einer Investitionssumme von rund 350 Millionen Franken. Neben dem bestehenden zweispurigen Bözbergtunnel wird dort derzeit eine parallele, knapp 2,7 km lange Doppelspurröhre neu gebaut.

Der alte Tunnel wird nach Inbetriebnahme des Neubaus im Jahr 2020 innerhalb von zwei Jahren zu einem Dienst- und Rettungstollen umgebaut. Fünf Querschläge zwischen den beiden Röhren sollen dann als Notausgänge dienen.

### Seit Herbst 2016 wird die neue Röhre ausgebrochen

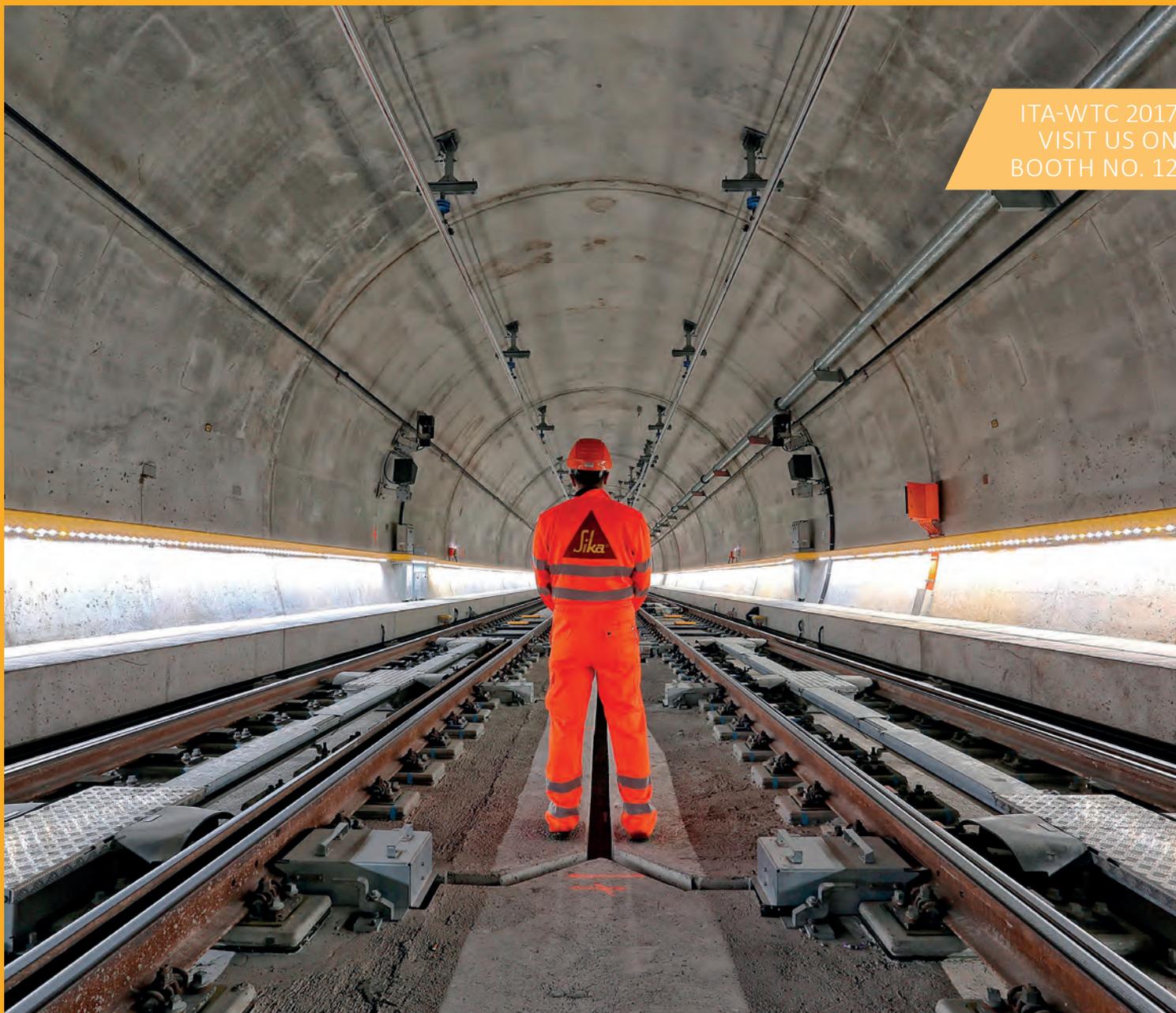
Der bergmännische Vortrieb hatte im Herbst 2016 begonnen. Seitdem wurde im Dreischichtbetrieb eine Strecke von 168 m im Lockergestein konventionell ausgebrochen; jeden Tag kamen die Arbeiter etwa 3 m voran.



Der bergmännische Vortrieb hatte im Herbst 2016 begonnen. Seitdem wurde im Dreischichtbetrieb eine Strecke von 168 m im Lockergestein konventionell ausgebrochen

Conventional tunnelling started in autumn 2016. Working three shifts, a distance of 168 m has been conventionally excavated in soft ground

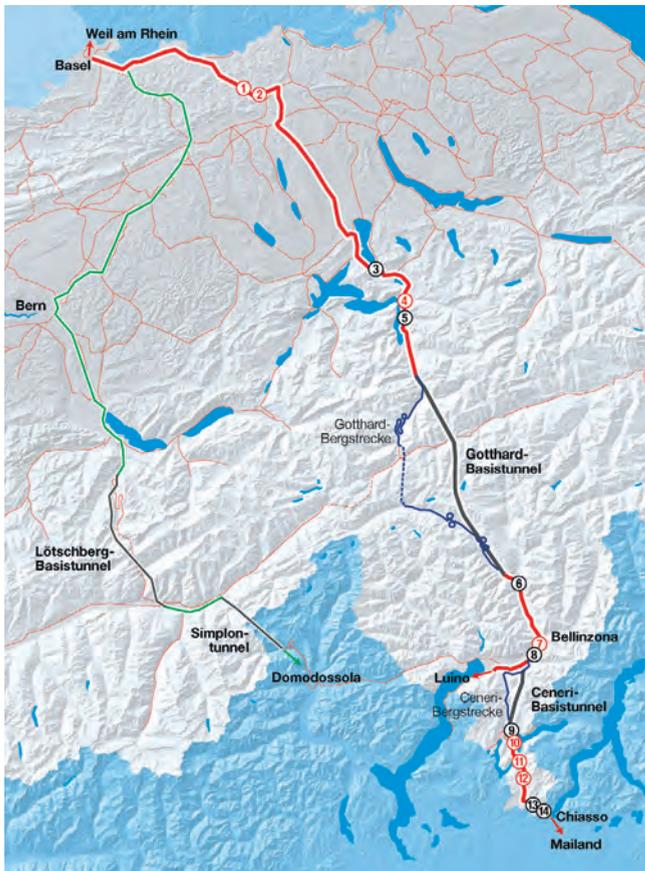
ITA-WTC 2017  
VISIT US ON  
BOOTH NO. 12



# WHEN PARTNERSHIP AND PERFORMANCE GO HAND IN HAND THAT'S BUILDING TRUST

Sika provides a wide range of innovative concrete and waterproofing solutions for different requirements in new tunnel structures, or refurbishment of tunnels. With more than 100 years of experience in tunnel constructions, Sika is the reliable partner for all the parties involved on every project. Innovative Sika waterproofing solutions that include both, rigid and flexible systems, create added value for customers every day. Also Sika develops specific concrete and shotcrete admixture solutions for underground construction.

With a local presence all around the world, now in more than 90 countries, Sika is ideally positioned to support our customers everywhere, right from the initial project design and detailing, through to successful installation and completion on site



#### Übersicht Bauprojekte 4-Meter-Korridor auf der Gotthard Achse

Overview: construction projects for the 4 m corridor, Gotthard axis

- 1 **Bözbergtunnel**  
Neubau | New tunnel (2016–2020)
- 2 **Villnachertunnel**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2020)
- 3 **Rindelfluchtunnel I + II**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2013–2014)
- 4 **Morschachertunnel**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2016–2018)
- 5 **Axen-Seegleis**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2017–2019)
- 6 **Tunnel Crocetto/Giustizia**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2014–2016)
- 7 **Tunnel Svitto**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2017–2018)
- 8 **Tunnel Dragonato**  
Neubau | New tunnel (2017–2018)
- 9 **Tunnel Massagno I + II**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2012–2013)
- 10 **Tunnel Paradiso/San Martino**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2019–2020)
- 11 **Tunnel Maroggia**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2016–2018)
- 12 **Tunnel Molino**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2015)
- 13 **Tunnel Coldrerio**  
Neubau | New tunnel (2015–2016)
- 14 **Tunnel Balerna**  
Erneuerung mit Profilerweiterung | Renewal with profile enlargement (2016)

Finanziert über 4-Meter-Korridor-Kredit | Financed through the 4 m corridor credit

Finanziert über Leistungsvereinbarung Bund-SBB | Financed through payment agreement Swiss government/SBB

Quelle/Credit (2): SBB

Swiss Railways (SBB) plan to provide a 4 m corridor along the entire Gotthard axis by 2020 in order to be able to transport semi-trailer (articulated) trucks with a height of 4 m by rail. For this purpose, the Swiss parliament approved a credit of 710 million Swiss francs in 2013. The new building of the Bözberg Tunnel in the canton Aargau is the largest individual project with an investment sum of about 350 million Swiss francs. In addition to the existing two-track Bözberg Tunnel, a new two-track tunnel almost 2.7 km long is being built parallel to the existing tunnel.

After the opening of the new structure in 2020, the old tunnel will be converted to a service and escape tunnel. Five cross passages between the two bores will then serve as emergency exits.

Übersicht der Bauprojekte zur Realisierung des 4-Meter-Korridors auf der Gotthard-Achse  
Overview of the construction projects on the route of the 4 m corridor on the Gotthard axis

Der Hauptvortrieb des Tunnels wird voraussichtlich ab Mai 2017 mit einer Herrenknecht-Tunnelbohrmaschine (TBM) ab dem Installationsplatz Schinznach-Dorf am Südportal nach Effingen zum Nordportal erfolgen. Seit Anfang des Jahres waren die Maschinenteile in mehr als 100 Transportfahrten vom Herstellerwerk in Schwanau zum Installationsplatz gebracht worden. Wenn die Vor-Ort-Montage erfolgreich beendet ist, soll die 90 m lange TBM mit einem Durchmesser von 12,36 m dann pro Tag etwa 22 m Vortriebsleistung erbringen.

#### New Tunnel under Construction since Autumn 2016

Drill and blast tunnelling started in autumn 2016. Working three shifts, a distance of 168 m has been conventionally excavated in soft ground; the workers advanced about 3 m each day. The main drive of the tunnel is planned from May 2017 with a tunnel boring machine (TBM) from Herrenknecht working from the installation area in Schinznach village at the south portal to the north portal in Effingen. Since the beginning of the year, the components of the machine have been transported in more than



## VISIONEN MIT TIEFENWIRKUNG

#### Unsere Kompetenz- und Geschäftsfelder:

- Verkehr
- Schiene
- Straße
- Flughafen
- Verkehrstechnik
- Bahntechnische Ausrüstung
- Ingenieurbauwerke
- Tunnel
- Hochbau
- Industriebauten
- Stadtraum und Flächen
- Wasser und Umwelt

#### Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH

14 Standorte in Deutschland sowie Standorte in China, Katar, Österreich, Polen und Slowenien  
info@voessing.de • www.voessing.de

BERATUNG | PROJEKTMANAGEMENT | PLANUNG | BAUÜBERWACHUNG



Läuft alles nach Plan, wird der maschinelle Vortrieb 2018 beendet sein. Zeitlich versetzt erfolgt der Ausbruch der fünf Querverbindungen in konventioneller Bauweise. Die beiden Tunnelportale werden 2018 in offener Bauweise erstellt. Im Anschluss folgt die Fertigstellung des Rohbaus und der Einbau der Bahntechnik mit Deckenstromschiene und einer Festen Fahrbahn. Insgesamt 540 000 m<sup>3</sup> Ausbruchmaterial soll beim TBM-Vortrieb anfallen. Der Abraum wird zunächst per Förderband auf die Zwischendeponie Elbis verbracht und von dort ab Frühjahr 2018 per Schienentransport ab dem Südportal zum Steinbruch Oberegg in Auenstein transportiert und dort deponiert. Ursprünglich war ein Abtransport mit Lastwagen geplant. Die Umorientierung auf die Schiene soll am Ende mehr als 56 000 Lkw-Fahrten ersetzen.

100 individual loads from the manufacturer's works in Schwanaue to the installation area. When the assembly of the machine on site has been completed, the 90 m long TBM with a diameter of 12.36 m should then be able to achieve an advance rate of about 22 m per day.

If everything runs according to plan, the mechanised drive should be completed by 2018. The five cross passages will be excavated by drill and blast with a delay. The two portals will be constructed by cut-and-cover in 2018, followed by the completion of the lining and installation of railway equipment with rigid overhead conductor rail and slab track.

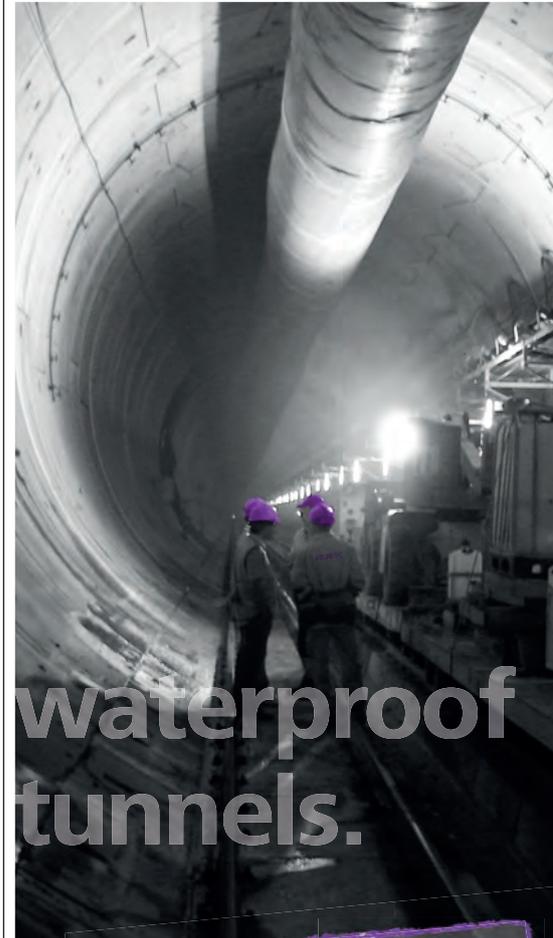
The TBM drive will produce roughly 540 000 m<sup>3</sup> of excavated rock. This muck will first be cleared on a conveyor belt to the intermediate storage site at Elbis and then transported by rail from the south portal to the Oberegg quarry in Auenstein, beginning in early 2018. Originally, transport by truck was planned – the changeover to rail transport should replace more than 56 000 truck journeys.



Montage des TBM-Schneidrads  
Assembly of the cutting wheel

# rascor®

Pioneers in waterproofing



## waterproof tunnels.

Visit us on Swiss Tunnel Congress  
30.05.-01.06.2017, CH-Luzern

As pioneers in waterproofing-engineering, we develop products for highest demands – the absolute dryness for your tunnelling projects. Solution-oriented and customised remedial or preventive sealing concepts guarantee success!

Rascor Tunnel- und  
Spezialtiefbau GmbH  
Ratsgasse 6  
DE-97688 Bad Kissingen

Phone +499711302738  
Fax +499711336251  
info@rascor.com  
www.rascor.com

## Deutschland

## U5-Tunnel Berlin: Durchbruch zum U-Bahnhof Brandenburger Tor

Für Implenia ist die U5 in Berlin eines der bedeutendsten laufenden Infrastrukturprojekte im europäischen Markt. Am 22. März 2017 wurde nun die letzte Betonwand durchschlagen, die den neuen U5-Tunnel noch vom U-Bahnhof Brandenburger Tor getrennt hatte. Dies geschah im Beisein des Regierenden Bürgermeisters Michael Müller, von Dr. Sigrid Evelyn Nikutta, Vorstandsvorsitzende und Vorstand Betrieb der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), Ute Bonde und Jörg Seegers, Geschäftsführer der Projektrealisierungs GmbH U5, sowie von Stefan Roth, Geschäftsleitung Implenia Deutschland und Österreich. Damit ist die Lücke zwischen U55 (Hauptbahnhof–Brandenburger Tor) und der traditionellen U5 (Alexanderplatz–Hönow) geschlossen. Im Auftrag der BVG und unter Leitung der Projektrealisierungs GmbH, einer hundertprozentigen Tochter der BVG, arbeitet Implenia seit 2011 an der neuen U5. Das Projekt umfasst die Verlängerung der bestehenden U5 über den Alexanderplatz hinaus bis zum Brandenburger Tor und den nun geschlossenen Anschluss an die 2009 in Betrieb genommenen U55.

Damit ist der Tunnelrohbau abgeschlossen, der 2013 mit der Auffahrt der Tunnelvortriebsmaschine „Bärinde“ begonnen hatte. Der Herrenknecht-Mixschild hatte bis Oktober 2015 nacheinander zwei Tunnelröhren von jeweils 1,6 km Länge gebohrt und 2147 Tübbingringe gesetzt. Ab Mai 2017 erfolgt nun der Gleisbau für die Tunnelstrecke.

Ab 2020 soll der Bahnverkehr auf der gesamten, 22 km langen Strecke der verbundenen U-Bahnlinien zwischen Hönow und Hauptbahnhof laufen, wenn auch die drei neuen U-Bahnhöfe fertiggestellt sind: Rotes Rathaus, Museumsinsel und der Umsteigebahnhof Unter den Linden. Die beiden Letzteren werden ebenfalls von Implenia realisiert. 

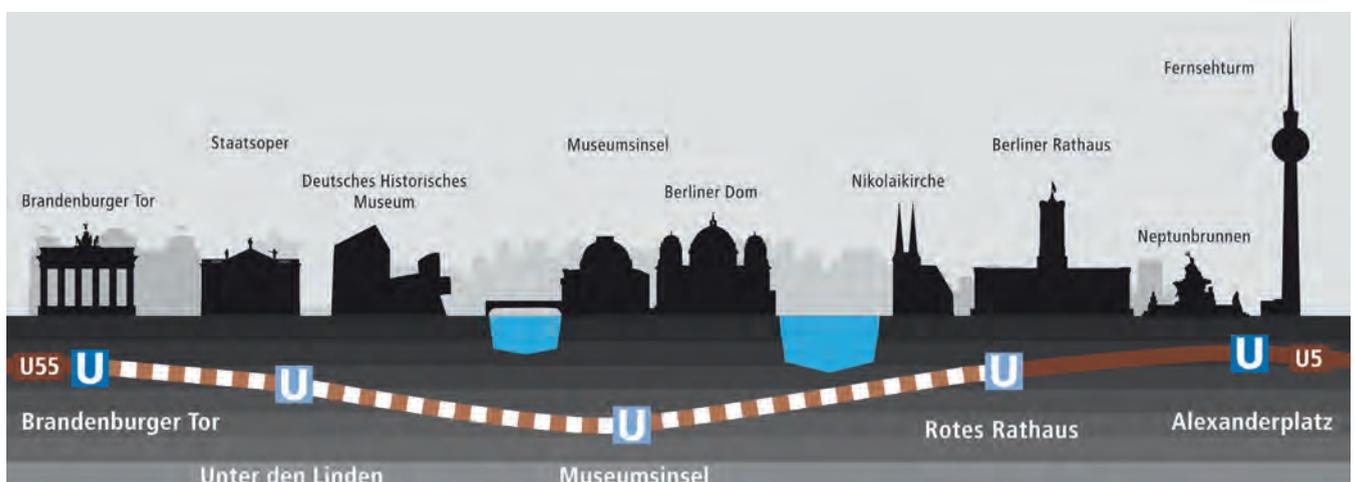
## Germany

## U5 Tunnel Berlin: Breakthrough to Brandenburg Gate Metro Station

The U5 project in Berlin is one of the most important ongoing infrastructural schemes in Europe for Implenia. On March 22, 2017 the final concrete wall separating the new U5 tunnel from the Brandenburg Gate Metro Station was penetrated. This took place in the presence of the Governing Mayor Michael Müller, Dr. Sigrid Evelyn Nikutta, the chair of the board and responsible for operations with the Berlin Transport Companies (BVG), Ute Bonde and Jörg Seegers, managing directors of the company responsible for implementing the U5 project (Projektrealisierungs GmbH U5), as well as Stefan Roth from the Implenia Germany and Austria executive. In this way, the gap between U55 (Central Station–Brandenburg Gate) and the traditional U5 (Alexanderplatz–Hönow) has been closed.

On behalf of the BVG and under the guidance of the Projektrealisierungs GmbH, a 100 percent subsidiary of the BVG, Implenia has been engaged in constructing the new U5 since 2011. The project entails the extension of the existing U5 beyond Alexanderplatz up to the Brandenburg Gate and the new link with the U55, which began operating in 2009.

This signifies that the tunnel roughwork has been completed, which commenced with the start-up of the “Bärinde” tunnel boring machine (TBM) back in 2013. The Herrenknecht Mixshield produced two 1.6 km long tubes one after the other by October 2015 and installed 2147 segmental rings. Track-laying for the tunnel route began in May 2017. As from 2020, services are due to operate on the entire 22 km long route involving the combined Metro lines between Hönow and the Central Station after the completion of the three new Metro stations: Rotes Rathaus, Museumsinsel and the Unter den Linden transfer station. The two last-mentioned stations are also Implenia projects. 



Quelle/credit: BVG

Nach dem Durchschlag zwischen neuem U5-Tunnel und dem Bahnhof Brandenburger Tor in Berlin folgen nun die Gleisbauarbeiten. Ab 2020 soll der 1,6 km lange Lückenschluss zwischen U5 und U55 in Betrieb gehen und so eine 22 km lange zusammenhängende Strecke erstellen

After the breakthrough between the new U5 tunnel and the Brandenburg Gate Station in Berlin, the tracks are now being laid. As from 2020, the 1.6 km long section closing the gap between the U5 and U55 is scheduled to become operational thus creating a combined 22 km long route



# TUNNELAUSRÜSTUNGEN



# Planung, Bau und BIM-Einsatz beim Albvorlandtunnel

Der vorliegende Artikel liefert spannende Einblicke zu den Tunnelbauwerken des Albvorlandes (Albvorlandtunnel, Kleine Wendlinger Kurve, Güterzuganbindung) sowie in die grundsätzliche Anwendung der BIM-Methode (Building Information Modeling) bei der Umsetzung eines komplexen Tunnelbauvorhabens.

# Design, Construction and BIM Application at the Albvorland Tunnel

The present article offers interesting insights into the tunnel structures in the Alb foreland (Albvorland Tunnel, Kleine Wendlinger Kurve, goods train link) and the fundamental application of BIM (Building Information Modeling) method for the implementation of the complex tunnel project.

---

**Dipl.-Ing. Michael Frahm M.Eng. LL.M.**, Teamleiter Tunnelbau/ team leader tunnelling PFA 2.1;  
**Dipl.-Ing. Jens Hallfeldt**, Technischer Leiter/technical manager PFA 2.1;  
**Dr.-Ing. Habeb Astour**, BIM Manager Bahnprojekt Stuttgart-Ulm/ Stuttgart-Ulm rail project;  
**Dipl.-Ing. Tim Lorenz**, Projektingenieur Tunnelbau/projekt engineer tunnelling PFA 2.1  
**DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH**, Deutschland/Germany

---

## 1 Einleitung

Der Projektabschnitt Albvorland hat eine Gesamtlänge von etwa 14,9 km. Dieses Teilstück der Neubaustrecke Wendlingen-Ulm umfasst die Planfeststellungsabschnitte 2.1 a/b und 2.1 c (**Bild 1**). Eines der markantesten Bauwerke des Abschnittes ist der von Westen nach Osten führende Albvorlandtunnel mit einer Länge von ca. 8,2 km.

Nach der Überquerung von Neckar und Neckartalbahn schert die eingleisige Wendlinger Kurve Richtung Süden aus (**Bild 2**) und verbindet die Neubaustrecke mit der Bestandsstrecke 4600 (Neckartalbahn) in Richtung Tübingen. In diesem Bereich verläuft die Strecke in einem 494 m langen Tunnel, der Kleinen Wendlinger Kurve (KWK).

Aus Richtung Norden kommend wird die Neubaustrecke mit der Bestandsstrecke über die ebenfalls eingleisige Güterzuganbindung (GZA) verbunden. Durch einen 173 m langen Tunnel wird die Bundesautobahn A8 unterquert (GZA-BAB), und nach einem ca. 320 m langen Abschnitt in offener Streckenlage wird die GZA auf Höhe des Westportals des Albvorlandtunnels als Tunnelbauwerk weitergeführt. Sie mündet nach weiteren 200 m in ein Anbindungsbauwerk in der Nordröhre des Albvorlandtunnels.

Die Arbeiten wurden Ende des Jahres 2015 an den Schweizer Baukonzern Implenia für 377 Millionen Euro vergeben. Neben der Einrichtung der Baustelle laufen die vorbereitenden Arbeiten seitens aller Beteiligten mittlerweile auf Hochdruck. Der maschinelle Vortrieb mit zwei Vortriebsmaschinen soll im Spätsommer 2017 vom Gebiet Kirchheim aus starten.

## 1 Introduction

The Albvorland project section has a total length of about 14.9 km. This section of the new Wendlingen-Ulm highspeed railway comprises the planning approval sections 2.1 a/b and 2.1 c (**Fig. 1**). One of the most prominent structures in this section is the Albvorland Tunnel, which runs from west to east with a total distance of about 8.2 km.

After crossing the River Neckar and the Neckartalbahn railway line, the single-track Wendlinger Kurve branches off to the south (**Fig. 2**) and connects the new line with the existing line 4600 (Neckartalbahn) in the direction of Tübingen. This section runs through a tunnel 494 m long, the Kleine Wendlinger Kurve (KWK).

From the north, the new line is also joined by the goods train link Güterzuganbindung (GZA), which is also single-track. The GZA passes beneath the federal autobahn A8 in a 173 m long tunnel (GZA-BAB), and after an open track section about 320 m long, continues as a tunnel next to the west portal of the Albvorland Tunnel. After another 200 m, it joins the north bore of the Albvorland Tunnel in a junction structure.

The works were awarded at the end of 2015 to the Swiss construction concern Implenia for 377 million euros. In addition to setting up the construction site, all parties are currently working under pressure on preparatory works. The mechanised tunnel drive with two tunnel boring machines should start at the end of summer 2017 from the Kirchheim area.

## 2 Geology and Hydrology

### Albvorland Tunnel and Goods Train Link

The prevailing ground at the Albvorland Tunnel is primarily characterised by bedded claystone and clay-marlstone strata, which



Quelle/credit (2): DB Projekt Stuttgart-Ulm

## 1 Überblick PFA 2.1 Albvorland

Overview of planning section PFA 2.1 Albvorland

## 2 Geologie und Hydrologie

### Albvorlandtunnel und Güterzuganbindung

Das anstehende Gestein für den Albvorlandtunnel wird primär durch bankige Ton- bzw. Tonmergelsteinschichten geprägt, die dem schwäbischen Schwarzjura (Lias) zuzuordnen sind. In lokal eng begrenzten Wechselfolgen können auch vereinzelt Sand- und Kalksteinlagen angetroffen werden. Diese Gesteinsschichten sind auf Basis des tunnelbautechnischen Gutachtens prinzipiell als nicht bis schwach abrasiv einzuordnen. Für den Tunnelvortrieb stellt die Abrasivität daher eine untergeordnete Rolle dar. Die Gesteinsschichten weisen jedoch einen hohen Feinkornanteil auf und sind überwiegend wasserempfindlich. Es wird folglich mit Verklebungsbereichen gerechnet, die einen wichtigen Aspekt im maschinellen Vortrieb darstellen werden. Für die Tunnelabschnitte in Spritzbetonbauweise ergibt sich aus der wasserempfindlichen Geologie außerdem die Anforderung, alle Ausbruchflächen sofort mit Spritzbeton zu versiegeln und eine sorgfältige Wasserhaltung durchzuführen. Der Bemessungsgrundwasserstand des Albvorlandtunnels liegt dauerhaft oberhalb der Tunnelfirste und kann im Maximum einen Bemessungswasserdruck von ca. 4 bar bewirken. Die geringe Gebirgsdurchlässigkeit wird jedoch nur einen reduzierten Wasserandrang ermöglichen, welcher für den Tunnelvortrieb daher nur von untergeordneter Wertigkeit sein wird.



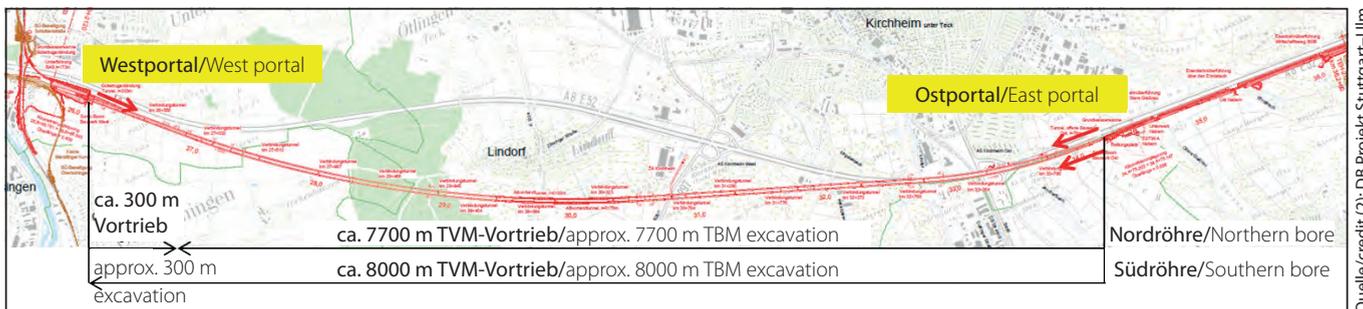
2 Westlicher Bereich des PFA 2.1 und Westportal des Albvorlandtunnels  
West part of PFA 2.1 and west portal of the Albvorland Tunnel

belong to the Swabian Black Jurassic (Lias). In closely localised seasonal layers, sandstone and limestone strata can also be encountered. These strata are principally described as non- to weakly abrasive according to the tunnelling report, so abrasiveness should not be of great significance for tunnelling. The strata do however have a high fines content and are mostly susceptible to water. Areas of sticking ground thus have to be expected, which will represent one important consideration for mechanized tunnelling. For the shotcrete tunnel sections, there is also a requirement to seal all

exposed surfaces with shotcrete and drain any water immediately. The design groundwater table of the Albvorland Tunnels lies permanently above the tunnel crown and can impose a maximum design water pressure of about 4 bar, although the low permeability of the rock mass will lead to reduced water ingress, thus being of less significance for tunnelling.

### Kleine Wendlinger Kurve

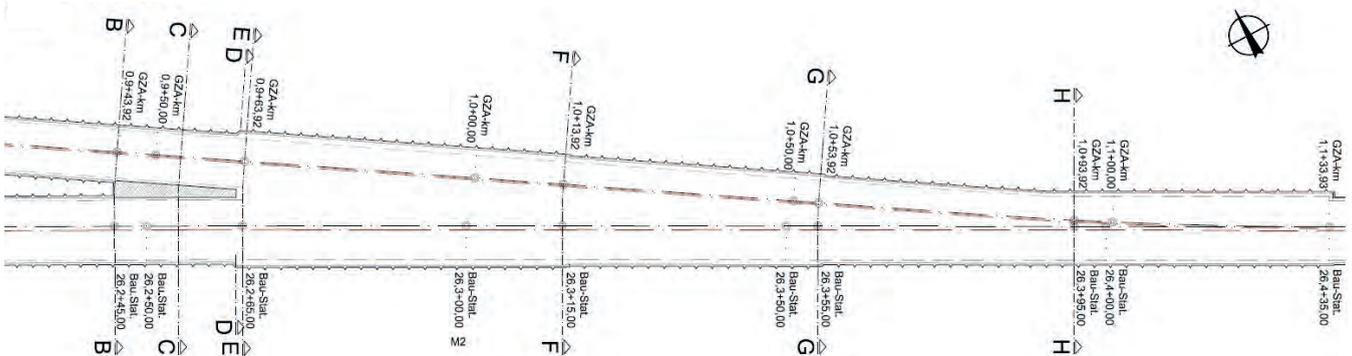
As with the Albvorland Tunnel, the rocks of the KWK are also characterised by consolidated claystone and siltstone. In the first 100 m of the tunnel drive, weathered rocks and terrace gravels are also forecast in the bench and top heading, which will be countered with an initial presupport in the form of pipe screen or piles. Shortly before reaching the breakthrough wall, weathered rocks will also



Quelle/credit (2): DB Projekt Stuttgart-Ulm

3 Vortriebsschema des Albvorlandtunnels  
Tunnelling scheme of the Albvorland Tunnel

#### Lageplanausschnitt/Site plan, extract



4 Anbindungsbauwerk: Lageplan der Aufweitung  
Junction structure: layout of the enlargement

#### Kleine Wendlinger Kurve

Wie beim Albvorlandtunnel, wird auch das Gestein im Bereich der KWK durch verfestigten Ton- und Schluffstein charakterisiert. Auf den ersten 100 m des Tunnelvortriebes sind außerdem Verwitterungstone und Terrassenschotter im Strassen- und Kalottenbereich prognostiziert, denen durch anfängliche Sicherung mittels Rohrschirm oder Spießsen begegnet werden kann. Kurz vor Erreichen der Durchschlagwand werden erneut Verwitterungstone im gesamten Querschnitt angeschnitten und anschließend durch Auffüllungen eines ehemaligen Steinbruchs ersetzt. Im nördlichen Bereich der KWK bedingen die anstehenden Gesteinsschichten bezogen auf die Tunnelsohle einen Bemessungswasserstand von etwa 16 m; im südlichen Abschnitt dagegen steht der Grundwasserspiegel nur ca. 5 m oberhalb der Tunnelsohle an.

#### Güterzuganbindung unter der Bundesautobahn 8

Der anstehende Baugrund der GZA-BAB besteht fast vollständig aus Lockergestein, da ein aufgeschütteter Autobahndamm unterfahren wird. Der Tunnelvortrieb wird durch die über Tage verlaufende Autobahn A8 (Karlsruhe–München) besonders herausfordernd.

Im östlichen Bereich, unterhalb der geplanten Schienensohle, treten im Gestein des Weiteren heterogen zusammengesetzte, quartäre Lockergesteinsschichten des Schwarzzuras auf. Diese wurden als stark verwitterte Ton- bzw. Tonmergelsteinsschichten

be encountered in the entire section and then replaced by fill from a former quarry.

In the northern part of the KWK, the prevailing rock strata related to the tunnel invert lead to a design water level of about 16 m; in the southern section, on the other hand, the groundwater table is only about 5 m above the tunnel invert.

#### Goods Train link under the federal Autobahn 8 (GZA-BAB)

The ground conditions for the GZA-BAB consist almost completely of soil, since it will cut through an existing filled autobahn embankment. The tunnel drive will be particularly challenging due to the autobahn A8 (Karlsruhe–München) above ground.

In the eastern part, below the planned top of rail level, heterogeneous Quaternary soils of the Black Jurassic also occur in the rock mass. These have been identified as heavily weathered claystones and clay-marlstone beds. For the tunnel drive, they are however of less significance due to their limited thickness.

#### 3 Albvorland Tunnel and Goods Train Link

The Albvorland Tunnel is laid out as a twin-bore tunnel with altogether 16 connection structures (max. spacing 500 m). At the west portal near Wendlingen, the Albvorland Tunnel starts with a 50 m long sonic boom structure to be built by cut-and-cover as a two-cell box section. After this, the mined tunnel starts. About 140 m further, the GZA joins the north bore at a junction structure 130 m long.

identifiziert. Für den Tunnelvortrieb sind sie jedoch aufgrund der begrenzten Schichtstärke von nachrangiger Bedeutung.

### 3 Alborlandtunnel und Güterzuganbindung

Der Alborlandtunnel ist als Zweiröhrentunnel konzipiert und wird mit insgesamt 16 Verbindungsbauwerken (Abstand max. 500 m) umgesetzt. Im Bereich des Westportals bei Wendlingen beginnt der Alborlandtunnel mit einem 50 m langen Sonic-Boom-Bauwerk, welches in offener Bauweise als zweizelliger Kastenquerschnitt hergestellt wird. Anschließend geht er in die bergmännische Bauweise über. Etwa 140 m später wird die GZA durch ein 130 m langes Anbindungsbauwerk in die Nordröhre eingebunden.

Im östlichen Bereich des Alborlandtunnels bei Kirchheim unter Teck wird die BAB 8 in einem schleifenden Schnitt mit 8–20 m Überdeckung maschinell unterfahren. Für die Nordröhre ergeben sich 1786 m Unterfahrung der BAB 8, für die Südröhre 1205 m. Im Osten endet der Tunnel in einer offenen Bauweise und dem abschließenden Sonic-Boom-Bauwerk Ost.

Von Osten aus erfolgen die Hauptvortriebe des Alborlandtunnels (**Bild 3**). Aus einer tiefen Baugrube heraus werden beide Röhren mittels zweier Hartgesteins-EPB-Schild-TVM im fallenden

In the eastern part of the Alborland Tunnel near Kirchheim unter Teck, the TBMs pass under the autobahn 8 at an acute angle with cover of only 8–20 m. In the north bore, 1786 m will be under the autobahn and in the south bore, 1205 m. In the east, the tunnel ends in a cut-and-cover section followed by the east sonic boom structure. The main bores of the Alborland Tunnel will be driven from the east (**Fig. 3**). The bores will be driven falling (max. 25 ‰, average about 6.5 ‰) by two hard rock EPB machines from a deep starting excavation. The south bore will be completely mechanically bored and the north bore almost completely except for the last ca. 380 m at the west end, where a short section will be excavated from the other direction by the shotcrete method in order to construct the junction structure with its complicated geometry and the arrival cavern for the TBM.

Four different excavation classes (EC) have been specified for mechanised tunnelling:

- EC 1: Open mode, partially filled excavation chamber (without compressed air)
- EC 2: Partially filled excavation chamber, compressed air to the face (0.5–4.0 bar)
- EC 3: as EC 2 with additional foam conditioning



## We know our business

Many years of experience in the planning and production of simple to complex conveyor systems make us your reliable global partner.

Transport and logistic systems are tailored to your individual needs. We produce custom-made, practical solutions based on our construction site experience.

Contact us. We provide professional and precise advice and know all of the options which can be implemented for the best fulfilment of your project.

We also have developed concepts for gravel plants, electrical engineering, formwork and special construction systems.

**Marti Technik AG** Lochackerweg 2 CH-3302 Moosseedorf  
 Fon +41 31 858 33 88 Fax +41 31 858 33 89 [info@martitechnik.com](mailto:info@martitechnik.com)

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





SIEMENS

# Robuste Kommunikation für intelligente Verkehrssysteme

Mit einem kombinierten Portfolio von RUGGEDCOM- und SCALANCE-Netzwerkkomponenten übernimmt Siemens eine führende Rolle bei der Neugestaltung und Modernisierung von Verkehrsnetzen auf der ganzen Welt. Wir bieten erstklassige und durchgängige Vernetzungslösungen für intelligente Verkehrssysteme, die härtesten Bedingungen standhalten.

Verbesserte Mobilität, Effizienz, Sicherheit und Nachhaltigkeit sind nur einige der Vorteile, die Kunden von Siemens genießen.

**Kompetenz in industriellen Netzwerken.**

[siemens.de/kommunikation-fuer-its](https://www.siemens.de/kommunikation-fuer-its)



Quelle/Credit: DB Projekt Stuttgart-Ulm

7 Modellierungsbereich West des Alborlandtunnels [2]  
West model area of the Alborland Tunnel [2]

#### 4 Güterzuganbindung unter Bundesautobahn 8

Die GZA-BAB ist ein kurzer Tunnel, der in Spritzbetonbauweise mittels Bagger vorgetrieben wird. Ein Sprengvortrieb ist aufgrund der oberhalb verlaufenden Autobahn A8 nicht möglich. Die Überdeckung des Tunnels beträgt im Minimum lediglich 2,50 m, die des Rohrschirms sogar nur 1,25 m bis zur Fahrbahnoberkante. Für den Vortrieb bedeutet dies, dass der Voraussicherung bei ohnehin schwieriger Geologie eine besondere Beachtung zu schenken ist. Es ist lediglich eine Vortriebsklasse zugelassen, die als Sonderklasse einen doppelten Rohrschirm mit eingesetztem GEWI-Stahl, zusätzliche Ortsbrustanker und eine Abschlagsminimierung auf maximal 1,00 m vorsieht. Ein Teilausbruch mit spritzbetongesicherter Kalottensohle und Einsatz von Kalottenfußpfählen zur Lastabtragung in den Baugrund ist ebenfalls erforderlich. In Absprache mit den beteiligten Institutionen, insbesondere dem Regierungspräsidium Stuttgart, wird vortriebsbegleitend ein ausführliches Messprogramm abgestimmt und umgesetzt.

#### 5 Kleine Wendlinger Kurve

Die Kleine Wendlinger Kurve ist eine ca. 1100 m lange Verbindungsstrecke der NBS mit der Bestandsstrecke 4600 zwischen Tübingen und Stuttgart. Zur Überwindung des Höhenunterschieds und zur Gewährleistung einer Nutzungsgeschwindigkeit von 80 km/h ist die Errichtung eines Tunnelbauwerkes mit einer Gesamtlänge von 494 m notwendig. Dieses wird in einen 384 m

#### 5 Kleine Wendlinger Kurve

The Kleine Wendlinger Kurve is a link about 1100 m long between the new line and the existing line 4600 between Tübingen and Stuttgart. In order to overcome the height difference and to provide a line speed of 80 km/h, the construction of a tunnel with an overall length of 494 m is necessary, divided into a 384 m long underground section and 110 m of cut-and-cover. The cut-and-cover sections will be constructed with a rectangular section, while the underground sections will have an arched profile.

According to the geology, only tunnelling classes with partial face excavation and supported top heading invert are to be used in the first approx. 100 m of the mined tunnel, if required also with spile or pipe screen presupport. After the tunnel has passed beneath the weathered clays and the terrace gravel, full-face excavation is allowed. Apart from an area in the middle of the tunnel distance (the crossing Benzenfurt stream is passed under with a cover of only 2.80 m) and the last approx. 25 m, the use of spile or pipe screens can be omitted.

#### 6 BIM Application in the Alborland Tunnel

Building Information Modelling (BIM) is a working method with the emphasis on central and uniform data for the production and administration of information in the design, construction and operation of various structures. In the form of a digital model, which collects the design states of each of the individual disciplines, BIM

langen bergmännischen und zwei zusammen 110 m lange offene Tunnelabschnitte unterteilt. Die Abschnitte in offener Bauweise werden als Rechteckquerschnitte erstellt, während der bergmännische Abschnitt im Maulprofil aufgefahren wird.

Entsprechend der Geologie kommen auf den ersten ca. 100 m des bergmännischen Tunnels ausschließlich Vortriebsklassen mit Teilausbruch und gesicherter Kalottensohle zur Anwendung, nach Bedarf mit einfacher Spieß- oder Rohrschirmvorausicherung. Nachdem der Tunnel unter den Verwitterungstonen und dem Terrassenschotter abtaucht, ist der Vollausbruch zulässig. Abgesehen von einem Bereich in der Mitte der Vortriebsstrecke (der querende Graben „Benzenfurt“ wird mit lediglich 2,80 m Überdeckung unterfahren) und den letzten ca. 25 m, kann auf den Einsatz von Spieß- oder Rohrschirmen verzichtet werden.

## 6 BIM-Einsatz im Albvorlandtunnel

Building Information Modeling (BIM) ist eine Arbeitsmethode mit dem Schwerpunkt auf zentralen und einheitlichen Daten bei der Erstellung und Verwaltung von Informationen in der Planung, Realisierung und dem Betreiben verschiedener Bauobjekte. Bestehend aus einem digitalen Modell, das die jeweiligen Planungsstände

serves as a tool for the coordination of extensive relevant project information. The aim of this method is to provide decision-makers at all levels with the necessary information for successful decisions at the right time [1].

The Albvorland Tunnel part project is one of altogether three projects of the DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, which are being implemented with the assistance of BIM. On the Albvorland Tunnel partial project, the application of BIM is restricted to the west model area (Fig. 7).

The following structures/structural elements are included in this model area:

- Foundations, construction excavation support (bored piles, sheet steel and protective walls) of the starting cut with the two west portals on the new line, the portal of the link tunnel of the goods train link to the new line (GZA tunnel) and the portal of the goods train link under the autobahn A8 (GZA-BAB tunnel)
- GZA tunnel and link (inner lining, shoulder, invert)
- New line: tunnels and breakthrough-wall
- General civil engineering, structures and tracks of third parties (farm track, rescue area (escape route), final drainage, retaining structures)

# Driving progress in tunnel projects.



Visit our new  
SDS website:  
[sds.vmt-gmbh.de](http://sds.vmt-gmbh.de)

**Guided by VMT.** Lowering costs and improving efficiency in modern tunnel construction. With smart modular solutions from VMT. Precise navigation, full documentation and effective communication will give you that crucial advantage. **Find out more.**

[www.vmt-gmbh.de](http://www.vmt-gmbh.de)

**VMT**

der einzelnen Disziplinen zusammenführt, dient BIM als ein Werkzeug für die Koordination zahlreicher relevanter Projektinformationen. Dabei ist das Ziel dieser Methode, Entscheidungsträgern auf allen Ebenen zum erforderlichen Zeitpunkt die notwendigen Informationsgrundlagen für zielgerichtete Entscheidungen zur Verfügung zu stellen [1].

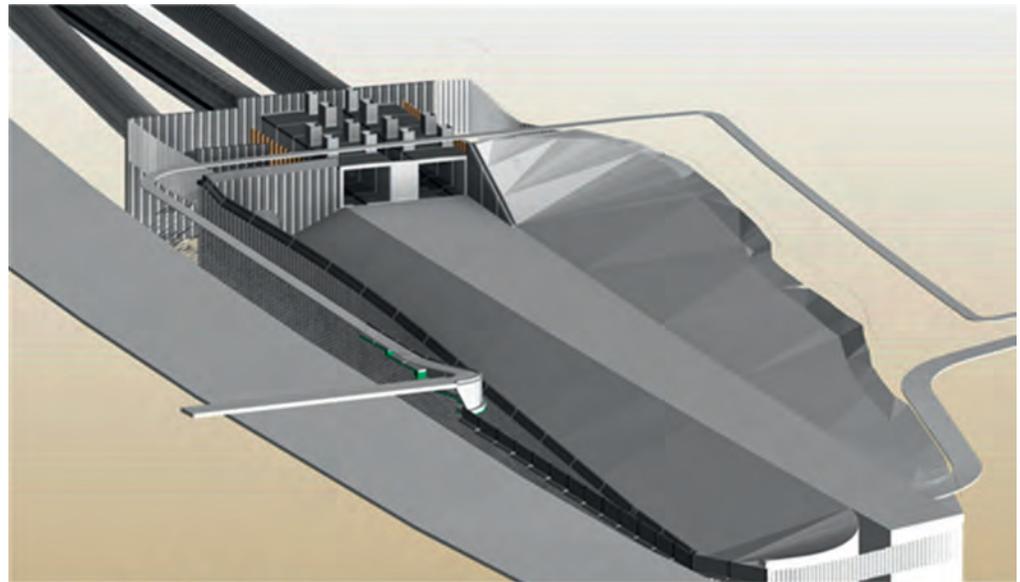
Das Teilprojekt Albvorlandtunnel ist eins von insgesamt drei Projekten der DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, die mit Hilfe von BIM abgewickelt werden. Beim Teilprojekt Albvorlandtunnel beschränkt sich der BIM-Einsatz auf den Modellierungsbereich West (**Bild 7**).

Im Modellierungsbereich werden folgende Bauwerke/Bauerteile eingebunden:

- Gründung, Baugrubenaushub, Baugrubensicherung (Bohrpfahl-, Spund- und Schutzwände) des Voreinschnitts mit den beiden westlichen Tunnelportalen der Neubaustrecke, dem Portal des Anschließtunnels der Güterzuganbindung an die NBS (GZA-Tunnel) sowie dem Portal des Tunnels der Güterzuganbindung unter der Autobahn A8 (GZA-BAB-Tunnel)
- GZA-Tunnel und -Anbindung (Innenschale, Bankette, Sohle)
- Neubaustrecke: Tunnelröhren und Brillenwand
- Allgemeiner Tiefbau, Anlagen und Wege Dritter (Wirtschaftsweg, Rettungsplatz/-weg), endgültige Entwässerung, Stützbauwerke
- Offene Strecke: Damm
- Sonic-Boom-Bauwerke

Durch den Einsatz von BIM sollen folgende direkte BIM-Ziele/-Vorteile erreicht werden:

- Erfahrungen und Kompetenzen im Umgang mit BIM bei großen Infrastrukturprojekten aufbauen
- Kosten- und Nutzeneffekte mit BIM generieren
- Größtmögliche Interoperabilität der BIM-Softwaresysteme entwickeln
- Optimierung und Qualitätssicherung in der Planung und Ausführung ermöglichen
- Kommunikation und Informationsaustausch mit den Projektbeteiligten verbessern
- Exaktere und effizientere Mengenermittlungen (auch bei Änderungen)



8 3D-Modell mit unterschiedlichen Ansichten

3D model with various views

- Open-air line: embankment
- Sonic boom structures

The use of BIM is intended to achieve the following aims and advantages:

- To build up experience and competence in dealing with BIM on large infrastructure projects
- Generate cost and use effects with BIM
- Develop the greatest possible interoperability of the BIM software
- To enable optimisation and quality assurance in design and construction
- Improve communication and information exchange with the project parties
- More exact and efficient determination of quantities (also for variations)
- Improve scheduling and cost security in the construction phase

The long-term aims are partially based on the BIM aims defined by the German Federal Ministry for Transport and Digital Infrastructure (BMVI) in their staged plan for digital design and construction. These include, for example, the improvement of design accuracy and cost security as well as the optimisation of costs on a lifecycle basis [3].

## 7 The defined BIM Application Cases

The following application cases were defined for the BIM implementation in the west model area of the Albvorland Tunnel:



3.8M MAIN BEAM TBM  
BELLWOOD TUNNEL  
ATLANTA, USA



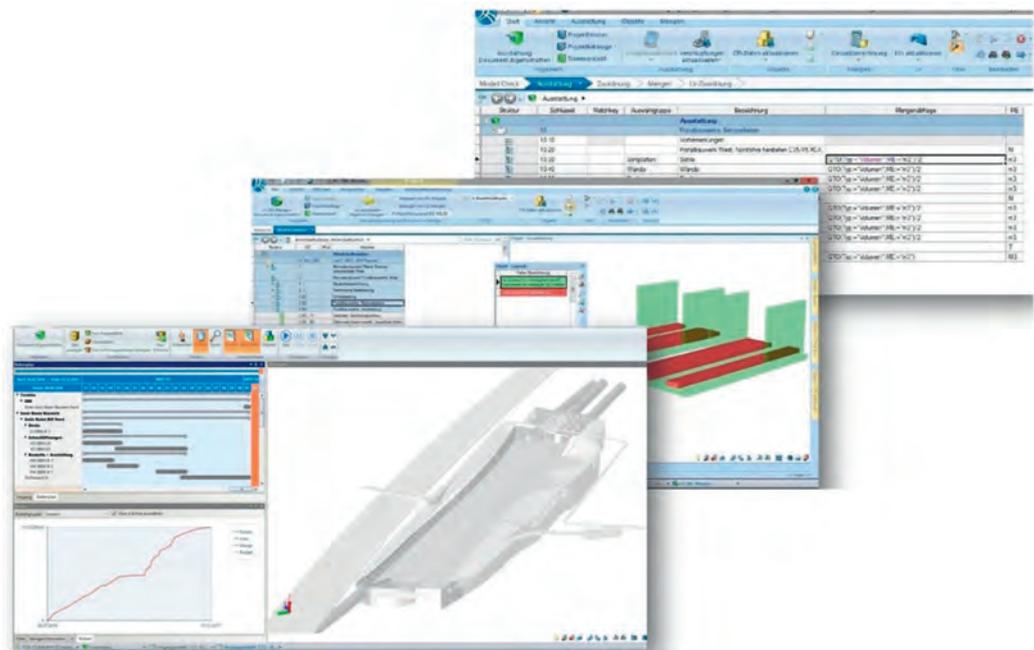
# FOCUSED FORWARD

## STAYING AHEAD OF YOUR NEXT CHALLENGE

Every project has its own unique challenges, which is why every Robbins TBM is built with your specific needs in mind. Our relentless pursuit to innovate is driven by the needs our customers face every day. From machine design to tunnel completion, we are by your side working together to create new methods, and set new records in underground excavation.

We invite you to learn more about our latest products and projects in our 2017 presentation series at WTC and RETC.





Quelle/credit: DB Projekt Stuttgart-Ulm

## 9 4D- und 5D-Modell im Albvorlandtunnel

4D and 5D models in the Albvorlandtunnel

- Termin- und Kostensicherheit während der Ausführungsphase verbessern

Die langfristigen Ziele lehnen sich unter anderem an die BIM-Ziele an, die vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen des „Stufenplans Digitales Planen und Bauen“ definiert wurden. Diese umfassen sie beispielsweise die Erhöhung von Planungsgenauigkeit und Kostensicherheit sowie die Optimierung der Kosten im Lebenszyklus [3].

## 7 Die definierten BIM-Anwendungsfälle

Für die BIM-Implementierung im Modellierungsbereich West des Albvorlandtunnels wurden folgende Anwendungsfälle definiert:

### 3D-gestützte Planungsdetaillierung und Koordination

Der Anwendungsfall „3D-gestützte Planungsdetaillierung und Koordination“ beinhaltet die Modellierung eines 3D-Modells des betroffenen Bereichs mit allen notwendigen Geometrien und Objekten inklusive deren zugeordneten Informationen und Attributen (Bild 8).

Das 3D-Modell dient als Grundlage für Planungs- und Baubesprechungen sowie zur Verbesserung der Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten. Dabei werden mögliche Kollisionen frühzeitig erkannt und Planvarianten dargestellt. Darüber hinaus wird das 3D-Modell mit den technischen 2D-Plandokumenten verknüpft; dadurch werden Status und Übersichten der Planpakete nach Soll, Ist und Prognose erstellt. Des Weiteren werden auf Basis des 3D-Modells modellbasierte Mengen zur Plausibilitätsprüfung von Terminplanressourcen und LV-Positionen (Leistungsverzeichnis) ermittelt.

### 3D-supported Design Detailing and Coordination

The application case “3D-supported design detailing and coordination” includes the modelling of the 3D model of the relevant area with all necessary geometries and structures including the assigned information and attributes (Fig. 8).

The 3D model serves as a basis for design and construction meetings as well as for the improvement of communication between the parties to the project. Possible collisions can be detected early and design variants can be displayed. Furthermore, the 3D model is linked with the technical 2D design documents, producing status and overviews of the design packages as planned, actual and forecast. In addition, model-based quantities are determined on the basis of the 3D model for plausibility checking of schedule resources and bill items (bill of quantities).

### 4D and 5D Simulations

The 4D model of the model area of the Albvorland Tunnel is produced by linking the 3D model with the construction schedule. This is used as the basis for simulations, visualisations, analyses and optimisations of the scheduling feasibility. If the 4D model is regularly updated, evaluations of construction progress can also be carried out according to planned, actual and forecast situations. Continuous updating of the construction progress has the result that the effects on the schedule can be identified immediately and the appropriate countermeasures can be introduced.

In order to display the 5D model, the 4D model is linked to the corresponding unit prices and bill items. If performance reports, construction progress, state of works and costs (planned, actual, forecast) are continuously integrated, this model can be used for 5D-based project control (Fig. 9).

#### 4D- und 5D-Simulationen

Das 4D-Modell des BIM-Modellierungsbereichs im Albvorlandtunnel entsteht durch die Verknüpfung des 3D-Modells mit dem Bauablaufplan. Dieser wird als Grundlage für 4D-Simulationen, Visualisierungen, Analysen sowie Optimierungen der terminlichen Machbarkeit verwendet. Bei regelmäßiger Pflege des 4D-Modells lassen sich zudem Auswertungen des Bauablaufs und der Mengen und Ressourcen nach Soll, Ist und Prognose durchführen. Durch kontinuierliche Aktualisierungen des Baufortschrittes werden Auswirkungen im Terminplan sofort ersichtlich, und entsprechende Gegensteuerungsmaßnahmen können eingeleitet werden. Zur Darstellung des 5D-Modells wird das 4D-Modell mit den zugehörigen LV-Vertragspreisen und LV-Positionen verknüpft. Dieses Modell wird, bei kontinuierlicher Integration der bauteilbezogenen Leistungsmeldungen, Baufortschritte, Leistungsstände und Kosten (Soll, Ist, Prognose) zwecks 5D-basierter Projektsteuerung verwendet (**Bild 9**).

#### Berichtswesen (Reporting)

Der dritte Anwendungsfall für den Albvorlandtunnel, ist das Berichtswesen/Reporting. Dabei entstehen auf Basis der 3D-, 4D- und 5D-Modelle Darstellungen und Auswertungen der wesentlichen Kennziffern hinsichtlich der Termine, Kosten, Leistung und Planung. Die Auswertung wird in Form von Dashboards oder Cockpitsichten dargestellt.

## 8 Erfahrungen zum Thema BIM

Im Zuge des BIM-Einsatzes sind bereits einige Herausforderungen entstanden, die im Folgenden in Form von Hinweisen aus Auftraggebersicht dargestellt werden. Für eine erfolgreiche BIM-Umsetzung müssen die erwarteten BIM-Leistungen vorab im Rahmen einer Auftragsgeber-Informationsanforderung (AIA) genau definiert werden. Neben den zu definierenden BIM-Leistungen sollen ebenso die BIM-Prozesse transparent für alle Projektbeteiligten (AN, AG, Bauüberwachung usw.) vorhanden sein.

BIM erfordert Akzeptanz für die Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen. Deshalb ist eine aktive Einbindung von Führungskräften und Mitarbeiter/-innen im BIM-Veränderungsprozess durch Schulungen und Informationsveranstaltungen von zentraler Bedeutung. Darüber hinaus setzt die BIM-Methode eine partnerschaftliche und transparente Zusammenarbeit voraus und muss deshalb von allen Projektpartnern gelebt werden.

Schließlich muss für das gegenseitige Verständnis der Informationsbedürfnisse („end to end“) von Auftraggeber, Auftragnehmer und Behörden die Kommunikation und der Austausch weiter vertieft und verbessert werden. Insbesondere die aktive Anwendung in der operativen Arbeit muss vorangetrieben werden – so muss BIM aktiv in der täglichen Arbeit von möglichst vielen Beteiligten genutzt werden können. Building Information Modeling kann dann nicht mehr nur eine Methode sein, sondern vielmehr ein kultureller Wandel im Bauen. Hier befinden wir uns noch am Anfang, aber das große Potenzial und der notwendige Kulturwandel sind Motor dieser Pionierarbeit. 

#### Reporting

The third application case for the Albvorland Tunnel is reporting, with displays and evaluations of the essential figures regarding deadlines, costs, state of the works and design being produced based on the 3D, 4D and 5D models. The evaluations are produced in the form of dashboards or cockpit views.

## 8 Experiences with BIM Application

In the course of the BIM application, several challenges have already arisen, which are described below in the form of recommendations in the view of the client side. For the successful implementation of BIM, the expected BIM services have to be exactly defined as part of a client information request. In addition to the BIM services to be defined, the BIM processes should also be transparent for all project parties (client, contractor, supervision etc.).

BIM demands acceptance for the changes at various levels, so the active involvement of managers and employees in the BIM change process through training courses and information events is of central importance. Furthermore, the BIM method presumes transparent collaboration between partners and must therefore be experienced by all project partners.

Finally, communication and exchange of information have to be further intensified and improved for the reciprocal understanding of information needs (end-to-end) of client, contractor and authorities. In particular, active application in operative work has to be driven forward – BIM has to be actively used in the daily work of as many involved parties as possible. Building Information Modelling can then no longer be just a method but rather a cultural change in construction. We are still at the beginning here but the great potential and the necessary cultural change are the motor for this pioneer work. 

#### Literatur/References

- [1] Astour, H.; Schütt, B.; Wörner, C. (2016). BIM im Bahnprojekt Stuttgart-Ulm – Anwendung aus Auftraggebersicht. In: Tagungsband 2016 vom IPDC 2016 – Fachkongress. März 2017, Innsbruck, Österreich.
- [2] Hallfeldt, J.; Astour, H. (2016) Anwendungsfälle BIM beim Albvorlandtunnel. In: Tagungsband der Reihe WBIPRINT.
- [3] Stufenplan Digitales Planen und Bauen (2016). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).
- [4] Frahm M.; Astour H (2016). Planung und Bau des Albvorlandtunnels mit besonderer Berücksichtigung der BIM-Methodik. Geotechnik Seminar WS 2016 HFT Stuttgart, Universität Stuttgart.

## Druckstollen unter harten Bedingungen

Die albanische Kleinstadt Moglicë befindet sich durch den Bau des Wasserkraftwerks Moglicë im Aufschwung. Das Kraftwerk ist Teil eines neuen Projekts des Energiekonzerns Devoll Hydropower zur Steigerung der Stromproduktion des Landes um 17 %. Gemeinsam mit dem nahe gelegenen Wasserkraftwerk Banja wird die neue Anlage eine jährliche Produktionskapazität von 242 MW haben. Mindestens 200 Menschen, die zuvor nach Griechenland ausgewandert waren, sind in die einst sterbende Ortschaft zurückgekehrt und wirken nun mit am Bau des Wasserkraftwerks. Doch das Projekt hat seine Herausforderungen – die abgeschiedene Lage, das bergige Gelände und die komplexen Bodenbedingungen gestalten den Bau des Kraftwerks und seines 6,7 km langen Druckstollens alles andere als einfach.

## High-Stakes Headrace

Moglicë, Albania is a small town on the upturn due to construction of the Moglicë Hydropower Station – part of a new project known as Devoll Hydropower that will increase the country's electricity production by 17 %. The new station, together with the nearby Banja Hydropower Station, will have an annual generating capacity of 242 MW. Once a dying community, residents are returning to Moglicë and finding work at the hydropower construction. At least 200 people have returned to the community after emigrating to Greece. But the project has not been without challenges: the remoteness of the jobsite, the mountainous terrain, and the complex geology make the excavation of the power station and its 6.7 km long headrace tunnel anything but simple.

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

Die mit dem Bau des Druckstollen beauftragte ARGE der Firmen Limak und AGE wählte für den Vortrieb durch Ophiolith, Flysch, Mélange und Brekzien mit der Aussicht auf Wasserzufluss von bis zu 20 bar eine spezielle Tunnelbohrmaschine (TBM). Die Robbins Crossover XRE TBM mit 6,2 m Durchmesser ist die erste Maschine dieser Art, die in Europa eingesetzt wird (**Bild 1**). Sie ist konstruiert worden mit Merkmalen einer Hartgestein-Doppelschild-Maschine sowie mit denen einer Erddruck-Vortriebsmaschine.

### Energie für die Bevölkerung

Derzeit wird fast die gesamte Stromversorgung Albanien von alternden Wasserkraftwerken erzeugt, die aufgrund der zunehmenden regenarmen Zeiten immer weniger Leistung erbringen können. Um dem entgegenzutreten hat die Devoll Hydropower Sh.a., eine in Albanien eingetragene Firma im Besitz des norwegischen Energieunternehmens Statkraft AS, das Devoll Wasserkraftwerk-System projektiert. Die Pläne für Moglicë sehen einen Staudamm vor, der mit Steinbruchmaterial gefüllt und mit einer Asphaltinnenabdichtung versehen ist. Der Damm wird 320 m lang, 150 m hoch und 460 m breit werden und das Wasser aus dem Fluss Tergi speichern. Nach Abschluss der Bauarbeiten wird der Damm weltweit der höchste seiner Art sein und eine Speicherkapazität von etwa

The JV contractor responsible for the headrace tunnel, Limak/AGE, opted for a unique type of TBM to bore in ophiolite, flysch, mélange and breccia with suspected water inflows up to 20 bar. The 6.2 m diameter Robbins Crossover XRE TBM is the first such machine to be used in Europe (**Fig. 1**), and has been designed with features of both hard rock Double Shield and EPB TBMs.

### Power to the People

Currently, nearly all of Albania's electricity is provided by aging hydroelectric power plants, which are becoming ineffective due to increasing droughts. In answer, Devoll Hydropower Sh.A., an Albanian registered company owned and operated by the Norwegian power company Statkraft AS devised the Devoll Hydropower Scheme. The plans at Moglicë involve an asphalt-core rock-fill dam that will be 320 m long, 150 m high, and 460 m wide, and will store water from the Tergi River. The dam is anticipated to be the world's highest of its kind upon completion, with storage capacity of about 360 million m<sup>3</sup>. The accompanying reservoir will have a surface area of 7.2 km<sup>2</sup>. The energy generated by the Devoll Hydropower Project will eventually supply more than 300 000 Albanian households. In addition the construction of both the Moglicë and Banja Hydropower Stations will result in construction and upgrades to more than 100 km of roads and bridges in remote areas.

360 Millionen m<sup>3</sup> erreichen. Der gestaute See wird eine Oberfläche von 7,2 km<sup>2</sup> haben. Die vom Devoll Wasserkraft-Projekt erzeugte Energie wird letztendlich die Versorgung von mehr als 300 000 albanischen Haushalte sicherstellen können. Hinzu kommt auch, dass der Bau der Wasserkraftwerke in Moglicë und Banja zum Bau neuer Verkehrswege und zur Sanierung von mehr als 100 km Straßen und Brücken in abgelegenen Gebieten führen wird.

### Crossover TBM für komplexe Bodenbedingungen

Das Risiko, beim Vortrieb im Sandstein und Schluffstein-Flysch in der Mitte des TBM-Tunnels auf hohen Wasserdruck zu stoßen, wurde als hoch eingestuft. In diesem Abschnitt könnten Sandsteine höherer Permeabilität mit Kalkstein aus dem Norden verbunden sein, wo eine Anzahl von Quellen auf einen Wasserstand von etwa 950 m über der Quelllinie vermutet wird. Mit anderen Worten, das Wasser steht etwa 400 m über dem Tunnel. Dies könnte lokal hohen Wasserdruck beim Tunnelvortrieb zur Folge haben. Für den Rest des Tunnels wird das Risiko als gering



1 Die Crossover XRE TBM mit 6,2 m Durchmesser ist die erste Maschine dieser Art, die in Europa eingesetzt wird

The 6.2 m diameter Crossover (XRE) TBM is the first Crossover machine to be used in Europe

### Crossover TBM: A Solution for complex Geology

The risk of encountering high water pressure was assessed as high for the section of sandstone and siltstone flysch at the middle of the TBM tunnel. In this section, more permeable sandstones could be connected to limestones in the north, where a number of springs indicate a water level at about 950 m above spring line. In other words, the water is some 400 m above the tunnel. This could implicate locally high water pressure during tunnelling. For the rest of the tunnel the risk is assessed to be low.

To best bore through the highly variable ground, a Double Shield-type machine (**Fig. 2**) with special Crossover features was selected. **Table 1** displays a list of specifications that were taken into account in the design of this machine.

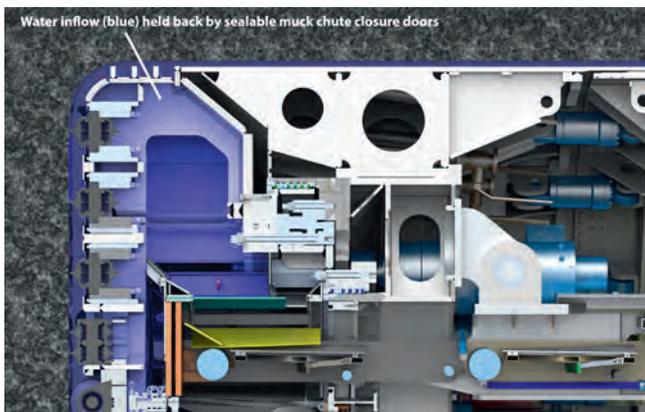
### Seals

Since the machine may encounter unstable ground and large amounts of water, there are a few features that set the TBM apart from a standard Double Shield machine. In order to seal off the machine from an inrush of water, measures

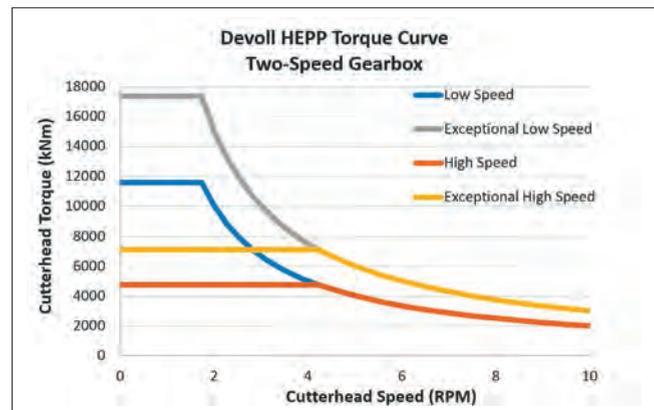


2 Seit Vortriebsaufnahme Ende November 2016 ist die Maschine vor allem auf Schluffstein-Flysch gestoßen, hat etwa 230 m gebohrt (Stand: März 2017) und die Vortriebsleistungen stetig gesteigert

The Robbins machine is ramping up production: From late November 2016 until March 2017 it had bored 230 m of tunnel in primarily siltstone flysch



Quelle/credit (2): Robbins



- 3 Die Maschine kann mit Hilfe einer großen Verschlussklappe in der Druckwand, direkt über dem Förderband, gegen Wassereinträge mit Drücken bis zu 20 bar (im Bild blau eingefärbt) abgedichtet werden

The machine can be sealed against water inflows up to 20 bar (in blue) using a large sealing gate in the bulkhead just above the TBM belt conveyor

- 4 Die Devoll-Maschine ist mit Zweistufen-Vorgelegegetrieben ausgerüstet: Hohe Drehzahl bei niedrigem Drehmoment für harten Fels und niedrige Drehzahl bei hohem Drehmoment für weiches Gestein und/oder Formationen mit eingelagerten Felsbrocken

The Devoll machine utilizes two-speed gearboxes that allow the machine to operate in an EPB-like mode. High rpm/low torque can be used for hard rock and low rpm/high torque can be used for soft and/or blocky ground

### Technische Daten der Devoll XRE TBM

<b>Auslegungsparameter</b>	Kurvenradius (vertikal und horizontal)	300 m
	Gradient	± 0,5°
	Einaxiale Druckfestigkeit	Durchschnittlich 100 MPa
<b>Tübbingauskleidung</b>	Hydrostatischer Druck	20 bar
	Anzahl der Tübbinge	5 + 1 Schlusstein
	Tübbingbreite	1500 mm
<b>Durchmesser</b>	Tübbingstärke	250 mm
	Ringspaltverfüllung	Mörtel als einzelne Komponente
	Bohrdurchmesser	6,215 m
<b>Bohrkopftyp</b>	Bohrkopf	für Hartgesteinsvortrieb, optional Bestückung mit Werkzeugen für Weichgesteinsvortrieb
	Diskens	17" Diskendurchmesser, Rückwärtslader
<b>Bohrkopfantrieb</b>	Bohrkopfantriebsleistung	10 x 210 kW = 2.100 kW
	Bohrkopfdrehzahl (kleiner Gang)	0–1,73 U/min (konstanter Drehmomentbereich)
1,73–4,18 U/min (konstanter Leistungsbereich)		
Bohrkopfdrehzahl (großer Gang)	0–4,22 U/min (konstanter Drehmomentbereich)	
	4,22–8,19 U/min (konstanter Leistungsbereich)	
	8,19–10,18 U/min (reduzierter Leistungsbereich)	
	Losbrechmoment	17 370 kNm
	Maximaler Vorschub	26 068 kN
<b>TBM-Förderband</b>	Förderband	variable Geschwindigkeit, hydraulischer Antrieb
<b>Sondierbohren/Gebirgsstützung</b>	Sondierbohrgerät/Mörtel	11 Bohrgassen; 1 Bohrgerät
<b>Schutzausrüstung</b>	Methanmessschnüffler	4 Stationen
	Explosionsgeschützte Erddruck-Sensoren	2 Stationen
<b>Maße und Gewicht</b>	Gesamtlänge	140 m
	Gewicht der Tunnelbohrmaschine	492 Tonnen

Tabelle 1: Technische Daten der Devoll TBM

eingeschätzt. Für besten Vortrieb durch die sehr unterschiedlichen Böden wurde eine Doppelschild-Maschine (**Bild 2**) mit speziellen Crossover-Funktionen ausgewählt. **Tabelle 1** zeigt eine Liste der technischen Daten, die bei der Konstruktion berücksichtigt wurden.

### Dichtungen

Da die Maschine auf instabilen Boden und große Wassermengen stoßen kann, gibt es einige Merkmale, die diese TBM von einer standardmäßigen Doppelschild-Maschine unterscheiden. Um die Maschine gegen Wassereintrich abzudichten wurden Sicherheitsmaßnahmen getroffen gegen Drücke bis zu 20 bar. Hauptlagerdichtungen aus einer Reihe von vier äußeren Dichtungen und einer Reihe von vier inneren Dichtungen wurden vorgesehen. Fett wird in die Dichtungskammern gepumpt und damit ein konstanter Fettdruck in der Dichtung aufrechterhalten. Die Schildverspannung und das innere Teleskopschild sind ebenso mit einer zweireihigen Dichtung und mit konstanter Fettdruckbeaufschlagung sowie einer aufblasbaren Dichtung ausgerüstet, die bei plötzlichem Wassereintrich aktiviert wird.

were taken to ensure safety in pressures up to 20 bars. Extra main bearing seals were added, consisting of a row of four outer seals and a row of four inner seals. Between all the seal cavities, grease is pumped in to ensure a constant grease cavity pressure is achieved. The stabilizer and gripper shoes are also sealed with a double row of seals and with constant grease cavity pressure in-between. The gripper shoes and inner telescopic shield are sealed with inflatable seals. These are inflated to seal off the gripper shoes and inner telescopic shield areas from the water inrush.

### Muck Chute

Arguably the most important feature on the Devoll TBM is the muck chute. Since the TBM's conveyor is a belt conveyor and is not enclosed like a screw conveyor, it must be sealed off in the event of an inrush of water. The bulkhead has a large sealing gate just above the belt conveyor (**Fig. 3**). This is a pressure relieving gate, which can also be used in a semi-EPB mode: As the pressure builds in the cutting chamber, the gate is opened by the pressure, and material spills onto the belt. As the pressure is relieved, the gate then

Devoll XRE TBM Specifications		
<b>Design parameters</b>	Curve radius (vertically and horizontally)	300 m
	Gradient	± 0.5°
	UCS	Average 100 MPa
	Hydrostatic pressure	20 bar
<b>Segmental lining</b>	Number of segments	5 + 1 key
	Segment width	1500 mm
	Segment thickness	250 mm
	Segment backfill	Single component grout
<b>Diameter</b>	Bore diameter	6.215 m
<b>Cutterhead style</b>	Cutterhead	hard rock with optional soft ground tools
	Cutters	17" disc cutters, back-loading
<b>Cutterhead drive</b>	Cutterhead power	10 x 210 kW = 2,100 kW
	Cutterhead speed (low gear)	0-1.73 rpm (constant torque range)
		1.73-4.18 rpm (constant power range)
	Cutterhead speed (high gear)	0-4.22 rpm (constant torque range)
4.22-8.19 rpm (constant power range)		
8.19-10.18 rpm (reduced power range)		
	Breakout torque	17 370 kNm
	Maximum thrust	26 068 kN
<b>TBM conveyor</b>	Belt conveyor	variable speed, hydraulic drive
<b>Exploration/ground support</b>	Probe drill/grout	11 peripheral ports; 1 drill
<b>Protection</b>	Methane monitors	4 locations
	Explosion-proof EPB sensors	2 locations
<b>Weights and dimensions</b>	Total length	140 m
	TBM weight	492 tonnes

**Table 1:** Devoll TBM specifications



5 Aufgrund der Abgeschlossenheit der Baustelle wurde die Erstmontage der Maschine mit der OFTA-Methode (Onsite First Time Assembly) durchgeführt  
Due to the remoteness of the area and unpaved roads, the machine was assembled at the jobsite using Onsite First Time Assembly

### Bohrguttrichter

Das wohl wichtigste Merkmal der Devoll Tunnelbohrmaschine ist der Bohrguttrichter. Das TBM Förderband kann nicht wie ein Schneckenförderer abgeschlossen werden und muss gegen plötzlichen Wassereintrich abdichtbar sein. Die Druckwand ist mit einer großen Verschlussklappe über dem Förderband versehen (Bild 3). Diese Klappe fungiert als Druckentlastungsöffnung und kann auch für den sogenannten Semi-EPB Modus eingesetzt werden: Mit steigendem Druck in der Abbaukammer öffnet sich die Druckklappe und entlässt das Bohrgut auf das TBM-Förderband. Mit fallendem Druck schließt die Klappe wieder von selbst und dichtet die Abbaukammer ab. In Fällen hohen Druckes wird die Klappe druckdicht verschlossen und das Sondierbohrgerät wird eingesetzt für Aufschluss- und Injektionsbohrungen zur Bodenverbesserung und Abdichtung gegen Wasserzufluss.

### Hauptantriebe

Die Devoll-Maschine ist mit neuen Zweistufen-Vorgelegegetrieben für Vortrieb im EPB-ähnlichen Modus ausgerüstet. Die Getriebe bieten eine einfache Umschaltung zwischen zwei Geschwindigkeiten bei Vortrieb in wechselnden Gebirgsformationen. Hohe Drehzahl bei niedrigem Drehmoment für Bohren in hartem Fels und niedrige Drehzahl bei hohem Drehmoment für Vortrieb in weichem Gestein und/oder Formationen mit eingelagerten Felsbrocken. Mit Anwendung des Losbrechmoments kann die Maschine in extremen Gebirgsformationen befreit werden (Bild 4).

automatically close, again sealing off the chamber. In extreme cases, the gate can be sealed and the probe/grout drills can be used to forward drill and grout for ground consolidation and to seal off the water.

### Main Drives

The Devoll machine utilizes new two-speed gearboxes that allow the machine to operate in an EPB-like mode. The gearboxes allow for ease of shifting between two speeds in differing ground conditions. High rpm/low torque can be used for hard rock and low rpm/high torque can be used for soft and/or blocky ground. Breakout torque can be used to free the TBM in difficult ground conditions (Fig. 4).

### Onsite First Time Assembly and Machine Launch

Due to the remoteness of the area, the machine was assembled using Onsite First Time Assembly (OFTA) (Fig. 5). The Robbins-developed method passes time and cost savings onto the contractor by initially assembling the TBM at the jobsite. Critical sub-assemblies such as the electric and hydraulic systems are tested in a shop. Logistics of the assembly were somewhat challenging – a crane large enough to lift the heaviest components was not locally available, so contractor Limak/AGE hired a heavy-lift crane from the Balkans to lift the cutterhead, shields, and other large components (Fig. 6). Since its initial launch in late November 2016, the machine has mainly encountered siltstone flysch, and has bored approximately 230 m, slowly ramping up its production. The machine has since stopped in order to install a Robbins Continuous Conveyor System for muck removal, which will speed up production. The Moglicë Hydropower Plant construction is expected to be completed in 2018. 

### Erstmontage der Maschine auf der Baustelle und Anfahren

Die Abgeschlossenheit der Baustelle bewog dazu, die Erstmontage der Maschine auf der Baustelle durchzuführen und die von Robbins entwickelte Methode OFTA (Onsite First Time Assembly) anzuwenden (**Bild 5**). Technisch anspruchsvolle Baugruppen, wie beispielsweise die elektrischen und hydraulischen Systeme, werden dabei vorher in einer Werkstatt getestet.

Die Durchführung der Montage war recht anspruchsvoll – es gab vor Ort keinen Kran, der groß genug war, um die schwersten Komponenten zu heben; also musste die ARGE Limak/AGE einen Schwerlastkran aus dem Balkanraum bestellen, um den Bohrkopf, die Schilde und andere große Bauteile zu heben (**Bild 6**).

Seit Vortriebsaufnahme Ende November 2016 ist die Maschine vor allem auf Schluffstein-Flysch gestoßen, hat etwa 230 m gebohrt und die Vortriebsleistungen stetig gesteigert. Die Maschine wurde zwischenzeitlich angehalten, um ein Robbins Tunnelförderband für die Bohrgutabfuhr einzubauen, mit dessen Hilfe die Produktion weiter beschleunigt werden soll. Die Bauarbeiten für das Moglicë Wasserkraftwerk werden voraussichtlich im Jahr 2018 abgeschlossen sein. 



Quelle/credit (2): Robbins

- 6 Da vor Ort kein ausreichend dimensionierter Kran verfügbar war, musste ein Schwerlastkran aus dem Balkanraum beschafft werden, um den Bohrkopf, die Schilde und andere große Bauteile zu heben

A heavy lift crane was not available locally for the onsite assembly, so a crane was sourced from the Balkans to lift the cutterhead, shields, and other large components

## GIPO TUNNEL GIPOSTAT B 1385



### GIPO AG

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

## Rectangular Pipe Jacking

Kürzere Tunnel oder kleinere unterirdische Bauten in Stadtgebieten werden meist in offener Bauweise erstellt. Das Verfahren birgt jedoch einige Nachteile, wie die Unterbrechung des Verkehrs, umfangreiche Stabilisierungsmaßnahmen für die Umgebungsbebauung sowie Staub- und Lärmemissionen. Um diese Begleiterscheinungen der Bautätigkeit zu reduzieren, wurde das Rectangular Pipe Jacking, eine Rohrvortriebmethode mit rechteckigem Ausbruchquerschnitt, entwickelt. Wie im konventionellen Rohrvortrieb, müssen dafür nur kleine Start- und Zielschächte ausgehoben werden, wofür meist keine Straßensperrungen nötig sind.

## Rectangular Pipe Jacking

In case of shorter tunnels or smaller underground structures in urban areas, most of the construction projects employ the cut-and-cover method. This method bears a couple of disadvantages, such as interruption of traffic, requirement of extensive additional measures to stabilize surrounding buildings, emission of dust and noise. To reduce these side effects of construction activities, the application of rectangular pipe jacking excavation has been developed. As common in conventional pipe jacking, a small launch and receipt shaft must be excavated, which can usually be done without traffic closing.

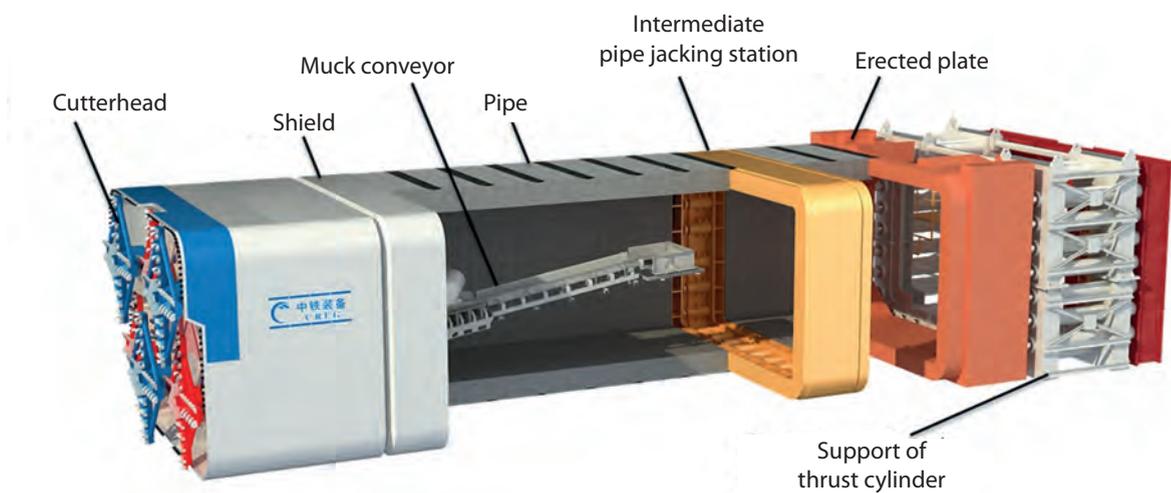
Lianhui Jia, M. Eng., CREG, Vice Director of R&D Department, Zhengzhou, China

### Aufbau der Maschine

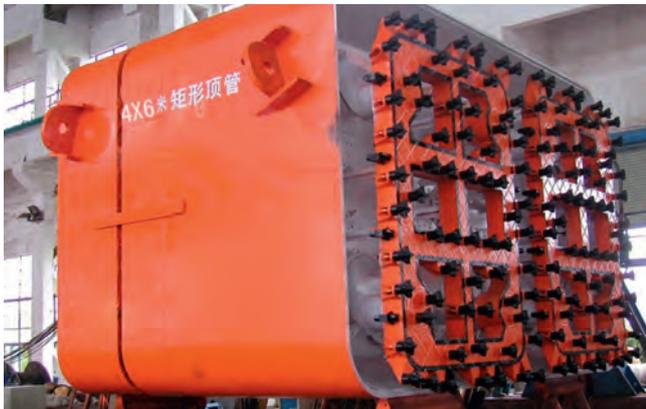
Rectangular Pipe Jacking wurde in den 1970ern entwickelt und erstmals erfolgreich bei einer Unterführung in Tokio angewendet. Nach einigen Jahren der Forschung und Entwicklung wurde diese Bautechnologie, mit der Breiten über 6 m und Höhen von mehr als 3 m erreicht werden konnten, in Asien populär. Derzeit ist sie in verschiedenen Boden- und verwitterbaren Gesteinsschichten (einaxiale Druckfestigkeiten: 0–10 MPa) im EPB-Vortrieb einsetzbar.

### Machine Design

In the 1970s rectangular pipe jacking was developed and successfully applied for the first time in a Tokyo underground passage. After several years' research and development, rectangular pipe jacking construction technology with widths of more than 6 m and heights exceeding 3 m became popular in Asia. At present, rectangular pipe jacking is applicable in a range of soil stratum and weak rock stratum (UCS: 0 to 10 MPa), with Earth Pressure Balance (EPB) excavation mode.



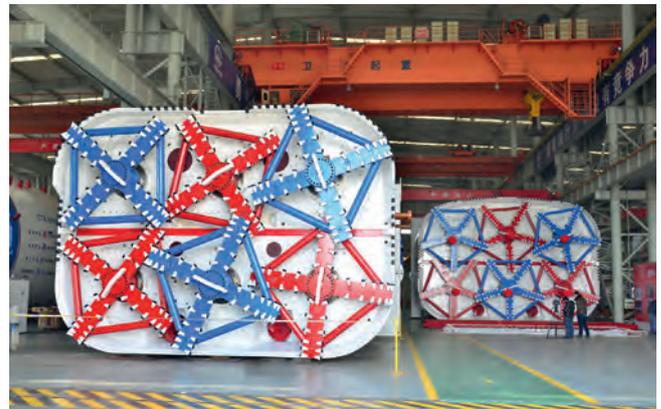
1 Rectangular-Pipe-Jacking-Maschine  
Rectangular pipe jacking machine



Quelle/credit (4): CREG

2 Technologien für rechteckige Ausbruchquerschnitte, Beispiel 1: Exzentrischer mehrachsiger Bohrkopf

Cutting technologies for rectangular excavation, example 1: Eccentric multi shaft cutter head

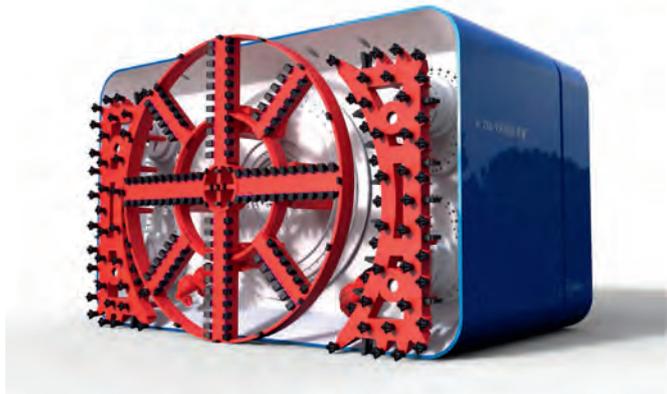


3 Technologien für rechteckige Ausbruchquerschnitte, Beispiel 2: Multi-Bohrkopf mit mehreren Schneidrädern

Cutting technologies for rectangular excavation, example 2: Multi cutting wheel concept

Die EPB-Maschinen für das Rectangular Pipe Jacking bestehen aus dem Schneidkopf, dem Antriebssystem, dem Schild, Schneckenförderern, Nachläufern und Schubsystemen (**Bild 1**). Die rechteckige Form des Ausbruchquerschnitts wird durch die Anordnung mehrerer Schneidköpfe und den rechteckigen Schild realisiert. Dieser besitzt einen Frontschild, der über Gelenkzylinder mit dem Heckschild verbunden ist. Im Frontschild sind der Antrieb aller Schneidköpfe und die Förderanlage mit einem oder zwei Schneckenförderern untergebracht. Wie beim EPB-Vortrieb üblich, transportiert die Schneckenförderung den Abraum und reguliert dabei den Erddruck. Die Nachläufer sind mit Systemen zur Bodenconditionierung, wie Bentonit- und Schaumanlagen, Lüftungsgebläse, Hochdruck-Wassereinspeisung, Abraumförderern usw. ausgestattet. Der Vortrieb wird im Wesentlichen gewährleistet durch Presszylinder mit Schubrahmen und Stützrahmen. Es können Zwischendehnerstationen eingebaut werden, um die Einzelabschnitte des Betonrohrs nacheinander vorzutreiben.

Der Ausbruch erfolgt durch mehrere Schneidköpfe mit hydraulischem oder elektrischem Antrieb. Während des Vortriebs ist es möglich, Bentonit oder Schaum in die Abbaukammer zu injizieren, um den Erddruck und den Materialfluss zu optimieren. Zwar können sich die Schneidköpfe synchron bewegen, aber um die Vermischung des Bodens zu erhöhen und den Materialfluss zu verbessern können die Schneidköpfe auch individuell oder einander entgegengesetzt rotieren. Beim Vortrieb presst das Schubsystem im Startschacht das Rohr und die Maschine



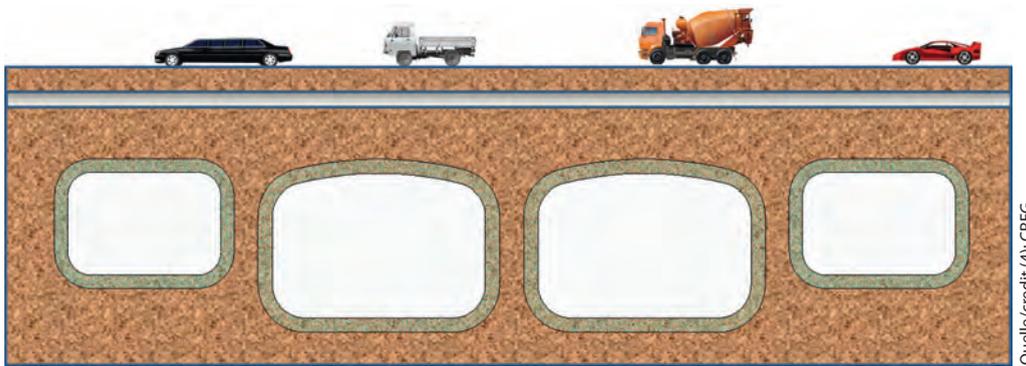
4 Technologien für rechteckige Ausbruchquerschnitte, Beispiel 3: Kombination aus exzentrischem mehrachsigem Bohrkopf und Schneidrad

Cutting technologies for rectangular excavation, example 3: Combination of eccentric multi shaft cutter head and cutting wheel

EPB rectangular pipe jacking machines consist of cutter head, drive system, shield structure, screw conveyor, back-up gantries and thrust systems (**Fig. 1**). The rectangular excavation shape is implemented by the arrangement of multiple cutter heads and the rectangular shield structure. The shield includes a front shield, which is connected by articulation cylinders to the rear shield. In the front shield the drive system of each cutter head and the conveying system consisting of one or two screw conveyors is located. The screw is conveying the muck and controlling the earth pressure as common in the EPB technique. The back-up gantries are equipped with soil conditioning systems like bentonite and foam plants, ventilation fan, high pressure water supply systems, muck conveyor etc. The thrust device consists mainly of thrust frame, support frame and thrust cylinders. Intermediate jacking stations can be installed to successively push separate sections of the concrete pipe forward.

The ground is excavated by several cutter heads which can be hydraulically or electrically driven. During excavation bentonite and foam can be injected in the cutter head chamber to control the earth pressure and the material flow. The rotation of the cutter heads can be synchronized, but to increase the mixing of ground and to improve the muck flow each cutter head can also rotate individually and counter rotate. During excavation the thrust system at the launching shaft pushes the pipe and the machine forward. After pushing one segment forward the thrust cylinders are retracted and the next concrete ring can be placed into the thrust frame.

The ground is excavated by several cutter heads which can be hydraulically or electrically driven. During excavation bentonite and foam can be injected in the cutter head chamber to control the earth pressure and the material flow. The rotation of the cutter heads can be synchronized, but to increase the mixing of ground and to improve the muck flow each cutter head can also rotate individually and counter rotate. During excavation the thrust system at the launching shaft pushes the pipe and the machine forward. After pushing one segment forward the thrust cylinders are retracted and the next concrete ring can be placed into the thrust frame.



Quelle/credit (4): CREG

5 Querschnitt durch die Straßenunterführung an der Zhongzhou Avenue in Zhengzhou, China  
Cross section of Zhongzhou Avenue underpass project in Zhengzhou, China

nach vorn. Nach einem solchen Hub werden die Vortriebspresen zurückgezogen und der nächste Betonring wird in den Schubrahmen eingesetzt.

Es wurden bisher drei verschiedene Technologien für rechteckige Ausbruchquerschnitte entwickelt (**Bilder 2–4**):

- Exzentrisch mehrfach gelagerter Bohrkopf, dessen Werkzeuge das anstehende Gebirge in Form einer Wischbewegung abbauen
- Mehrfach-Schneidrad
- Kombination aus exzentrischem mehrfach gelagertem Bohrkopf und mehreren Schneidrädern

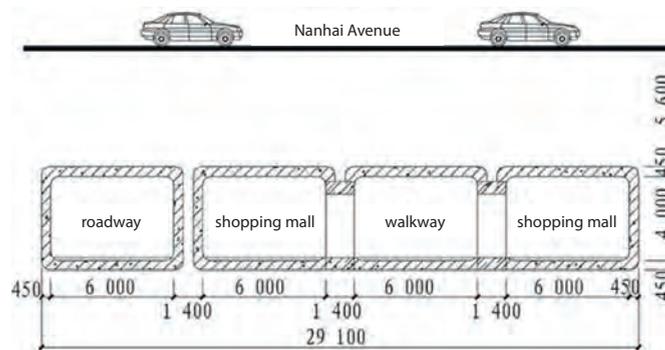
### Anwendung in der unterirdischen Stadtentwicklung

Nach der erfolgreichen Einführung des Rectangular Pipe Jackings in Asien wurde das Verfahren konstruktiv und hinsichtlich seiner Leistung stetig verbessert. Die folgenden abgeschlossenen oder geplanten Projekte sollen seine Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten in Stadtgebieten aufzeigen.

#### Unterquerung von Verkehrswegen

In Zhengzhou, China, wurde weltweit erstmalig eine Straßenunterführung mittels Rectangular Pipe Jacking realisiert (Zhongzhou-Avenue-Projekt). Dafür kamen zwei Jacking-Maschinen von CREG mit einem Mehrfach-Schneidrad und einem Querschnitt von etwa 10 m x 7,5 m bzw. 7,5 m x 5,7 m zum Einsatz.

Der Boden bestand hauptsächlich aus Schluff und schluffigem Ton. Auf einer Länge von 105 m zwischen Start- und Zielschacht fuhren die Rectangular-Pipe-Jacking-Maschinen vier Tunnel auf – zwei Straßentunnel in der Mitte, flankiert von zwei weiteren Tunneln mit je einer Fußgänger- und einer Radspur (**Bild 5**). Die geringe Tiefe mit einer Mindestüberdeckung von nur 3 m, die große Breite der Tunnel und der geringe Abstand von nur 1 m zwischen



6 Querschnitt durch die unterirdische Gewerbefläche Huiyunjin  
Cross section of Huiyunjin underground commercial space

In the past, three different cutting technologies for rectangular excavation have been developed (**Figs. 2–4**):

- Eccentric multi shaft cutter head which is wiping with the tools on the face
- Multi cutting wheel concept
- Combination of eccentric multi shaft cutter head and multi cutting wheel concept

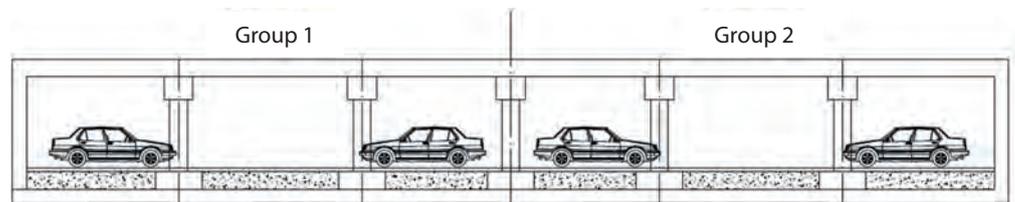
### Application in urban Underground Space Development

Following the successful development of rectangular pipe jacking in Asia, its construction and performance have been continuously improved. In the following, typical completed or future project cases show the development and applications of rectangular pipe jacking in urban areas.

#### Passing under Traffic Routes

The world's first underpass of a traffic road excavated with a Rectangular Pipe Jacking machine was executed in Zhengzhou, China (Zhongzhou Ave. project) Two jacking machines manufactured by CREG came into use, equipped with a multi cutting wheel and a shape of approximately 10 m x 7,5 m respectively 7,5 m x 5,7 m.

The geological formation of this project was mainly silt and silty clay. Over a distance of 105 m between starting and receipt shafts, the rectangular pipe jacking machines were utilized to build four tunnels – two motorways in the middle, flanked by two non-motorized lanes for pedestrians and bikers, one on each side (**Fig. 5**). This project was characterized by shallow depth with a minimum overburden of only 3 m, the large width of the tunnels and small spacing of only 1 m between the tunnels. After the first machine was launched in March 2014 in Zhongzhou Avenue project, it achieved good construction performance with only 28 mm of maximum surface settlement. The motorway tunnels were completed within 30 days for each tunnel,



7 Querschnitt durch ein unterirdisches Parkhaus  
Cross section of underground parking lot

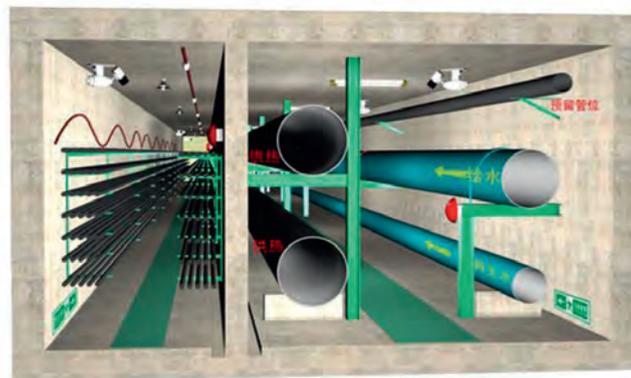
den Tunneln zeichneten dieses Projekt aus. Die erste Maschine startete im März 2014 an der Zhongzhou Avenue und erzielte gute Leistungswerte bei nur 28 mm Oberflächensetzung. Die Straßentunnel wurden jeweils innerhalb von 30 Tagen mit einer täglichen Vortriebsrate von 3–4 m fertiggestellt. Die Fußgängertunnel waren in je 25 Tagen aufgeföhren.

#### Unterirdische Gewerbefläche

Im chinesischen Foshan wurde 2012 im Zuge des „Starry Winking“-Projekts die unterirdische Gewerbefläche Huiyunjin unterhalb der Nanhai Avenue fertiggestellt. Per Rectangular Pipe Jacking wurden vier parallele Tunnel mit einem Querschnitt von je 6,9 m x 4,9 m erstellt, die anschließend miteinander verbunden wurden. Somit konnte dieses unterirdische Einkaufszentrum ohne offene Baugrube entstehen. Die Tunnel haben von Nord nach Süd folgenden Funktionen: Einkaufszentrum, Fußgängerbereich, Einkaufszentrum, Straße (Bild 6). Der Fußgänger- und die Einkaufsbereiche sind über Querschläge von 6,3 m x 3 m bzw. 5 m x 3 m miteinander verbunden. Im nördlichen Tunnel wurde eine Öffnung von 5 m x 3 m vorgesehen, um eventuell einen Anschluss an die Guicheng Station der Metrolinie 3 von Foshan bereitzustellen.

#### Unterirdisches Parkhaus

Mitte 2016 hat der führende chinesische Produzent von Tunnelbohrmaschinen CREG mit der maschinellen Erstellung eines experimentellen unterirdischen Parkhauses mittels Rectangular Pipe Jacking begonnen. Zum Einsatz kommt dafür eine Rectangular-Pipe-Jacking-Maschine von 5,74 m x 5,02 m Größe. Damit werden parallel drei bis sechs Tunnel aufgeföhren. Sobald diese fertiggestellt sind, werden die Seitenwände entfernt und die Parkfläche, wie in Bild 7 zu sehen, hergestellt.



8 Übersicht über einen multifunktionalen Versorgungsgang  
Overview of a multifunctional utility corridor

at an average daily advance of 3–4 m, while the pedestrian tunnels were completed within 25 days each.

#### Underground commercial Space

In 2012 the Huiyunjin underground commercial space underneath Nanhai Avenue was completed in connection with the Foshan city „Starry Winking“ project, China. Four tunnels were excavated in parallel with rectangular pipe jacking machines, each single tunnel cross section

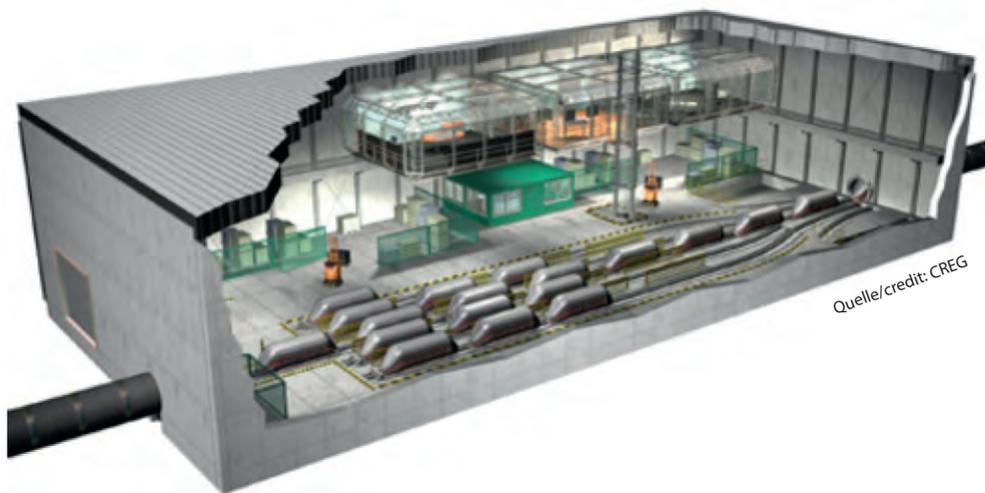
measuring 6.9 m x 4.9 m. After finishing the excavation works the tunnels were interconnected to complete the underground commercial center without an open cut. The functions of four tunnels from north to south are: shopping mall, walkway, shopping mall, roadway (Fig. 6). The walkway and the shopping mall areas are connected by cross passages measuring 6.3 m x 3 m, respectively 5 m x 3 m. In the northern tunnel an opening of 5 m x 3 m was reserved to provide a possibility for a future connection with Guicheng station of Foshan Metro No. 3.

#### Underground Parking Project

In mid-2016, CREG, the leading Chinese Tunnel Boring Machine supplier, launched the mechanized construction of an experimental underground car parking project by using rectangular pipe jacking. The adopted construction equipment is a rectangular pipe jacking machine, measuring 5.74 m x 5.02 m. By pipe jacking three to six tunnels are excavated in parallel. After having excavated the tunnels the side walls are partly removed and the parking area can be established as shown in Fig. 7.

#### Utility Corridors

In order to make economic use of the limited urban space, avoid superfluous construction, and to provide reserve space for other underground works, many cities make an overall plan for the comprehensive



9 Konzeptskizze eines urbanen, unterirdischen Logistiksystems  
Concept of urban underground logistics system

### Versorgungsgänge

Um den begrenzten städtischen Raum bestmöglich zu nutzen, unnötige Bauarbeiten zu vermeiden und Reserveflächen für unterirdische Projekte vorzuhalten, erstellen viele Kommunen einen umfassenden Entwicklungsplan für städtische Versorgungsleitungen. In einem integrierten Tunnel können gleichzeitig Strom- und Kommunikationskabel, Wasser- und Gasleitungen untergebracht (Bild 8) sowie spezielle Wartungsöffnungen, Befestigungspunkte für Hebezeuge und Überwachungssysteme vorgesehen werden. Weder für den Bau noch für die Instandhaltung muss dann die Straße aufgerissen oder die Funktionsfähigkeit der Transportsysteme eingeschränkt werden.

Neue Stadtentwicklungsvorhaben können zwar in offener Bauweise erstellt werden, aber für umfangreiche Rohrleitungsprojekte in bestehenden Stadtgebieten ist dieses Vorgehen nicht immer möglich. In solchen Fällen ist der unterirdische Vortrieb durch Rectangular Pipe Jacking eine gute Alternative, die im Vergleich zu Kreisquerschnitten zudem noch die maximale Ausnutzung des rechteckigen Ausbruchquerschnitts erlaubt.

Bisher wurden noch keine großen Leitungsbauprojekte mit Rectangular Pipe Jacking realisiert. Aber 2015 wurde dieses Verfahren in der chinesischen Provinz Shandong für eine kommunale Baumaßnahme eingesetzt, wo mit einer 2,2 m x 2,5 m großen Maschine erfolgreich ein Abwassersammelkanal aufgeföhren wurde. Bei diesem Projekt konnten wertvolle Erfahrungen für die Nutzung des Rectangular Pipe Jacking in großen Rohrleitungsbaumaßnahmen gesammelt werden.

### Weitere Anwendungsmöglichkeiten

#### Unterirdische Logistikkanäle

Die Straßen in den großen Städten Asiens sind besonders überlastet, aber meist können sie aus Umweltschutzgründen oder aus Platzmangel nicht dem Bedarf entsprechend erweitert werden. Zudem hat die rasante Entwicklung des Internethandels die Logistikbranche vor neue Herausforderungen gestellt. Die Warenmenge,

development of municipal pipelines. An integrated pipe gallery can simultaneously contain power and communication cables, water supply and gas pipes, as shown in Fig. 8, including special maintenance ports, suspension points and a monitoring system. Neither construction nor maintenance will involve temporary damage to the road or impair the operational capability of transportation systems. For new urban development projects, cut-and-cover construction can be adopted, but for comprehensive pipeline projects in existing urban districts, open cut excavation is not always applicable. Underground excavation with rectangular pipe jacking is a favourable option, allowing for a maximum utilization of the rectangular cross section, compared to tunnels with circular cross sections.

So far rectangular pipe jacking has not been used in a major pipeline construction scheme. But in 2015 a municipal pipeline project in the Chinese Shandong province has adopted this method. An interceptor sewer construction was carried out with a 2.2 m x 2.5 m machine, achieving good results. This project helped in accumulating valuable experience for the application of rectangular pipe jacking in comprehensive pipeline construction.

### Potential in other Underground Space Applications Underground logistical Channel

Especially in Asia some big cities' roadways are overstressed, but those highways often cannot be expanded due to environmental protection issues as well as a lack of sufficient space. In addition, the rapid development of electronic commerce brought new challenges to the logistics industry. The volume of goods ordered by customers online is becoming bigger, resulting in an increased frequency of deliveries. Aiming at this, the global logistics giant DHL proposed the "Urban Mole" idea, shown in Fig. 9. With robots moving through the underground pipe network, it can automatically pack goods and send them out along the track system. This underground logistical channel system will not be affected by weather and traffic congestion, and goods are less likely to be lost or damaged. Intelligent delivery and accurate distribution is achieved by automation and

die online bestellt wird, nimmt stetig zu; entsprechend steigt auch die Anzahl der Zustellungen. Als Lösungsvorschlag hat der globale Logistikgigant DHL die Idee des „Urban Mole“ ins Spiel gebracht (**Bild 9**). Dabei fahren Roboter durch ein unterirdisches Rohrsystem, die automatisch Waren aufnehmen und an ihren Bestimmungsort bringen können. Dieses unterirdische Logistiksystem ist unabhängig von Wetter und Straßenverkehr. Verlust oder Beschädigung von Waren kommen seltener vor. Automation und End-to-End-Steuerung ermöglichen die intelligente Zustellung und präzise Verteilung. Mit diesem Systementwurf könnten die Kosten reduziert, der Energieverbrauch verringert und die künstliche intelligente Versorgungsinfrastruktur in einer Stadt gefördert werden.

### Schwammstädte

Am 2. November 2014 hat das chinesische Ministerium für Wohnungsbau eine „Richtlinie für den Bau von Schwammstädten“ herausgegeben, worin der Bau städtischer Regenwassersysteme untersucht und die Erstellung eines Wasserkreislaufs gefordert wird, um Überschwemmungen in Städten zu verhindern. Es gibt bereits Pilotprojekte solcher Schwammstädte in China, und der dafür erforderliche Bau unterirdischer Wasserspeicher soll die Nachfrage nach der Rectangular Pipe Jacking Technologie noch weiter steigern. Denn damit lassen sich große Wasserspeicher erstellen, indem parallele Tunnel aufgeföhren und miteinander verbunden werden, wie bereits oben beschrieben.

### Ausblick

Die Technologie des Rectangular Pipe Jacking befindet sich noch immer in einer frühen Entwicklungsphase. Sie bietet die Möglichkeit, Tunnel und große Kavernen für unterirdische Parkflächen, Einkaufszentren oder Wasserspeicher zu errichten. Um ihren Anwendungsbereich von sehr weichen Böden auf gemischte Bodenverhältnisse auszuweiten und mögliche Vortriebslängen zu vergrößern, wird sie stetig verbessert. 

end-to-end control. This proposed project also aims at lower cost, lower energy consumption and, going along with that, the promotion of artificial intelligent urban supply infrastructure.

### Sponge City

On November 2, 2014, the Chinese Ministry of housing issued the “Technical Guidelines for Sponge City Construction”, exploring the construction of urban rainwater systems and promoting the establishment of water circulation systems to eradicate urban waterlogging. At present, China has established pilot sponge cities, and the construction of underground water storage is expected to create further demand for the rectangular pipe jacking technology. With these machines water storages can be developed by constructing and connecting parallel tunnels as described above to create one big reservoir.

### Outlook

The rectangular pipe jacking technology is still in an early stage of development. This technique offers the opportunity to build tunnels and large cavities to develop parking areas, underground malls or water storages. The technology is continuously improved to extend the application from very soft ground to mixed ground conditions and to increase possible drive lengths. 



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

## Gemeinsam stärker im Tunnelbau

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

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



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

 **TechnoBochum**

## Tunnelbau in Malaysia

Tunnelkonstruktion und unterirdisches Bauen haben in Malaysia in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine sehr erfolgreiche Entwicklung durchlaufen. Den Ausgangspunkt bildete das ausgefeilte SMART-Projekt in Kuala Lumpur, das vor 15 Jahren realisiert wurde. In jüngerer Vergangenheit erlangte das Klang-Valley-MRT-Projekt mit dem Einsatz der neuen Variable-Density-Tunnelvortriebsmaschinen Aufmerksamkeit in der Fachwelt und wurde mit internationalen Preisen ausgezeichnet. Malaysia hat im Tunnelbau augenscheinlich einen großen Entwicklungsschritt getan. Dementsprechend hat die Tunnelling and Underground Space Technical Division der Institution of Engineers Malaysia (IEM) ihre Bewerbung für die Ausrichtung des World Tunnel Congress 2020 abgegeben

## Tunnelling in Malaysia

Tunnelling and underground space solutions in Malaysia have undergone a very successful development in the last two decades, starting with the elaborate design of the well-known SMART project in Kuala Lumpur 15 years ago. Recently the innovative Variable Density tunnel boring machine for the MRT Klang Valley project won international awards and respect from tunnelling professionals all over the world. Malaysia has come of age, as it seems, in technical innovation for tunnelling solutions, and consequently the Tunnelling & Underground Space Technical Division of the Institution of Engineers Malaysia (IEM) now has submitted its bid for Kuala Lumpur to host the ITA-AITES World Tunnel Congress (WTC) 2020

Dipl.-Ing. Roland Herr, International Freelancing Journalist and Author, Wetzlar (Germany) and Bangkok (Thailand),  
herrroland@t-online.de

Einen bedeutsamen Wendepunkt für die Entwicklung des Tunnelbaus in Malaysia markiert das Jahr 2003, als es zur vordringlichen Aufgabe wurde, sich der Überflutungsproblematik in der Hauptstadt Kuala Lumpur anzunehmen. Die flächendeckend dichte Bebauung der Metropole machte es notwendig, die Überschwemmungen durch den Bau entsprechender unterirdischer Strukturen in den Griff zu bekommen. Eine zusätzliche Herausforderung in geologischer Hinsicht bildete dabei die außerordentliche starke Verkarstung des Baugrunds.

Dank praktischer Erfahrung und technologischen Weiterentwicklungen gelang es, mit dem SMART (Stormwater Management and Road Tunnel) die Funktionen eines Straßenverkehrstunnels und einer Regenwasserkanalisation zu kombinieren und so neues Terrain im Tunnelbau zu erschließen. Mit einer Ausdehnung von 9,7 km ist SMART einer der längsten Tunnel zur Regenwasserab- leitung in Südostasien. Der Tunnel mit einem Durchmesser von 13,2 m wurde mit einer Slurry-TVM aufgefahren. Die zahlreichen Problemstellungen des Projekts, die hauptsächlich ihre Ursachen im zu durchhörten verkarsteten Kalkstein hatten, wurden durch solide technische Planung und Umsetzung gelöst.

### Beispiellose Herausforderungen für den Tunnelbau

Im Normalfall kann die Slurry-TVM auch bei unvorhergesehenen Hohlräumen den Vortrieb aufrechterhalten, sofern diese Hohlräume durch eingeschwemmtes Bodenmaterial angefüllt sind,



1 Durchschlag der SMART-TBM im Jahr 2006  
Breakthrough of SMART TBM in 2006

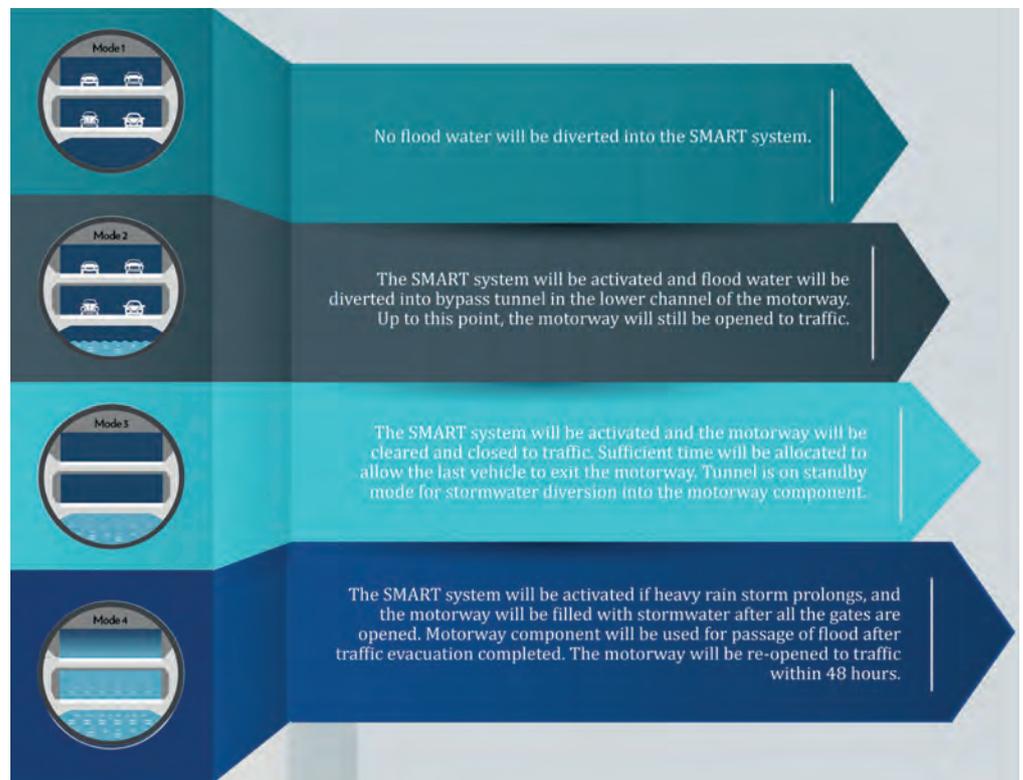
sodass keine kritischen Mengen an Stützflüssigkeit im verkarsteten Baugrund verloren gehen. Die Ortsbruststützung beim SMART-Projekt mit einer Bentonitsuspension geringer Dichte funktionierte bei der Durchörterung von Klüften geringen Ausmaßes und gefüllten Karsthohlräumen, aber es gab auch immer wieder Zwischenfälle mit Einsturztrichtern und Ausbläsern, für deren Beherrschung eine weiterentwickelte Slurry-Technologie vonnöten schien. Wenn eine TVM auf einen nur teilweise verfüllten Karsthohlraum, Gesteinsklüfte größeren Ausmaßes oder einen Überdeckungsbereich mit Einschlüssen aus sehr lockerem Gestein trifft, kann die Bentonitsuspension geringer Dichte ( $1,1 \text{ t/m}^3$ ) und entsprechend niedriger Viskosität in die Karsthohlräume oder durch die Spalten bis an die Oberfläche entweichen und so einen Ausbläser verursachen. Der daraufhin eintretende umgehende Stützdruckverlust an der Ortsbrust kann in der Folge einen Erdfall auslösen.

Die fortwährende Auseinandersetzung mit diesen schwierigen Bodenbedingungen führte letztendlich zur Entwicklung der Variable-Density-TBM (VD-TBM). Der deutsche Hersteller Herrenknecht AG setzte das Konzept gemeinsam mit MMC-Gamuda im Rahmen des Bauprojekts Klang Valley MRT Linie 1 (Sungai Buloh–Kajang Line) für einen 9,5 km langen Abschnitt eines zweiröhrigen Tunnels mitsamt sieben unterirdischen Stationen in die Tat um.

Unter Nutzung der gesammelten Erfahrungen des SMART-Projekts bohren seit 2012 insgesamt acht TVM – zwei Erddruckmaschinen von CRTE (China Railway Tunnelling Equipment Co Ltd), ein Herrenknecht Erddruckschild und fünf Herrenknecht VD-TBM – erfolgreich die zweiröhrigen Klang-Valley-MRT-Haupttunnel.

Die Strecke verläuft unter einem der belebtesten und am dichtesten bebauten Stadtteile Kuala Lumpurs. 5,45 km davon durchörtern die Kenny Hill Formation mit ihren Sedimentschichten (drei EPB-Maschinen), und 3,23 km führen durch den stark verkarsteten Kuala Lumpur Limestone. Hier kamen die fünf VD-Slurry-Maschinen zum Einsatz, die speziell für diese anspruchsvolle Karst-Geologie entwickelt worden sind.

Die VD-TBM kann sich veränderlichen Baugrundeigenschaften besser anpassen als Erddruck- oder Slurry-TBM. Sie ist so konstruiert, dass sich die Dichte des Stützmediums während des Vortriebs



Quelle/Credit (2): MMC-Gamuda

- 2 In den vergangenen 20 Jahren hat Malaysia sich bedeutende Fachkenntnisse im Tunnelbau angeeignet; die Grafik zeigt die Funktionsweise des SMART-Projekts in Kuala Lumpur

Malaysia gained great tunnelling expertise in the last 20 years; the image shows the idea of SMART design in Kuala Lumpur and how it operates

In Malaysia, tunnelling took on an important change in 2003 when there was an acute need to address major flooding issues in the city of Kuala Lumpur. With the city densely built up to the brims, the flood mitigation infrastructure had to be taken underground via tunnelling, and the geology in which the tunnel snakes through the city is made up of extreme karst. Building on the experience gained and technological improvements in the industry, the SMART (Stormwater Management and Road Tunnel) broke new ground not only in the country but worldwide by combining the functions of stormwater drainage and motorway tunnel. With 9.7 km length the SMART is one of the longest stormwater tunnels in South East Asia. The large 13.2 m diameter tunnel was constructed using a slurry shield TBM. Its construction posed a number of challenges, primarily related to the karstic limestone formation through which the tunnel had to be driven. These challenges were met and overcome by good engineering in design and construction.

### Malaysia's unprecedented Tunnelling Challenges

The slurry TBM can normally deal with unexpected cavities if these cavities are filled by washed in soil, which prevents large quantities of slurry loss to the karst system.

On the SMART project, while the low density bentonite slurry based face support did work while traversing minor fissures and filled cavities encountered in the karst, there were incidences of surprise sinkholes and blowouts, and there had to be a much more

variieren lässt, wobei verschiedene Betriebsmodi zudem Spielraum bei der Regulierung der Ortsbruststützung und Flexibilität beim Abtransport des Abraums ermöglichen.

Darüber hinaus können VD-Tunnelbohrmaschinen auch im EPB-Modus gefahren werden:

Eine VD-TBM wurde für den EPB-Vortrieb umgerüstet, weil die Vortriebstrecke durch wechselhaften Baugrund und die Kenny Hill Formation führte. Die Umrüstung im Tunnel erwies sich als kosteneffizient und konnte in weniger als einer Woche durchgeführt werden. Im Vergleich zum SMART-Projekt im gleichen verkarsteten Kalkstein konnte die Anwendung der Variable-Density-Technologie das Auftreten von Erdfällen um 95 % reduzieren. Der erste Abschnitt der MRT-Linie 1 wurde Ende 2016 in Betrieb genommen, der zweite Abschnitt soll im Juli 2017 betriebsbereit sein. Die MRT-Linie 2 (Sungai Buloh–Serdang Putrajaya Line) mit einer voraussichtlichen Länge von 52,2 km befindet sich derzeit in der Phase der Detailplanung für die Hochbahnabschnitte. Die Bauphase der Linie 2 wurde Anfang 2017 eingeleitet; mit dem Bau der 13,5 km langen unterirdischen Streckenführung wurden wiederum MMC-Gamuda beauftragt.

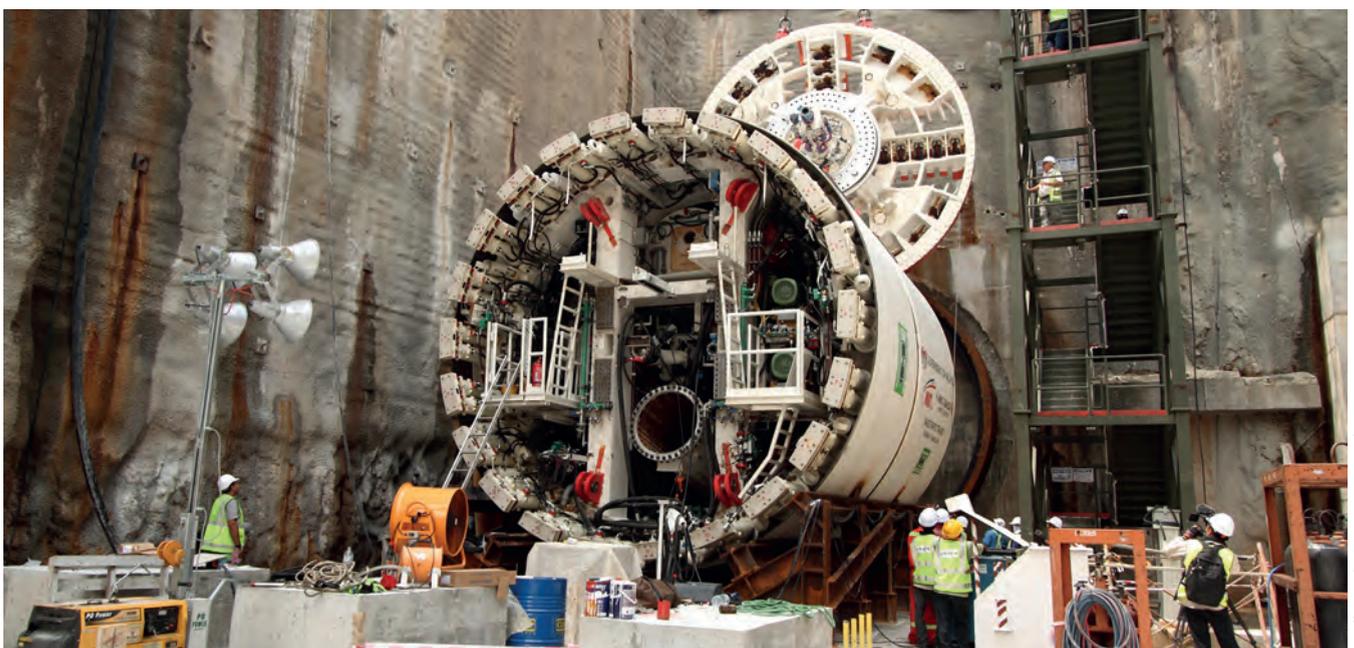
Nach kompletter Fertigstellung wird das Klang-Valley-MRT-System mit einer Gesamtlänge von 156 km einen Einzugsbereich von 20 km rund um das Zentrum abdecken. Die Schnellbahn wird dann aus zwei Hauptlinien und einer Ringstrecke bestehen.

### Malaysia setzt auf maschinellen Vortrieb

In den vergangenen Jahren haben sich beim Tunnelbau in Malaysia weitestgehend zwei Maschinentypen etabliert. Abhängig von den benötigten Technologien zur Ortsbruststützung kommen entweder Slurry- oder Erddruck-Vortriebsmaschinen zum Einsatz. Die Slurry-Maschine stützt den Ortsbrustbereich beim

sophisticated slurry machine to deal with this problem. When the TBM hits an only partly filled karst cavity, large fissures in the rock or a very loose overburden soil pocket, there is a tendency for the low density (1.1 t/m<sup>3</sup>) and therefore low viscosity bentonite slurry to escape into the karst channels or to the surface through the connecting fissures and there would occur a blowout. The resulting instant loss of face support pressure would then cause sinkhole formation. The necessity to continue dealing with the difficult ground conditions eventually resulted in the design of the Variable Density (VD) TBM by Herrenknecht AG from Germany and MMC-Gamuda, for the 9.5 km stretch of a twin-tunnel with seven underground stations for the 51 km long Klang Valley MRT Line 1 (Sungai Buloh-Kajang Line). After learning the lessons from the tunnelling construction of the SMART project, a total of eight TBMs – two CRTE (China Railway Tunnelling Equipment Co Ltd) EPB machines, one Herrenknecht EPB machine and five Herrenknecht VD slurry machines – have been excavating the twin-tube running tunnels since 2012 successfully. The alignment under one of the busiest and most built-up urban areas in Kuala Lumpur is divided into 5.45 km in the Kenny Hill Formation with sedimentary deposits (three EPB machines) and 3.32 km through the extreme karstic conditions of the Kuala Lumpur Limestone (five VD slurry machines). The VD machines are specially modified slurry shields built to deal with the highly weathered Kuala Lumpur Limestone geology, which is highly karstic.

The VD TBM achieves control by adapting to varying ground conditions better than a typical EPB or slurry TBM. It is built with the capability to vary the support medium density coupled with multiple operation modes offering options for face support control and muck removal flexibility. Also the VD TBMs can be converted to the EPB mode: a VD TBM was converted into a EPB machine to replace one of the planned EPB machines, because excavation headed through



3 Klang Valley MRT Linie 1: Montage einer VD-TBM im Startschacht Cochrane  
Klang Valley MRT Line 1: Assembly of the VD TBM at the Cochrane launch shaft



4 Klang Valley MRT Linie 1: Bauarbeiten in der Nähe des Pudu-Schachts  
Klang Valley MRT line 1: Execution of works in the tunnel close to Pudu shaft

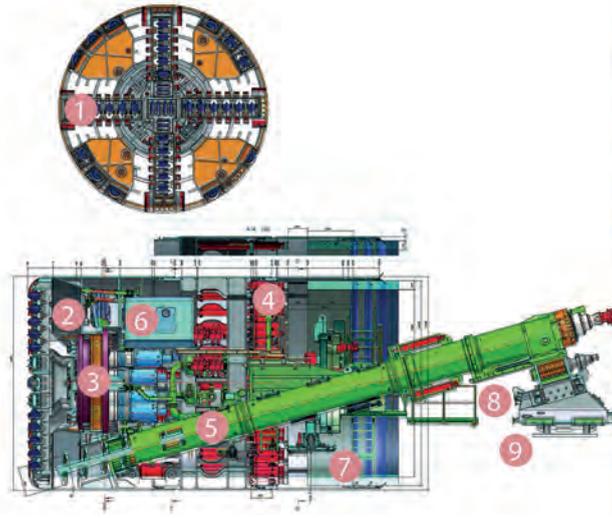
Tunnelling Logistics

Services

Equipment



**Schneller, sicherer und wirtschaftlicher bauen**



5 Schematischer Aufbau einer VD-TBM  
Components of the VD TBM

Abbauvorgang durch eine Suspension, z. B. aus Wasser und Bentonit. Im Gegensatz zu dieser Flüssigkeitsstützung wird bei der EPB-Vortriebsmethode, die in weichen Böden am effektivsten ist, ein Erdbrei aus dem vorhandenen Ausbruch zur Ortsbruststützung verwendet.

#### Variable Density TBM-Technologie

Die VD-Technologie mit ihrer Vereinigung von Flüssigkeits- und Erddruckstützung ist ein großer Entwicklungsschritt. Die TBM kann auch im reinen Slurry- oder EPB-Modus arbeiten. Die Umrüstungsarbeiten dazu benötigen weniger als eine Woche. Im Slurry-Modus kann die Dichte des Stützmaterials durch Addition von Feststoffen auf bis zu  $1,6 \text{ t/m}^3$  gesteigert werden.

Die VD-TBM kombiniert die Vorteile beider Verfahren in einer Maschine. Ohne größere mechanische Modifikationen kann direkt im Tunnel zwischen vier verschiedenen Vortriebsmodi umgeschaltet werden. Dadurch kann im Verlauf der Trasse extrem flexibel auf geologische und hydrogeologische Veränderungen reagiert werden.

Sowohl im erddruck- als auch im flüssigkeitsgestützten Modus wird der Abraum über einen Schneckenförderer aus der unter Druck stehenden Abbaukammer entnommen. Die Regelung des Stützdrucks erfolgt je nach Modus über Schneckendrehzahl und Vorschubgeschwindigkeit oder über ein automatisch geregeltes Luftpolster. Kommunizierende Röhren ersetzen die fehlende Tauchwandöffnung. Im EPB-Modus wird der Abraum von der Schnecke auf ein Förderband abgeworfen. Im Flüssigkeitsmodus wird die TBM dank einer zusätzlichen Slurrifier-Box am Ende der Schnecke mit hydraulischem Förderkreislauf gefahren. Bei Letzterem kann entweder eine normale Bentonitsuspension oder alternativ eine Suspension mit hoher Dichte genutzt werden.

Durch geringe Suspensionszugabe in die Abbaukammer behält das Materialgemisch seine hohe Viskosität und seinen hohen Dichtegrad; dadurch wird das Risiko eines Flüssigkeitsverlusts durch Abfluss in Karsthohlräume oder auf Grund von Ausbläsern

No	VD TBM Components
1	Cutting Wheel
2	Excavation Chamber
3	Main Drive
4	Thrust Cylinders
5	Screw Conveyor
6	Man Lock
7	Erector
8	Sizer
9	Slurrifier Box

a mixed face and the Kenny Hill Formation. The conversion achieved within the tunnel heading was very cost-effective and was done in less than a week. Compared with the SMART project in the same karstic limestone, a 95 % reduction of sink-hole incidents was attained by using the Variable Density technology. Operation of the first section of the MRT Line 1 started at the end of 2016, and the second section will be operational in July 2017. MRT Line 2 (Sungai Buloh–Serdang Putrajaya Line) with a planned length of 52.2 km is currently in the detailed design stage for the elevated sections. Construction work

of Line 2 started in early 2017, and the 13.5 km long underground section was awarded to MMC-Gamuda.

Once completed, the new triple line MRT system with a length of 156 km altogether will cover a radius of 20 km around the city centre. It will consist of two main lines and one orbital line.

#### Tunnel Boring Machines are the Way to go

In Malaysia, there are two commonly used types of TBM in recent years, depending on the means used to support the excavated face, the slurry shield machine and the earth pressure balance (EPB) machine. The slurry shield machine supports the unstable ground at the front of the machine with a liquid mixture, e.g. of bentonite and water. On the other hand, the EPB machine, which is most useful in soft soils, uses the excavated ground as a part of the face support.

#### Variable Density TBM Design

The Variable Density TBM is an incremental modification of the machine and with that a major innovation. It merges the slurry and EPB technologies. The machine can operate either in pure slurry mode or in EPB mode with short conversion time of less than a week. In slurry mode the density can be increased up to  $1.6 \text{ t/m}^3$  by adding solids to the mix.

The VD TBM applies innovative technology by combining the advantages of both methods in one machine. Without mechanical modifications the machine can switch between four different tunnelling modes directly inside the tunnel. This means that geological and hydro-geological changes along the alignment can be managed flexibly. The excavated material is removed from the pressurised excavation chamber through a screw conveyor both in the earth pressure and in the slurry mode. Depending on the mode used, the support pressure is controlled via the screw conveyor speed and advance rate or using slurry that is automatically controlled by an air cushion. The submerged wall opening is replaced by communicating pipes. In EPB mode the screw conveyor drops the excavated material onto a belt conveyor. An additional slurrifier box

Quelle/Credit (2): MMC-Gamuda



6 Der finale Durchschlag im April 2015, mit dem die Vortriebsarbeiten für die Sungai Buloh–Kajang Line abgeschlossen wurden

Final breakthrough marking the completion of tunnelling for the Sungai Buloh–Kajang Line in April 2015

verringert. Im flüssigkeitsgestützten Modus wird das Material mit der erhöhten Dichte über die Förderschnecke und die Slurryfier-Box in den Spülkreislauf transportiert, um von dort zur Wiederaufbereitungsanlage an der Oberfläche gepumpt zu werden. Dies erweitert den Einsatzbereich der VD-TBM zusätzlich und macht die Maschine zur universellen Vortriebstechnik für Lockergestein aller Art.

Der Einsatz des VD-Vortriebs hat zuvor unerreichbare Ziele in den Bereich des Machbaren gerückt und kommt für Malaysia einer Neuerung gleich. Die Tunnelbauexperten des Landes haben ihren fachlichen Horizont gezielt erweitern können und eine Entwicklung mitgetragen und vorangetrieben, die für die Innovationkraft im Tunnelbau einen weiteren Schritt nach vorn bedeutet.

### MMC-Gamuda

Die Arbeitsgemeinschaft MMC-Gamuda gilt als führend im Tunnelbau Malaysias. Die heimischen Unternehmen setzen auf weiteres Wachstum mit ausgebildeten Fachkräften, um ihre starke Position im Tunnelbausektor zu festigen und weiter auszubauen. 

at the end of the screw conveyor makes it possible to drive the TBM with a hydraulic slurry circuit in slurry mode. In the latter case, either a normal bentonite suspension or a high-density suspension can be used. By introducing a small amount of slurry into the excavation chamber, the consistency of the material maintains high viscosity and high density levels, reducing the risk of slurry loss into karst crevices or due to blow outs to the surface. In slurry mode, the higher density material is extracted from the chamber by the screw conveyor and discharged into the slurryfier box where it is mixed into the circulation slurry for pumping out to the treatment plant on the surface. This makes the range of application of the VD-TBM even larger and makes the machine the all-rounder for loose soils of all kinds.

With the VD TBM technology tunnelling has been reinvented in Malaysia with all conservative rules broken and achieving what was considered the impossible. Malaysian tunnelling experts have come of age and are highly regarded for having honed the right skills and gaining the expertise to take tunnelling to a next level in innovation technology.

### MMC-Gamuda

Home-grown construction outfit MMC-Gamuda credits itself as Malaysia's foremost tunneller and is continuing to build on its strength by expanding on human capital needs in the niche tunnel engineering. 

# EAB

## A broken crusher is not only a flaw



### Our Metal Detectors save expensive repairs



## No Detection of iron oxides

# EAB

**ELEKTROANLAGENBAU  
REINHAUSEN GMBH  
KETZHAGEN 8  
37130 KLEIN LENGDEN  
TEL. +49 (0)55 08 / 86 66  
FAX +49 (0)55 08 / 15 70  
www.eabreinhausen.de  
sales@eabreinhausen.de**

## Schachtwände mit Glasfaserbewehrung beim Tunnel Rastatt

Der aktuell im Bau befindliche Bahntunnel Rastatt gilt als zentrales Bauwerk der Aus- und Neubaustrecke zwischen Karlsruhe und Basel. Für die Schachtwände der Tunnelröhren wurde erstmals bei einem Projekt der Deutschen Bahn Glasfaserbewehrung eingesetzt, mit einer Zustimmung im Einzelfall (Z. i. E.) des Eisenbahn-Bundesamts. Dank dieser Technologie können Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) bewehrte Betonschächte mit deutlich reduziertem Verschleiß durchfahren.

Die Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel ist Bestandteil des europäischen Streckennetzes von Rotterdam nach Genua. Zwischen den holländischen Häfen und dem Mittelmeer zählt die Verkehrsachse zu den wichtigsten Bahnstrecken Europas. Nach der Fertigstellung ermöglicht die durchgehend viergleisige Strecke künftig die Trennung der Verkehrsflüsse. Langsamere Güter- und Nahverkehrszüge werden die bereits vorhandenen Gleise befahren. Schneller Fernverkehr wird vorrangig die neuen Gleise nutzen, die für Spitzengeschwindigkeiten bis zu 250 km/h ausgelegt sind.

### Anschlagwand mit Glasfaserbewehrung

Der Tunnel Rastatt unterquert das gesamte Stadtgebiet von Rastatt sowie die Federbachniederung auf einer Länge von 4270 m in zwei voneinander getrennten Röhren. Die Untertunnelung des Stadtgebietes entlastet Anwohner künftig vom Lärm vorbeifahrender Züge. Auf der Länge der Unterfahrung Rastatts erfolgen die bergmännischen Vortriebe mittels TVM mit Ausbruchdurchmessern von 10,97 m. Für den nachfolgenden Innenausbau kommen rund 30 000 von der Firmengruppe Max Bögl hergestellte Tübbinge mit einer Dicke von je 50 cm. Daraus ergibt sich ein Innendurchmesser der fertigen Tunnelröhren von 9,6 m. Das Bauwerk südlich von Ötigheim beginnt mit einem 800 m langen Betontrog. Um zu verhindern, dass hoch anstehendes Grundwasser in den Start- oder Zielschacht strömt, wurde eine Grundwasserwanne vorangestellt. So kann Wilhelmine, die Ende Mai 2016 gestartete TVM, trocken an- und einfahren. „Bei der zu durchstoßenden Wand am Ende der Wanne haben wir die Glasfaserbewehrung Combar eingesetzt, damit das Schneidwerkzeug der TVM die Wand problemlos durchfahren kann“, erläutert Projektleiter Frank Roser von der DB Netz AG.

## Glass Fibre Reinforcement at the Rastatt Tunnel

The Rastatt rail tunnel, which is currently under construction, is one of the key structures on the new and upgraded line from Karlsruhe to Basel. Glass fibre reinforcement was used for the first time on a DB project for the shaft walls of the tunnels, under a single-case approval from the Federal Railway Office. Thanks to this technology, tunnel boring machines can bore through reinforced concrete shafts with much less wear.

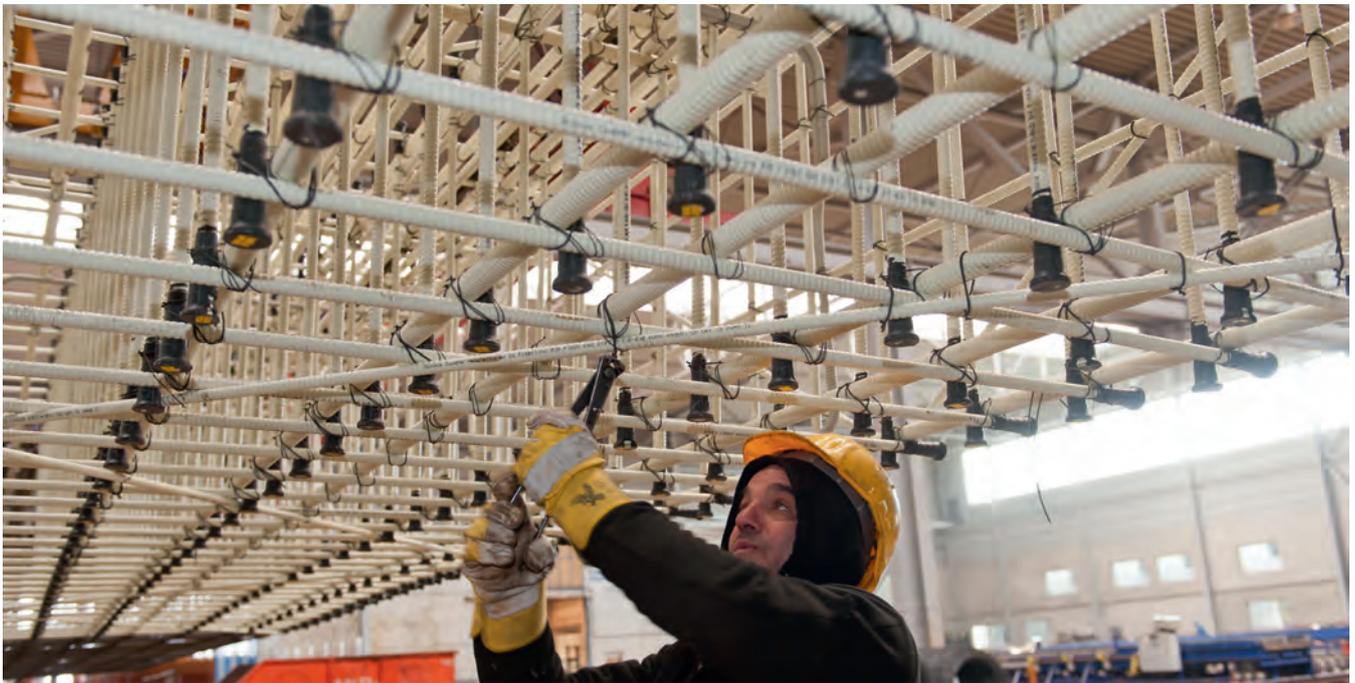
The line being newly built and upgraded between Karlsruhe and Basel is part of the European rail network from Rotterdam to Genoa. Running from the ports of the Netherlands to the Mediterranean, this rail corridor is one of the most important in Europe. After completion, the continuous four-track line will separate the traffic flows; slower goods trains and local services will run on the existing tracks, while the express long-distance traffic will mainly use the new tracks, which are designed for peak speeds of up to 250 km/h.

### Break-out Wall with Glass Fibre Reinforcement

The Rastatt Tunnel passes beneath the entire urban area of Rastatt as well as the low-lying Federbachniederung with a length of 4270 m in two separate bores. The underground alignment will relieve the inhabitants from the noise from passing trains. The tunnel under Rastatt with an excavated diameter of 10.97 m is being driven with a TBM, followed by the installation of about 30 000 segments with a thickness of 50 cm each, produced by the Max Bögl Group, to give an internal diameter of the completed tunnels of 9.6 m.

The structure starts south of Ötigheim with an 800 m long concrete trough. In order to prevent water from the high groundwater table flowing into the launching or target shafts, a groundwater basin has been constructed so that Wilhelmine, the TBM that started at the end of May 2016, can start and arrive in the dry. "In the wall to be broken through at the end of the basin, we used Combar glass fibre reinforcement in order that the cutting tools of the TBM could bore through the walls without problems," explains project manager Frank Roser from client DB Netz AG.

A break-in wall reinforced with steel would damage the cutting tools of the tunnel boring machine. "The alternative to glass fibre would be a large, more elaborate sealing wall of concrete, with cement



Quelle/Credit: Schöck Bauteile GmbH

Fertigung eines Bewehrungskorbes mit Combar. An rund 1000 Kreuzungspunkten werden die Glasfaser-Stäbe zu Bewehrungskörben gebunden  
Fixing a reinforcement cage with Combar. The glass fibre bars are fixed to form the cages at about 1000 crossing points

Eine mit Stahl bewehrte Anschlagwand würde die Schneidwerkzeuge der Tunnelbohrmaschine beschädigen. „Die Alternative zu Glasfaserbewehrung wäre ein großer, aufwändiger Dichtblock aus Beton, bei dem Zementsuspension ins Erdreich eingebracht wird“, ergänzt Jörg Schweinfurth, Key Account Manager bei Schöck. In diesem Fall müssten jedoch die Wände für die TVM-Durchfahrt zeitaufwändig manuell ausgebrochen werden.

### Zulassungen

Weite Teile der Combar-Bewehrung sind vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin zugelassen. Für den Einsatz bei Bauwerken der DB sind darüber hinaus zusätzliche baurechtliche Genehmigungen erforderlich. Da die Ausführung von Anschlagwänden kein geregeltes Bauverfahren der Bahn ist, musste zuerst eine unternehmensinterne Genehmigung der Bahn erwirkt werden. Diese forderte eine weitergehende technische Bewertung durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA). Für den Tunnel Rastatt wurde eine Zulassung im Einzelfall für Glasfaserbewehrung seitens des EBA erteilt. „Wir haben bereits in einer sehr frühen Phase die Zulassung im Einzelfall beim Eisenbahn-Bundesamt in Bonn beantragt, um ein mögliches Risiko der Verzögerung im Bauablauf auszuschließen“, erklärt DB-Projektleiter Frank Roser. „Durch die enge Zusammenarbeit und die ausführliche Planung mit Schöck erhielten wir die Zulassung bereits in einer recht frühen Phase“.

### Verbundene Bewehrungskörbe aus Glasfaser und Stahl

Um die Lamellen der bis zu 40 m tiefen Schlitzwände zu bewehren, wurden zwei einzeln vorgefertigte Bewehrungskörbe verwendet: oben Stahl, unten die Glasfaserbewehrung Combar.

suspension brought into the ground,” adds Jörg Schweinfurth, Key Account Manager for Schöck. In this case, the walls would have to be laboriously broken out by hand for the passage of the TBM.

### Approvals

Most components of the Combar reinforcement system have approvals from the *Deutsches Institut für Bautechnik* (DIBt) in Berlin, but additional approvals under construction law are necessary in order to use them in structures for DB. Since the construction of break-through walls is not a regulated construction process for German Railways, an internal DB approval first had to be obtained. This demanded a further technical assessment by the Federal Railway Office (EBA). For the Rastatt Tunnel, a single-case approval was issued by the EBA for the glass fibre reinforcement. “We already applied for the single-case approval from the Federal Railway Office in Bonn at an early stage in order to exclude the possible risk of delay to the project,” explains DB project manager Frank Roser. “With the close collaboration and detailed design together with Schöck, we gained the approval in good time.”

### Composite Reinforcement Cages of Glass Fibre and Steel

In order to reinforce the diaphragm wall panels up to 40 m deep, two separately fixed reinforcement cages were used: at the top steel, below Combar glass fibre reinforcement. “The glass fibre reinforcement cages are altogether 24 m long, with a cross section of 1.30 m height and 2.50 m width, consisting of 32 mm diameter Combar reinforcement,” explains Alexander Hens, managing director of Brühler Stahlhandel GmbH who won the contract for the production of the reinforcement cages. The individual glass fibre bars are

„Die Bewehrungskörbe aus Glasfaser sind insgesamt 24 m lang, mit einem Querschnitt von 1,30 m Höhe und 2,50 m Breite. Sie bestehen aus 32 mm dicker Combar-Bewehrung“, erläutert Alexander Hens, Geschäftsführer der mit der Herstellung der Bewehrungskörbe beauftragten Brühler Stahlhandel GmbH. Die einzelnen Glasfaserstäbe wurden an insgesamt rund 1000 Kreuzungspunkten mit Draht zu Körben gebunden. Insgesamt verarbeitete der Dormagener Betrieb rund 100 Tonnen Combar. Die zirka 10 m langen Bewehrungskörbe, welche mit den Glasfaserkörben verbunden wurden, bestehen vollständig aus Stahl, da in deren Einsatzbereich die besonderen Eigenschaften von Glasfaser nicht erforderlich sind.



Aushub einer zirka 40 m tiefen Schlitzwandlamelle, in die im Anschluss Bewehrungskörbe eingelassen werden

Excavation of diaphragm wall panels about 40 m deep, into which the cages are then lowered

fixed to form cages with wire at altogether about 1000 crossing points. Altogether, the company from Dormagen fixed about 100 tonnes of Combar. The cages with a length of about 10 m, which were connected with the glass fibre cages, consist entirely of steel since the special properties of glass fibre are not necessary at their intended location.

### Diaphragm Walls

During the excavation on site, previously poured bentonite suspension supports the walls of the shaft. After the reinforcement

cages had been lowered into the excavated trenches, they were concreted by the tremie method, using a tremie pipe whose end remains submerged in the already placed concrete, so that only a little of the fresh concrete mixes with the bentonite suspension. The support fluid displaced by the concrete was pumped out for processing and reuse.



Quelle/credit (2): Schöck Bauteile GmbH

Im Juli 2015 wurde Combar für den Startschacht am Tunnel Rastatt eingebaut. Der Mittelteil des Bewehrungskorbs besteht aus Glasfaserbewehrung, die von einer Tunnelvortriebsmaschine einfach durchfahren werden kann. Das Bild zeigt das Aufrichten eines Bewehrungskorbs, bevor er in den Schlitz abgelassen wird

In July 2015, Combar was used for the construction of the launching shaft at the Rastatt Tunnel. The middle part of the reinforcement cage consists of glass fibre reinforcement, which can be simply bored through by the tunnel boring machine. The picture shows the erection of a reinforcement cage before it is lowered into the panel

### Einbau der Schlitzwände

Während des Erdaushubs auf der Baustelle stützte eine vorab eingebrachte Bentonit-Suspension die Schachtwände. Nach Ablassen der Bewehrungskörbe in die ausgehobenen Schlitz wurde mit dem Kontraktorverfahren betoniert: Hierbei kommt ein Schüttrohr zum Einsatz, dessen unteres Ende ständig in den bereits eingebrachten Frischbeton eingetaucht bleibt, wodurch sich nur ein geringer Teil des Frischbetons mit der Bentonit-Suspension vermischt. Die vom Beton verdrängte Stützflüssigkeit wird zur Wiederaufbereitung und Wiederverwendung abgepumpt.

### Ringvereisungsstrecken

„Im Mai 2016 startete die TVM Wilhelmine, indem sie die Anschlagwand im Startschacht ohne Schwierigkeiten durchfuhr“, so Frank Roser von der DB Netz AG. Des Weiteren sind vier ebenfalls mit Combar bewehrte Wände für zwei bevorstehende Vereisungsstrecken vorgesehen. Die Herstellung von Frostkörpern ist in diesen ca. 220 m langen Abschnitten notwendig, da der Tunnel die alte Rheintalbahn unterquert und die Überdeckung verhältnismäßig gering ist. Aus jeweils zwei Schächten wurden hierfür Vereisungsbohrungen unter der bestehenden Bahnstrecke eingebracht, durch die der Erdboden eingefroren und so stabilisiert

### Ring Freezing Sections

“In May 2016, the TBM Wilhelmine started by boring through the break-out wall in the launching shaft without complications,” says Frank Roser from DB Netz AG. Four further walls also reinforced with Combar are intended for two ground freezing sections still lying ahead. The production of the frozen bodies in these sections about 220 m long is necessary because the tunnel passes under the old Rheintalbahn line with relatively shallow cover. The freezing holes were drilled from two shafts each under the existing railway line to freeze and stabilise the ground. The tunnel will then be driven under the protection of the frozen ring, probably in August 2017.

### Outlook

The tunnel drive should be completed at the end of 2017 with the breakthrough of the west bore at the southern end of the tunnel in Rastatt-Niederbühl and the passage through the last Combar-reinforced wall into the target shaft. The subsequent construction of the cross-passages should be structurally complete by the middle of 2018, followed by the fitting out of the tunnel with slab track, cable route and overhead until 2021. After a testing phase and trial operation, regular services should be running through the tunnel from 2022. DB Netz project manager Frank Roser draws a



**Mixing and Injection Technology is our competence.**  
**Talk to the experts!**

**GROUTING SYSTEMS**

**HÄNY**

Häny AG | Buechstrasse 20 | CH-8645 Jona | Switzerland  
info@haeny.com | www.haeny.com





Quelle/credit: Schöck Bauteile GmbH

Ablassen des Soft-Eye-Bewehrungskorbs in den Schlitz  
Lowering the Soft Eye reinforcement cage into the trench

wird. Der Tunnelvortrieb erfolgt im Schutz der Ringvereisung, voraussichtlich im August 2017.

### Ausblick

Der Tunnelvortrieb soll Ende 2017 mit dem Durchschlag der Weströhre am südlichen Ende des Tunnels in Rastatt-Niederbühl und dem Durchfahren der letzten, mit Combar bewehrten Wand im Zielschacht abgeschlossen werden. Mit dem anschließenden Bau der Verbindungsbauwerke soll der Rohbau Mitte 2018 abgeschlossen sein. Im Anschluss erfolgt bis 2021 die Ausrüstung des Tunnels mit fester Fahrbahn, Kabeltrasse und Oberleitung. Nach einer Prüfungsphase und einem Probebetrieb werden laut Plan ab 2022 Züge durch den neuen Tunnel fahren. DB Netz-Projektleiter Frank Roser zieht ein positives Fazit: „Weitere Tunnel auf der Strecke Karlsruhe–Basel sind bereits in Planung. Zum Beispiel der Tunnel Offenburg, der mit dem Tunnel Rastatt vergleichbar ist. Hierfür könnte unsere Vorgehensweise bei der Zulassung im Einzelfall in der sehr frühen Projektphase Vorbildcharakter haben. Die Zusammenarbeit mit Schöck war jedenfalls ein kleines, hervorragendes Mosaiksteinchen für den erfolgreichen Start dieses Großprojekts.“

positive conclusion: “Further tunnels on the Karlsruhe–Basel route are already under design, for example the Offenburg Tunnel, which is comparable with the Rastatt Tunnel. For this purpose, the procedure adopted here to obtain a single-case approval at an early stage could be an example to follow. The collaboration with Schöck was in any case a small, excellent building block in the successful start of this major project.”

#### Bautafel/Construction Board

<b>Bauherr/Client:</b>	DB Netz AG, Karlsruhe
<b>AN Rohbau/Structural contractor:</b>	Arge/JV Tunnel Rastatt (Ed. Züblin AG & Hochtief Solutions AG)
<b>Stahlbauer/Steel fixing:</b>	Brühler Stahlhandel GmbH, Dormagen
<b>Schöck-Produkte/Schöck products:</b>	Combar
<b>Geplante Fertigstellung Rohbau/Planned structural completion:</b>	2018
<b>Geplante Inbetriebnahme/Planned opening:</b>	2022

# ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY AND WORLD TUNNEL CONGRESS BERGEN

Norway, 9. – 15. June 2017



REGISTER AT:  
[www.wtc2017.com](http://www.wtc2017.com)  
**SEE YOU IN BERGEN!**

## SURFACE CHALLENGES – Underground solutions

Worldwide there is a quest for urban space driven by the increasing urbanization.

The challenges are numerous and availability of space for necessary infrastructure is crucial. The underground is at present only marginally utilized. The potential for extended and improved utilization is enormous.

“Surface challenges – Underground solutions” is more than a slogan; for ITA-AITES and its members it is a challenge and commitment to contribute to sustainable development.



Underground train station



Global Seed Vault



Gas Storage caverns



Sublevel caving

## England

## Lee-Tunnel: Tunnelprojekt mit Stahlfaserbeton gewinnt den Concrete Society Award

Der Lee-Tunnel in Beckton, London, ist ein Joint Venture Bauprojekt, zu dem sich die Firmen Morgan Sindall, Vinci Construction Grands Projets und Bachy Soletanche zusammengeschlossen haben (MVB JV). Er ist der erste Tunnel, der in der 48-jährigen Geschichte des Concrete Society Awards für diesen renommierten Preis nominiert wurde und ihn auch gewann. Auf dem alljährlichen Event, das in der britischen Bauindustrie die längste Tradition besitzt, werden herausragende Leistungen im Betonbau geehrt.

Der Lee-Tunnel in East London dient der Speicherung und Ableitung von Abwasser und Regenwasser im Mischsystem. Diese Röhre mit einem Durchmesser von 7 m ist Teil des Thames-Tideway-Projekts und verläuft über eine Länge von 6,9 km zwischen der Pumpstation Abbey Mills und dem Klärwerk Beckton. Das Projekt umfasst zudem fünf Schächte mit Schlitzwänden, die mit 90 m

zu den derzeit tiefsten in Großbritannien zählen. Anstatt einer konventionell verstärkten Abdichtung wurde in jeden Schacht mittels Gleitschalung eine Schicht aus faserverstärktem Beton eingebaut (die größte verwendete Menge dieser Art in Europa). Durch den Einsatz des faserverstärkten Betons für die Auskleidung von Schächten und Tunnelröhre sowie durch die Bauweise der Schächte konnte die gewöhnlich erforderliche Bewehrungsmenge reduziert und der Bauablaufplan deutlich verkürzt werden. Die Entscheidung, die herkömmliche Bewehrung durch Stahlfasern zu ersetzen, trafen die Planer von Underground Professional Services (UnPS) und MVB JV. Statt etwa 17 000 t Bewehrungsstahl kamen deshalb über 2000 t Dramix 5D Stahlfasern von Bekaert Maccaferri Underground Solutions zum Einsatz. Damit wurde zugleich ein sehr großes und schwieriges Logistikproblem für das Bauteam im Untergrund gelöst.

## England

## Lee Tunnel: The first (SFRC)-Tunnel Project to win the Concrete Society Award



Stahlfaserverstärkte Innenschale des Hauptzugangs- und Pumpenschachts im Lee-Tunnel

Steel fibre final lining of the main Lee Tunnel access and pumping shaft

The Lee Tunnel in Beckton, London, a MVB JV (Morgan Sindall/ Vinci Construction Grand Projets and Bachy Soletanche) joint-venture project, is the first tunnel ever to be nominated and to win the prestigious Concrete Society Award in 48 years of the awards. This annual event celebrates excellence in concrete and is the longest running awards event in the UK construction industry. The Lee Tunnel is a tunnel in East London for storage and conveyance of sewage mixed with rainwater. The 7 m-diameter tunnel is part of the Thames Tideway Scheme and runs 6.9 km from Abbey Mills Pumping Station to Beckton Sewage Treatment Works. Moreover, the project comprises five shafts, with the diaphragm walls the deepest recently undertaken in the UK at 90 m. Rather than a conventionally reinforced liner, a slipformed chimney was constructed using fibre-reinforced concrete (the largest pour of its kind in Europe) in each shaft.

The use of fibre-reinforced concrete for the lining of tunnel and shafts and the design of the shafts saved money by reducing the amount of conventional reinforcement required and substantially reducing the construction programme. The designer Underground Professional Services (UnPS) and MVB JV decided to replace the traditional reinforcement with steel fibres. About 17 000 tons of rebar was replaced with more than 2000 tons of the Dramix 5D steel fibres by Bekaert Maccaferri Underground Solutions. In this way they eliminated the very large and difficult logistical challenge that would have been placed before the contractors' underground team.

The innovative Dramix 5D steel fibre reinforced concrete (SFRC) for the slip formed tunnel lining took 18 months to develop, resulting in the use of a steel fibre reinforced self-compacting concrete. The five shafts were also designed and constructed using an innovative slip formed type of shaft construction, which incorporated SFRC as well.

Die Entwicklung des innovativen stahlfaserverstärkten Dramix 5D Betons (SFRC) für die Tunnelauskleidung, der außerdem auch selbstverdichtend ist, dauerte 18 Monate. Die fünf Schächte wurden ebenfalls in einer innovativen Gleitbauweise mit SFRC erstellt. Der Geschäftsführer von Bekaert Maccaferri Underground Solutions Peter Remory sagte: „Wir sind sehr dankbar, an diesem preisgekrönten Projekt beteiligt gewesen zu sein. Mit unseren innovativen Fasern und unserem erfahrenen Team konnten wir dem Projekt und allen Beteiligten einen Mehrwert bieten. Die neu entwickelten Dramix 5D Stahlfasern eröffnen uns viele neue Varianten für Bewehrungslösungen. Sie ermöglichen eine höhere Produktivität, sind kosteneffektiver und verlängern die Dauerhaftigkeit.“

### Technische Grenzen in der Betontechnologie erweitert

Die Begründung der Jury des Concrete Society Awards lautete: „Der Lee-Tunnel war das herausragendste Bauwerk und er ist aufgrund der technischen Neuerungen im Betonbau, der schwierigen Einbaubedingungen und seiner innovativen konstruktiven Lösungen ein verdienter Sieger. Dieses Projekt hat die Grenzen des technisch Möglichen im Betonbau erweitert.“

Richard Kershaw von Cemex UK Materials, dem Betonlieferanten dieses Projekts, sagt: „Wir fühlen uns durch die Anerkennung, die mit diesem renommierten Preis verbunden ist, sehr geehrt. Beton war für dieses Bauwerk die einzig logische Wahl. Cemex ist stolz, Teil dieses bedeutsamen Projekts zu sein, das die jährliche Einleitung von 16 Millionen Tonnen Abwasser in die Flüsse Lee und Themse verhindern wird.“

Peter Remory, General Manager of Bekaert Maccaferri Underground Solutions: “We are grateful we were a contributor to this award winning project. Thanks to the innovative fibre solutions we offer and our experienced team we were able to bring added value to the project and its stakeholders. The use of the newly developed Dramix 5D steel fibres opens up more reinforcement possibilities and allows higher productivity, it is also more cost effective and offers enhanced durability.”

### Pushing the technical Boundaries in Concrete Technology

The Society Awards judging panel said, “The Lee Tunnel was the most outstanding structure and therefore outright winner for its technical achievements in the use of concrete, its demanding placement conditions and innovative structural solutions. This project pushed the technical boundaries of what is possible with concrete.”

Richard Kershaw of Cemex UK Materials, concrete supplier to the project, said, “We are very honoured to receive such acclaim from this most prestigious of awards. Concrete was the only realistic material choice for this structure. Cemex is proud to be part of this momentous scheme, which will help prevent 16 million tonnes of sewage entering the River Lee and Thames each year.”

[www.bm-underground.com](http://www.bm-underground.com)



Auskleidung des Lee-Tunnels aus stahlfaserverstärktem Beton  
SFRC lining of the Lee Tunnel

## STUVA-Forschungsarbeit

## Grünes Licht für die Wiederaufnahme der Beförderung von E-Scootern in Bussen des ÖPNV

Für viele mobilitätseingeschränkte Menschen sind Elektromobile (E-Scooter) ein unverzichtbares Hilfsmittel für gesellschaftliche Teilhabe. Um auch längere Distanzen barrierefrei zurücklegen zu können, ist deren Mitnahme in Bussen des Nahverkehrs von großer Bedeutung. Nachdem jedoch 2014 von kritischen Situationen mit E-Scootern in Bussen berichtet worden war, hatte der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) seinen Mitgliedern auf Basis einer STUVA-Untersuchung empfohlen, keine E-Scooter mehr in Bussen des ÖPNV mitzunehmen. Zu groß sei die Gefahr, dass die Scooter im Bus ins Rutschen geraten oder sogar umkippen könnten. Daraufhin hatten die meisten Verkehrsunternehmen die Mitnahme dieser Hilfsmittel in ihren Bussen ausgesetzt.



1 Rangierversuche mit E-Scooter in einem Bus  
Attempting to manoeuvre an E-scooter aboard a bus

Die STUVA wurde deshalb vom Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW (MBWSV NRW) im Dezember 2014 und im Frühjahr 2016 in einem ergänzenden und die technischen Fragestellungen vertiefenden Gutachten beauftragt, zu untersuchen, unter welchen Voraussetzungen die Mitnahme von E-Scootern wieder ermöglicht werden könnte (Bild 1). Zugleich wurde ein Rechtsgutachten an eine Anwaltskanzlei vergeben, um offene rechtliche Fragen abklären zu lassen. Seit Ende 2016 liegt das Ergebnis der Untersuchungen vor. Die beiden Gutachten wurden während der gesamten Bearbeitungszeit im Rahmen eines beim Ministerium angesiedel-

## STUVA Research Work

## Resumption of Transporting E-Scooters in local Transport Buses

For many people with restricted mobility, electric mobility scooters (E-scooters) are essential for taking part in social activities. It is of great importance that such scooters can be carried on public transport buses so that longer distances become accessible. However, after reports of critical situations involving E-scooters in buses had appeared in 2014, the Association of German Transport Companies (VDV) advised its members based on a STUVA study to stop carrying E-scooters aboard public transport buses. The danger of scooters sliding around or even toppling in a bus was considered to be too great.

Thereupon, most transportation companies ceased accepting these vehicles in their buses.

As a consequence, the STUVA was requested by the Ministry of Building, Housing, Urban Development and Transport of North Rhine Westphalia (MBWSV NRW) in December 2014 and in spring 2016 to produce a further reaching study that examined the technical implications in order to identify the prerequisites so that E-scooters could be accepted aboard again (Fig. 1). At the same time, a firm of lawyers was commissioned to clarify any legal issues that remained open. Since late 2016, the outcome of these investigations has been available. The two reports were rounded off throughout the entire processing period by a "round table" established at the ministry, which saw the involvements of organisations engaged in self-help activities, transport companies, E-scooter manufacturers, leading communal associations, the NRW commissioner for the disabled and further departments belonging to the regional government.

### Clear Catalogue of Demands for carrying E-Scooters safely

On the basis of the STUVA research results and the round table consultations the NRW Transport Ministry worked out a standard ordinance at national level in conjunction with the other federal states and the Federal Ministry of Transport. This signifies that E-scooters can once again be transported on buses – albeit with distinct requirements on the technology of the mobility vehicles and the buses as well as a binding code of behaviour for users. The ministerial decree that came into force in March 2017 provides transport companies with a clear catalogue of demands for transporting

### mago-Tunnelbau-Spezialplatten

Lastverteilungsplatten für den Tunnelbau

### mago-tunneling-specialboards

Load distribution plates for tunnel constructions

In folgenden Objekten erfolgreich eingesetzt/  
in the following objects successfully used:

**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**  
**Koralmtunnel KAT 3, Steiermark**  
**Bahn-Tunnel, Rastatt**  
**U-Bahn-Erweiterung, Kopenhagen**  
**Metro Tel Aviv, Israel**

Fordern Sie Prüfzertifikate und Zeugnisse an.  
Request for test certificates and reports.

TU@michael-gmbh.com

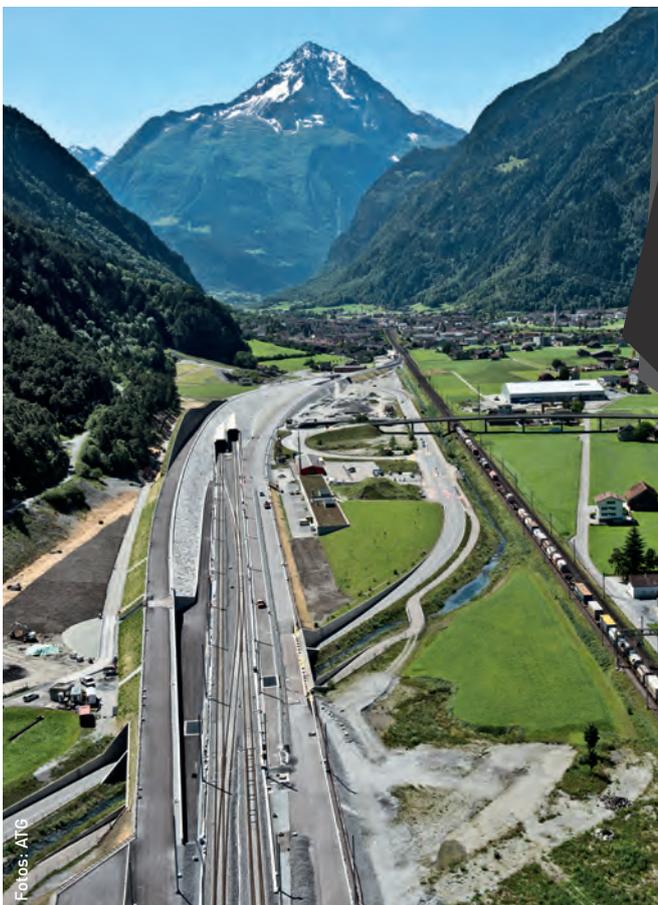
T +49 (0) 421 244 94 90 F -92

ten „Runden Tisches“ unter Beteiligung von Verbänden der Selbsthilfe, Verbänden des Verkehrsgewerbes, E-Scooter-Herstellern, kommunalen Spitzenverbänden, der Landesbehindertenbeauftragten NRW und weiteren Ressorts der Landesregierung begleitet.

### Klarer Anforderungskatalog für sichere Mitnahme von E-Scootern

Auf Grundlage der STUVA-Forschungsergebnisse und der Gespräche des Runden Tisches hat das Verkehrsministerium NRW mit den anderen Bundesländern und in Abstimmung mit dem Bundesverkehrsministerium einen bundesweit einheitlich formulierten Erlass erarbeitet. Dieser bedeutet grünes Licht für eine Wiederaufnahme der Beförderung der E-Scooter – allerdings mit klaren Anforderungen an die Technik der Elektromobile und der Busse sowie verbindlichen Verhaltensregeln für die Nutzer. Der im März 2017 in Kraft getretene Ministererlass gibt den Verkehrsunternehmen einen klaren Anforderungskatalog für eine sichere Mitnahme von E-Scootern. Ein Grund, den Scooter nicht zu befördern ist nur dann gegeben, wenn der Aufstellplatz für den E-Scooter bereits durch andere Fahrgäste (mit Rollstuhl, anderen E-Scootern, Kinderwagen oder allgemein durch einen voll besetzten Bus) belegt ist. Der Erlass im Originalwortlaut kann auf der Webseite des MBWSV NRW abgerufen werden: [http://www.mbwsv.nrw.de/presse/pressemitteilungen/Archiv-2017/2017\\_03\\_14\\_e-scooter](http://www.mbwsv.nrw.de/presse/pressemitteilungen/Archiv-2017/2017_03_14_e-scooter)

E-scooters safely. One reason for refusing the scooter user the right to board the bus is when the space foreseen for the E-scooter is already occupied by other passengers (with wheelchair, other E-scooters, prams or generally if the bus is full). The decree in its original form is available (in German only) by accessing the MBWSV NRW web page: [http://www.mbwsv.nrw.de/presse/pressemitteilungen/Archiv-2017/2017\\_03\\_14\\_e-scooter](http://www.mbwsv.nrw.de/presse/pressemitteilungen/Archiv-2017/2017_03_14_e-scooter)



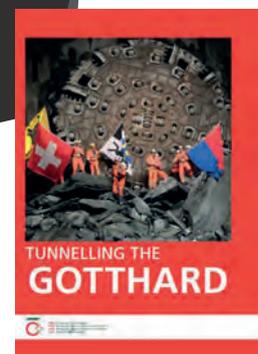
Fotos: ATG

## NEUERSCHEINUNG NEW RELEASE

Bestellen Sie jetzt bei Profil  
Order now at Profil

**DEUTSCH:**  
ISBN 978-3-033-05485-1  
EUR 80,00 zzgl. Versand

**ENGLISCH:**  
ISBN 978-3-033-05803-3  
EUR 80,00 zzgl. Versand



**PROFIL**

BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG

Tel.: 05241 80 88957 • [profil@bauverlag.de](mailto:profil@bauverlag.de)  
[www.profil-buchhandlung.de](http://www.profil-buchhandlung.de)

## Veranstaltung

## STUVA-Tagung 2017 in Stuttgart – Das internationale Forum für Tunnel und Infrastruktur

## Event

## 2017 STUVA Conference, Stuttgart – The International Forum for Tunnels and Infrastructure

Internationales Forum für Tunnel und Infrastruktur · *International Forum for Tunnels and Infrastructure*

# STUVA-Tagung 2017

**STUVA Conference 2017**

6.–8. Dezember 2017  
Messe Stuttgart

6–8 December 2017  
Trade Fair Stuttgart,  
Germany

Separates Segment Tunnelbetrieb!  
Separate Segment Tunnel Operation!



[www.stuva-conference.com](http://www.stuva-conference.com)

**STUVA**

Vom 6. bis 8. Dezember 2017 lädt die STUVA Fachleute aus den Bereichen des Bauens und des Betriebens von unterirdischen Anlagen zum wichtigsten Treffpunkt der Branche nach Stuttgart ein. Bei der letzten STUVA-Tagung in Dortmund im Jahr 2015 waren

The STUVA will invite experts from the fields of construction and operation of underground structures for the industry's most important get-together to be held in Stuttgart from December 6 to 8, 2017. More than 2400 experts from over 20 countries turned up for

Kategorie	Frühbucher	Normal
	Anmeldung bis 30.09.2017 <sup>(1)</sup>	Anmeldung ab dem 01.10.2017 <sup>(1)</sup>
STUVA-Mitglieder <sup>(2)</sup>	390,- €	440,- €
Nicht-Mitglieder	490,- €	540,- €
Studenten <sup>(3)</sup>	50,- €	50,- €
Festabend (Inkl. Essen und Getränke; Preis inkl. 19 % Ust.)	75,- €	75,- €

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

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

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

Vertretern der Fachpresse kann auf Anfrage und gegen Vorlage des Presseausweises kostenfreier Zutritt zu den Vortragsveranstaltungen sowie zur Fachausstellung gewährt werden (jeweils eine Person je Verlag).

Category	Early bookers	Normal
	Registered by 30.09.2017 <sup>(1)</sup>	Registered from 01.10.2017 <sup>(1)</sup>
STUVA-members <sup>(2)</sup>	390,- €	440,- €
Non-members	490,- €	540,- €
Students <sup>(3)</sup>	50,- €	50,- €
Gala evening (incl. food and drinks; price incl. 19 % VAT)	75,- €	75,- €

<sup>(1)</sup> Receipt of registration by STUVA; registration at venue entails a surcharge of 30 euros added to the regular tariff

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

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

Members of the trade press are admitted free-of-charge to the series of lectures as well as to the exhibition upon request after displaying a press card (one person per organisation).

#### Kontakt für Teilnehmer Contact for participants

Dipl.-Ing. Stefanie Posch  
Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen e. V. – STUVA  
Mathias-Brüggen-Str. 41  
50827 Köln/Cologne, Germany  
Phone: +49 (221) 5 97 95-0  
E-Mail: team@stuva-conference.com  
www.stuva-conference.com

#### Kontakt für Aussteller Contact for exhibitors

Heiko Heiden  
deltacom projektmanagement GmbH  
Gertigstr. 59  
22303 Hamburg, Germany  
Phone: +49 (40) 35 72 32-0  
E-Mail: heiden@deltacom-hamburg.de  
www.stuva-expo.de

insgesamt mehr als 2400 Fachleute aus über 20 Ländern vor Ort. Zwei Tage wird in Stuttgart in insgesamt rund 70 Fachvorträgen (mit Simultanübersetzung deutsch/englisch und englisch/deutsch) zu Tunnelbau und Tunnelbetrieb referiert. Vertiefte Einblicke in das Mega-Projekt Stuttgart–Ulm bieten der separate Vortragsblock am Nachmittag des zweiten Veranstaltungstages und die Exkursionen am dritten Tag.

Im Dezember 2016 wurde der Call for Papers an die Mitglieder der STUVA versendet, und derzeit wird das Tagungsprogramm nach Beschlüssen des wissenschaftlichen Programmbeirats und mit abschließender Genehmigung durch den STUVA-Vorstand zusammengestellt. Veröffentlicht wird das Programm voraussichtlich Anfang Juli 2017 auf [www.stuva-conference.com](http://www.stuva-conference.com) und kann dort schon jetzt in gedruckter Form angefordert werden. Die Anmeldung zur Tagung ist bereits ab Mitte Mai möglich.

### STUVA-Tagung mit parallelen Segmenten Tunnelbau und Tunnelbetrieb

Zusätzlich zur Vortragsreihe „Tunnelbau“ gab es 2015 erstmals in einer separaten, parallelen Veranstaltungsreihe Vorträge zum „Tunnelbetrieb“. Auf Grund des großen Zuspruchs wird dieses Konzept in 2017 fortgesetzt.

### Starke Unterstützung der Veranstaltung

Die herausragende Bedeutung der STUVA-Tagung für den Tunnelbau und Tunnelbetrieb wurde auch vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) anerkannt. Zusammen mit dem Deutschen Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB) und der International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) unterstützen diese Institutionen die STUVA-Tagung als ideale Träger.

### Tagungsbegleitende Ausstellung STUVA-Expo mit neuer Rekordbeteiligung

Die Tagung wird flankiert von einer Fachausstellung, die von inzwischen mehr als 170 in- und ausländischen Unternehmen als professionelle Marketingplattform genutzt wird und eine Fläche von mehr als 7000 m<sup>2</sup> einnimmt. Bei Redaktionsschluss waren bereits 2800 m<sup>2</sup> netto Ausstellungsfläche vermietet. Durch die Erweiterung des Vortragspektrums bieten sich auch auf der STUVA-Expo neue Chancen! Nutzen auch Sie die Gelegenheit, Ihre Firma optimal zu präsentieren. Informationen zur Ausstellung und einen Überblick der in 2017 teilnehmenden Firmen finden Sie unter: [www.stuva-expo.de](http://www.stuva-expo.de) 

the last STUVA Conference in Dortmund in 2015. Around 70 papers (with simultaneous German/English and English/German translation) will be presented over two days in Stuttgart. They will deal with tunnelling and tunnel operation. The separate block of lectures on the afternoon of Day 2 and the excursions on Day 3 will provide a greater insight into the Stuttgart–Ulm mega project.

In December 2016 STUVA members were sent the call for papers, and currently the conference programme is being compiled in accordance with resolutions by the scientific advisory council and final approval by the STUVA board. The programme is due to be published in early July 2017 on [www.stuva-conference.com](http://www.stuva-conference.com) and can be requested there in printed form. You can register for the Conference as from mid-May.

### STUVA Conference with parallel Segments on Tunnelling and Tunnel Operation

In addition to the “Tunnelling” series a separate, parallel series of lectures on “Tunnel Operation” was held in 2015 for the first time. This concept is being set forth in 2017 on account of the great resonance.

### Strong Support for the Event

The outstanding importance of the STUVA Conference for tunnelling and tunnel operation has also been recognised by the German Federal Ministry for Transport and Digital Infrastructure (BMVI) and the Federal Highway Research Institute (BASt). In conjunction with the German Tunnelling Committee (DAUB) and the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA), these institutions are official sponsors of the STUVA Conference.

### STUVA Expo: Exhibition accompanying the Conference with record Participation

The Conference is backed up by an exhibition, which is used as a professional marketing platform now involving more than 170 firms from home and abroad, spread over an area of more than 7000 m<sup>2</sup>. At the time of going to press more than 2800 m<sup>2</sup> of net space had already been taken. By expanding the lecture programme, the STUVA Expo also provides new opportunities! Make sure you also take advantage of presenting your company in an optimal light. Details on the exhibition and a list of the companies taking part in 2017 can be obtained at: [www.stuva-expo.de](http://www.stuva-expo.de) 

Seminar, 21.–22. Juni

## Schutz vor Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen bei Schienenbahnen

Unter Leitung und Mitwirkung von Dr.-Ing. Friedrich Krüger, STUVA e. V., veranstaltet die Technische Akademie Esslingen am 21. und 22. Juni 2017 ein Seminar zum Thema: „Schutz vor Erschütterungs- und 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 und Attraktivität 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.

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.

### Konkrete Möglichkeiten zur Lösung von Erschütterungsproblemen

Das Seminarprogramm berücksichtigt den Gesamtkomplex der Entstehung, Ausbreitung und Minderung sowie der 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. Gleichmaßen bedeutend für die Anwohner und Betreiber ist die Rechtsprechung. Deshalb wird dieses Thema ebenfalls behandelt. Das Seminar findet in der Technischen Akademie Esslingen in Ostfildern-Nellingen statt. Die zweitägige Veranstaltung richtet sich an 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: [www.stuva.de/weitere-veranstaltungen/kongresse-seminare](http://www.stuva.de/weitere-veranstaltungen/kongresse-seminare) 

Seminar, June 21–22

## Protection against Vibration and secondary Noise Immissions in Rail Traffic

Under the aegis and participation of Dr.-Ing. Friedrich Krüger of STUVA the Technical Academy Esslingen is staging a seminar on "Protection against Vibration and secondary Noise Immissions in Rail Traffic" on June 21 and 22, 2017.

Urban rail transportation is second to none for carrying people in built-up areas quickly and safely from where they live to their place of work. The ecological advantage also makes such route alignments purposeful in economic and socio-political terms. Generally speaking, it is essential that routes run underground in urban areas so that they are assured high efficacy and attractivity and do not interfere with other forms of transport. It is also essential to provide tunnels for mainline traffic especially when routes must operate at high speeds. People have become more aware of vibrations and secondary noise immissions produced by rail transportation. Thus the implementation of protective measures for the general public as well as for sensitive buildings and equipment has become imperative both for local residents and operators. Measures designed to reduce vibrations and secondary noise immissions caused by rail traffic must be applied to a growing extent. Noise protection represents an essential legal requirement during planning, approval, the setting up, commissioning and operation of new rail routes, thus contributing to cutting down on environmental impacts.

### Concrete Possibilities for solving Vibration Problems

The seminar programme takes into account the entire spectrum of the creation, spread and reduction of vibrations and secondary noise caused by railways as well as how to measure and assess these factors. Concrete possibilities for investigating and solving vibration problems in rail transportation in general are put forward. The superstructure represents an important factor for influencing vibration emissions, thus this is accorded particular scrutiny. Jurisdiction is of equal importance for local residents and operators. Consequently, this topic is also dealt with. The seminar will be staged in the Esslingen Technical Academy at Ostfildern-Nellingen, Germany. The two-day event is aimed at executives and members of staff from local transportation company departments, mainline railways, authorities, consultants and companies involved in emission protection. Further information (German language only): [www.stuva.de/weitere-veranstaltungen/kongresse-seminare](http://www.stuva.de/weitere-veranstaltungen/kongresse-seminare) 

## Jubilar

**Dr.-Ing. Karl Morgen 65 Jahre**

Herzliche STUVA-Glückwünsche senden wir an Dr.-Ing. Karl Morgen, der im März 2017 seinen 65. Geburtstag feierte. Dr. Morgen ist geschäftsführender Gesellschafter der WTM Engineers GmbH und seit 2003 im Vorstand der STUVA tätig; seit 2005 als 1. stellvertretender Vorsitzender. Er blickt auf zahlreiche erfolgreich umgesetzte Projekte in allen wesentlichen Disziplinen des Bauingenieurwesens zurück, sowohl im In- als auch im Ausland. Seine Leistungen wurden u. a. 2015 durch die Verleihung der Emil-Mörsch-Denkmedaille gewürdigt. Wir freuen uns, dass wir weiterhin auf seine Kompetenz und Erfahrung zählen dürfen und sagen ganz herzlich Danke für die tatkräftige Unterstützung der STUVA. 



Dr.-Ing. Karl Morgen

## Jubilarian

**Dr.-Ing. Karl Morgen turned 65**

We at the STUVA should like to congratulate Dr.-Ing. Karl Morgen most warmly after he turned 65 in March 2017. Dr. Morgen is CEO of WTM Engineers GmbH and a member of the STUVA board since 2003; since 2005 as 1<sup>st</sup> deputy chairman. He can look back on a large number of successfully completed projects in all major spheres of civil engineering both at home and abroad. His accomplishments have among other things been acknowledged by the presentation of the Emil Mörsch commemorative medal in 2015. We are delighted that we can continue to count on his competence and experience and take this opportunity of thanking him for actively supporting the STUVA. 

Quelle/Credit: STUVA



**BGL** 2015  
BAUGERÄTELISTE

NEU

NEUAUFLAGE 2015

**Jetzt neu**

Die BGL Baugeräteliste mit den Mittleren Neuwerten 2014  
– als Buch, Online-Version und csv-Daten

**BGL 2015 Online**

immer auf dem neuesten Stand  
EUR 299,00 p.a.

**Bestellen bei Profil-Buchhandlung im Bauverlag**

Bauverlag BV GmbH  
Avenwedder Straße 55  
33311 Gütersloh

Tel.: 05241 80 88957  
profil@bauverlag.de  
www.profil-buchhandlung.de/bgl

JETZT BESTELLEN!



**PROFIL**  
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG



**DIE DEUTSCHE  
BAUINDUSTRIE**  
BAUEN UND SERVICES



**bau|||verlag**  
Wir geben Ideen Raum

### Nachrufe

## Dr.-Ing. Hans Walter und Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Künne verstorben

Die STUVA hat Abschied von zwei langjährigen Weggefährten nehmen müssen. Im Februar starb **Dr.-Ing. Hans Walter**, ehemaliger Verwaltungsratsvorsitzender der STUVAtec GmbH und Ehrenmitglied der STUVA. 1960 hatte seine junge Ingenieursfirma vom gerade gegründeten Europäischen Entwicklungsfonds den Auftrag für die Technische Kontrolle über Infrastrukturprojekte in Mali, Gabun und Tschad erhalten, und noch im gleichen Jahr errichtete Dr. Walter Ingenieurbüros in den Hauptstädten dieser drei Länder. Der afrikanische Kontinent sollte ihn ein Leben lang fesseln und nie mehr loslassen. Über 40 000 Kilometer befestigte Straßen sind durch die Arbeit des leidenschaftlichen Ingenieurs in Afrika entstanden. Zahlreiche junge Afrikaner hat er dazu gebracht, sich als Vermesser und Zeichner ausbilden zu lassen. Seit 1966 vertrat er Kamerun als Honorarkonsul in Deutschland. Noch im vergangenen Jahr war er für seine 50-jährige Tätigkeit als dienstältester Honorarkonsul Deutschlands in Essen geehrt worden.

Ebenfalls im Februar verstorben ist **Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Künne**. Er war von 1973 bis 1997 Vorstandsmitglied der STUVA und wurde danach zum Ehrenmitglied ernannt. Seit er 1958 im Stuttgarter Stadtplanungsamt seine Karriere begonnen hatte, prägte er maßgeblich das Bild der Landeshauptstadt. Es war Künne, der früh mit verkehrswissenschaftlichen Methoden den Generalverkehrsplan der Stadt entwickelte, welcher mit zeitgemäßen Anpassungen bis heute Basis für den Ausbau der Stuttgarter Verkehrsinfrastruktur ist. Als Parteiloser war er 1978 zum Technischen Bürgermeister gewählt worden und hat, bis er 1993 auf eine Wiederwahl verzichtete, zahllose Bauten und Projekte realisiert – darunter alleine 600 Hochbauten und 18 Kilometer Stadtbahntunnel. Seine große Fachkompetenz brachte Prof. Künne in zahlreiche Gremien der Verkehrsforschung, der Abfall- und Abwasserforschung, des Deutschen Städtetags und als Aufsichtsrat in städtischen Beteiligungsunternehmen ein. 1990 wurde er für sein übergreifendes Engagement mit dem Bundesverdienstkreuz Erster Klasse ausgezeichnet. 

### Obituaries

## Dr.-Ing. Hans Walter and Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Künne both deceased

The STUVA has been obliged to say farewell to two long-standing associates. **Dr.-Ing. Hans Walter**, the former chair of the STUVAtec GmbH administrative council and an honorary member of the STUVA, passed away in February. In 1960, his infant engineering company was commissioned by the newly launched European Development Fund to take charge of the technical control of development projects in Mali, Gabon and Chad. In the same year, Dr. Walter set up engineering offices in the capitals of these three countries. He was fascinated by the African continent throughout his life, a link that was never to be broken. More than 40 000 km of paved roads came about in Africa thanks the efforts of the dedicated engineer. He prompted many young Africans to train to become surveyors and draftsmen. He represented Cameroun as its honorary consul in Germany as from 1966. Last year, he received an award in Essen for his 50-year long stint as Germany's longest-serving honorary consul.

**Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Künne** also died in February. From 1973 to 1997, he was a member of the STUVA Board and subsequently became an honorary member. Since beginning his career in the Stuttgart urban planning office in 1958, he was instrumental in shaping the picture of the regional capital. Künne was responsible for developing the general transport plan for the city at an early stage by applying scientific methods, something that till today has been the basis for developing Stuttgart's transport infrastructure, including contemporary adjustments. As a neutral he was appointed technical mayor in 1978 and accomplished numerous buildings and other projects – including 600 high-risers and 18 km of urban railway tunnels until 1993, when he stepped down from office. Prof. Künne revealed his vast store of competence in numerous committees on transport research, waste and drainage research, the German League of Cities and as a member of the supervisory boards of municipal holding companies. In 1990, he was awarded the Federal Cross of Merit First Class for his diverse activities. 

**SAFEX Congress XIX**

Scandic Grand Marina Hotel  
Helsinki, Finland  
15.–20.05.2017

**Contact:**

Secretary General SAFEX  
International  
Dr. Pieter Halliday  
Tel. + Fax: +27 11 704 1743  
secretariat@  
safex-international.com  
www.safex-international.org

**2<sup>nd</sup> Roads, Bridges  
and Tunnel Fair**

Congresium, Ankara, Turkey  
24.–26.05.2017

**Contact:**

Mustafa Kemal Mahallesi  
Tel.: +90 312 440 41 55  
Fax: +90 312 440 41 54  
iletisim@road2tunnel.com  
www.road2tunnel.com/en

**Swiss Tunnel Congress  
2017**

Kultur- und Kongresszentrum  
(KKL), Luzern, Switzerland  
30.05.–01.06.2017

**Contact:**

Tagungssekretariat,  
Thomi Bräm  
Tel.: +41 56 200 23 33  
Fax: +41 56 200 23 34  
fgu@thomibraem.ch  
www.swisstunnel.ch

**RETC 2017**

*Rapid Excavation and  
Tunnelling Conference*  
Manchester Grand Hyatt,  
San Diego, California, USA  
04.–07.06.2017

**Contact:**

SME – Society for Mining,  
Metallurgy & Exploration  
Tel.: +1 303/948-4200  
cs@smenet.org  
www.retc.org

**World Tunnel Congress  
2017**

Edvard Grieg Hall, Bergen,  
Norway  
09.–16.06.2017

**Contact:**

NFF – Norwegian  
Tunnelling Society  
Tel.: +47 67/57 11 73  
nff@nff.no  
www.tunnel.no  
www.wtc2017.com

**Eurock 2017**

*ISRM International Symposium  
Human Activity in Rock Masses*  
Clarion Congress Hotel,  
Ostrava, Czech Republic  
20.–22.06.2017

**Contact:**

Symposium Secretariat  
BOS. org Ltd.  
Tel.: +420 595 136 808  
Fax: +420 475 205 169  
ostrava@bos-congress.cz  
www.eurock2017.com

**Rapid Underground  
Mine and Civil Access  
Conference 2017**

Emperors Palace Convention  
Centre, Johannesburg,  
South Africa  
07.–09.08.2017

**Contact:**

Camelieh Jardine  
(conference coordinator)  
Tel.: +27 11/834 127-3 (-7)  
Fax: +27 11/833 8156  
camielah@saimm.co.za  
www.saimm.co.za

**ICTUS17**

*2017 International Conference  
on Tunnels and Underground  
Spaces (as part of the 2017  
World Congress on Advances  
in Structural Engineering and  
Mechanics (ASEM17))*  
KINTEX (Korea International  
Exhibition Center),  
Seoul (Ilsan), Korea  
28.08.–01.09.2017

**Contact:**

ASEM17 Secretariat  
Tel.: +82 42 828-7995  
Fax: +82 42 828-7997  
info@asem17.org  
www.i-asem.org/new\_conf/  
asem17.htm

**Shotcrete  
for Underground  
Support XIII**

*New Developments in Rock  
Engineering, Tunnelling,  
Underground Space and Deep  
Excavation*  
*An ECI Conference Series*  
Kloster Irsee, near Augsburg,  
Germany  
03.–06.09.2017

**Organized by:**

Engineering Conferences  
International (ECI) and the  
Institute for Underground  
Engineering (IuB), University  
of Applied Sciences Münster  
www.engconf.org/  
conferences/civil-and-  
environmental-engineering/

**9<sup>th</sup> EFEE World Confe-  
rence on Explosives and  
Blasting**

The Brewery, Stockholm,  
Sweden  
10.–12.09.2017

**Contact:**

info@efee2017.com  
www.efee2017.com

**ISAVFT 2017**

*17<sup>th</sup> International Symposium  
on Aerodynamics, Ventilation &  
Fire in Tunnels*  
Lyon, France (exact venue  
tba)  
13.–15.09.2017

**Contact:**

Georgia Coomes (conference  
organiser)  
Tel.: +44 3301192110  
confx1@bhrgroup.co.uk  
www.bhrgroup.com >Events

**AfriRock 2017 –  
ISRM International  
Symposium**

*Rock Mechanics for Africa*  
Cape Town Convention  
Centre, Cape Town,  
South Africa  
02.–07.10.2017

**Contact:**

Raymond van der Berg  
(Head of Conferencing)  
Tel.: +27 11/834 127-3(-7)  
Fax: +27 11/833 8156  
raymond@saimm.co.za  
www.saimm.co.za > Events

**NRMS 2017**

*3<sup>rd</sup> Nordic Rock Mechanics  
Symposium*  
Best Western Plus Hotel Haa-  
ga, Helsinki, Finland  
11.–12.10.2017

**Organizing Committee:**

Erik Johansson  
Tel.: +358 9 530 6540  
erik.johansson@sroy.fi  
**Symposium Secretariat:**  
Ville Raasakka  
Finnish Association of Civil  
Engineers RIL  
Tel.: +358 50 3668687  
ville.raasakka@ril.fi  
www.rock2017.fi

## 66. Geomechanik Kolloquium 2017

Salzburg Congress, Salzburg, Austria  
12.–13.10.2017

### Contact:

Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG)  
Tel.: +43 662/87 55 19  
Fax: +43 662/88 67 48  
Salzburg@oegg.at  
www.oegg.at

## UIUA 2017

*Underground Infrastructure of Urban Areas*  
Science and Technical University of Wrocław, Main Building, Wrocław, Poland  
25.–26.10.2017

### Contact:

Andrzej Kolonko (secretary of the conference)  
Tel.: +48 71 320 29 14  
Mobile: +48 507043537  
andrzej.kolonko@pwr.edu.pl  
www.uiua.pwr.edu.pl

## The Value is Underground

15<sup>th</sup> International AFTES

Congress

Palais des Congrès, Paris, France  
13.–15.11.2017

+ **ITA Tunnelling Awards 2017 (15.11.)**

+ **Shaping the Future (16.11.)**

Underground architecture and urban development

### Contact:

AFTES – L'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain  
Tel.: +33 1/44 58 2-743  
Fax : +33 1/44 58 2-459  
www.aftes.asso.fr

## Südbahntagung 2017

Montanuniversität Leoben, Österreich  
30.11.2017

### Kontakt:

Tel.: +43 3842 402 - 3400  
robert.galler@unileoben.ac.at  
Tel.: +43 3842 402 - 8409  
robert.hermann@unileoben.ac.at  
www.suedbahntagung.at

## STUVA-Tagung 2017/ STUVA Conference 2017

ICS Internationales Congresscenter Stuttgart, Germany  
06.–08.12.2017

### Contact for participants:

Stefanie Posch  
STUVA e. V.  
Tel.: +49 221/5 97 95-0  
team@stuva-conference.com  
www.stuva-conference.com

### Contact for exhibitors:

Heiko Heiden  
deltacom  
projektmanagement GmbH  
Tel.: +49 40/35 72 32-0  
heiden@deltacom-hamburg.de  
www.stuva-expo.de

## bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

**tunnel** 36. Jahrgang / 36<sup>th</sup> Year  
www.tunnel-online.info

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

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

**Chefredakteur / Editor in Chief:**  
Eugen Schmitz  
E-Mail: eugen.schmitz@bauverlag.de

**Verantwortlicher Redakteur / Responsible Editor:**  
Marvin Klostermeier  
Phone: +49 5241 80-88730  
E-Mail: marvin.klostermeier@bauverlag.de

**Redaktionsbüro / Editors Office:**  
Heike Telocka  
Phone: +49 5241 80-1943  
E-Mail: heike.telocka@bauverlag.de  
Gaby Porten  
Phone: +49 5241 80-2162  
E-Mail: gaby.porten@bauverlag.de

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

**Advertisement / Head of Sales:**  
Jens Maurus  
Phone: +49 5241 80-89278  
Fax: +49 5241 80-60660  
E-Mail: jens.maurus@bauverlag.de  
(verantwortlich für den Anzeigenteil/responsible for advertisement)

**Head of International Sales:**  
Ingo Wanders  
Phone: +49 5241 80-41973  
Fax: +49 5241 80-641973  
E-Mail: Ingo.Wanders@bauverlag.de

**Head of Digital Sales**  
Axel Gase-Jochens  
Phone: +49 5241 80-7938  
Fax: +49 5241 80-67938  
E-Mail: Axel.Gase-Jochens@bauverlag.de

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 34 vom 1.10.2015  
Advertisement Price List No. 34 dated 1.10.2015 is currently valid

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

Italien/Italy  
Ediconsult Internazionale S.r.l.  
Signora Paola Pedevilla  
Piazza Fontane Marose, 3  
16123 Genova  
Tel.: +39 010 583 684 / Fax: +39 010 566 578  
e-mail: costruzioni@ediconsult.com

USA, Kanada/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 bei jeder Buchhandlung bestellt werden. Subscriptions can be ordered directly from the publisher or at any bookshop.

Bauverlag BV GmbH  
Postfach/PO. Box 120, 33311 Gütersloh  
Deutschland/Germany  
**Kontakt / Contact:**  
Heike Ireson  
Phone: +49 5241 80-90884

E-Mail: leserservice@bauverlag.de  
Fax: +49 5241 80-690880

**Marketing & Vertrieb / Subscription and Marketing Manager:**  
Michael Osterkamp

### 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** € 165,00  
**Studenten / Students** € 97,00  
**Ausland / Other Countries** € 175,00  
**Einzelheft / Single Issue** € 27,20  
(inklusive Versandkosten / including postage)  
**eMagazine** € 99,00

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

**Kombinations-Abonnement Tunnel und tHIS jährlich inkl. Versandkosten:**  
€ 214,80 (Ausland: € 221,54)

**Combined subscription for Tunnel + tHIS including postage:**  
€ 214,80 (outside Germany: € 221,54).  
(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag/with surcharge for delivery by air mail)

Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlängert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von drei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums gekündigt wird.

The subscription is initially valid for one year and will renew itself automatically if it is not cancelled in writing not later than three months before the end of the subscription period.

### Veröffentlichungen:

Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das alleinige Veröffentlichungs- und Verarbeitungsrecht des Verlages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die Rubrik „STUVA-Nachrichten“ liegt in der Verantwortung der

STUVA. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichnete Beiträge übernimmt der Verfasser. 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 identified with the author's name. Honoraria for publications shall only be paid to the holder of the rights. The journal and all articles and illustrations contained in it are subject to copyright. With the exception of the cases permitted by law, exploitation or duplication without the content of the publishers is liable to punishment. This also applies for recording and transmission in the form of data. The general terms and conditions of the Bauverlag are to be found in full at www.bauverlag.de

### Druck/Printers:

Bösmann Medien und Druck GmbH & Co. KG, D-32758 Detmold

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



# tunnel

The international trade magazine  
for underground construction

tunnel  
eMagazine

only

€ 99

(8 issues)

image – © ÖBB/Gerhard Berger

Receive each tunnel issue as a PDF file.  
Get free access to all published tunnel  
editions since 2010.

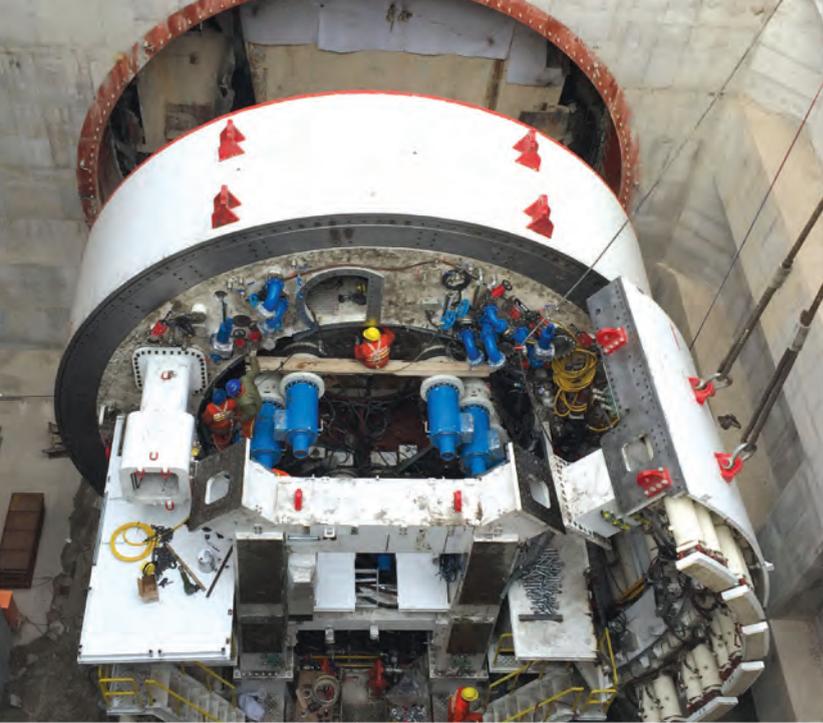
**tunnel** – The technical and practice-orientated  
magazine dealing with all information about  
subsurface constructions.

Learn about

- Planning and designing
- Realization of projects
- Technical developments
- Tunneling equipment
- Maintenance and renovation  
of subsurface constructions

[www.tunnel-online.info/emag](http://www.tunnel-online.info/emag) phone +49 52418090884 [readerservice@bauverlag.de](mailto:readerservice@bauverlag.de)





**WTC 2017, June 12 – 14 in Bergen Norway,  
Silver Booth No. 76**



**+ China:**

Contact: [info@crectbm.com](mailto:info@crectbm.com)  
 Phone: +86 371 60608680  
 Address:  
 No.99,6th Avenue  
 National Economic & Technical Development Zone  
 450016 Zhengzhou, Henan Province  
 People's Republic of China

**+ Asia & Africa:**

Contact: [enquiries@cte-limited.com](mailto: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 & Latin America:**

Contact: [info@creg-germany.com](mailto:info@creg-germany.com)  
 Phone: +49 2431 9011 533  
 Address:  
 CREG TBM Germany GmbH  
 Jülicherstraße 10–12  
 41812 Erkelenz  
 Germany

Website: [www.creg-germany.com](http://www.creg-germany.com)