

www.tunnel-online.info

tunnel

8

December

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2015

Crossrail: „TBM First“ Strategy for Lot C300/410 | 10
Tunnelling in Germany: Statistics 2014/2015 | 22
Upgrading Tunnels through Fire-Fighting Systems | 38



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

Ultimate

The Eurasia Tunnel – an unparalleled milestone in tunnelling: 13,7 m TBM diameter, enormous 11 bar water pressure, **connecting Asia with Europe** in up to 106m depth, through a highly variable and abrasive geology.

Pioneer

Final breakthrough on August 22, 2015 – **after 16 months of extreme tunnelling**, a dream came true.

Success

A cooperation that led to success: Yapı Merkezi, SK E&C and Herrenknecht mastered the Bosphorus crossing with an **unshakeable will and team spirit**.

Contractors:

- › Yapı Merkezi İnşaat ve Sanayi A.Ş. (Leader)
- › SK Engineering & Construction Co., Ltd.

Pioneering Underground Technologies

› www.herrenknecht.com



tunnel 8/15

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



Bei der Sanierung von Straßentunneln werden Brandbekämpfungsanlagen in vielen Ländern bereits zur Kompensation von Maßnahmen des baulichen und betrieblichen Brandschutzes genutzt

Fixed fire-fighting systems are used in many countries already to compensate for structural and operational fire protection measures in road tunnel refurbishment

Quelle/credit: Fogtec

(Seite/page 38)

Title

Um den hohen Sicherheitsanforderungen beim Projekt Crossrail Rechnung zu tragen, wurde ein neuer, permanenter Spritzbetonschalenausbau entwickelt. Das Titelbild zeigt den Einbau der permanenten Spritzbetonschale an der Tottenham Court Road

In order to comply with the high safety demands for the Crossrail project, a new, permanent sprayed concrete lining was developed. Our cover picture shows the installation of the permanent sprayed concrete shell at Tottenham Court Road

Quelle/credit: BAM – Ferrovia – Kier

Nachrichten / News

2

Hauptbeiträge / Main Articles

Crossrail: „TBM First“-Strategie beim Los C300/410 und permanenter Spritzbetonschalenausbau 10

Crossrail: "TBM First" Strategy for Lot C300/410 and permanent Shotcrete Lining Support
Dipl.-Ing. Stephan Fleischmann; Dipl.-Ing. Christoph Stieler; MSc CGeol CSci FGS Mike Black

Tunnelbau in Deutschland: Statistik (2014/2015), Analyse und Ausblick 22

Tunnelling in Germany: Statistics (2014/2015), Analysis and Outlook
Dipl.-Bibl. Martin Schäfer

Fachtagungen / Conferences

64. Geomechanik Kolloquium und Eurock 2015 34

64th Geomechanics Colloquium and Eurock 2015

Brandschutz / Fire Protection

Tunnelsanierung mittels aktiver Brandbekämpfungsanlagen – Teil 1 38

Upgrading Tunnels through active Fire-Fighting Systems – Part 1
Armin Feltmann; Dirk Sprakel; Dipl.-Ökonom Hans Adden; Dr.-Ing. Götz Vollmann; Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes; Michael Klinger, M. Sc.

Koordinierte Lösungen für den Ereignisfall im Tunnel 46

Coordinated Solutions for Incidents in Tunnels
Urs Kummer, MSc

Produkte / Products

Tunnelklappen aus rostfreiem Stahl 52

Tunnel Dampers of stainless Steel

Informationen / Information

Veranstaltungen / Events 55

Inserentenverzeichnis / Advertising List 56

Impressum / Imprint 56

Österreich

Zweiröhriger Ausbau des Bosrucktunnels fertiggestellt

1983 war der 5425 m lange Bosrucktunnel zwischen Oberösterreich und der Steiermark in Betrieb genommen worden; ab Sommer 2013 rollte der Verkehr durch eine neue zweite Röhre. Nach umfassender Sanierung der alte Röhre erfolgte am 19. Oktober 2015 nun die Eröffnung des zweiröhrig ausgebauten Straßentunnels durch den fast 2000 m hohen Bosruck. Der Tunnel ist mit modernsten Sicherheitseinrichtungen ausgestattet und wird täglich von rund 18 000 Fahrzeugen genutzt. 280 Millionen Euro hat die ASFINAG in den Vollausbau und die Modernisierung investiert.

„Mit dem Ende des Gegenverkehrs im Bosrucktunnel ist der Sicherheitsausbauder wichtigen Pyhrnachse wieder um ein großes Stück voran geschritten. Und auch in den kommenden Jahren steht die A 9 unvermindert im Zentrum unserer Anstrengungen für mehrTunnelsicherheit“, sagt ASFINAG-Vorstand Alois Schedl. „Ende 2018 sind weitere vier Tunnel bei Klaus in Oberösterreich mit zwei Röhren ausgebaut und von Grund auf modernisiert.“ Bis 2019, so Schedl weiter, sei mit dem Ausbau des Gleinalmtunnels in der Steiermark das letzte Nadelöhr auf der stark befahrenen Nord-Süd-Verbindung beseitigt.

Tiefgreifende Erneuerungen

Das Projekt Bosrucktunnel war aus technischer Sicht eine Herausforderung, sagt Alexander Walcher, Geschäftsführer der ASFINAG Bau Management GmbH: „Aufgrund der speziellen geologischen Bedingungen mussten wir neben der Fahrbahn auch die Zwischendecke und die Tunnel-Außenschale tiefgreifend erneuern. Weil der Berg zunehmend auf den Tunnel gedrückt hat, wurde die neue Röhre mit einer einen Meter dicken Betonschale ausgeführt und auch die Bestandsröhre entsprechend saniert.“

Modernste Sicherheitseinrichtungen

Der Bosrucktunnel verfügt über die europaweit modernste Ausstattung für Tunnelanlagen: helle, reflektierende Tunnelwandbeschichtung, Bordstein-Reflektoren beidseitig, eine Tunnelfunkanlage für Verkehrsfunk, Einsatzkräfte und Betrieb, brandbeständige Lüfter und Glasfaserkabel für eine schnellere Datenübertragung. Darüber hinaus ist die Anlage mit dem akustischen Frühwarnsystem AKUT ausgestattet. Das gemeinsam mit der steirischen Forschungsgesellschaft Joanneum Research entwickelte System erkennt durch Spezialmikrofone ungewöhnliche Geräusche wie etwa einen Aufprall, eine Vollbremsung oder Schreie. Die Operatoren in der zuständigen Überwachungszentrale Ardnung können damit schneller auf außerordentliche Ereignisse wie Unfälle reagieren. Installiert sind auch Spezial-Lautsprecher, so genannte Grenzflächenhörner, die es Personen im Tunnel ermöglichen, Informationen sowie Anweisungen der Mitarbeiter in der Überwachungs-zentrale gut zu verstehen. 

Austria

Twin-bore Upgrading of the Bosruck Tunnel completed

The 5425 m long BosruckTunnel between the states of Upper Austria and Styria has been in operation since 1983, and traffic has been running through a new second bore since summer 2013. After thorough refurbishment of the original bore, the fully improved twin-bore tunnel through the almost 2000 m high Bosruck was opened for traffic on 19 October 2015, equipped with the most modern safety equipment and used by 18 000 vehicles daily. The Austrian autobahn operator ASFINAG has invested 280 million euros in the upgrading and modernisation of the tunnel.

„With the end of two-way traffic in the Bosruck Tunnel, the safety upgrade of the important Pyhrn axis has taken another major step forward. And the autobahn A9 will remain a central feature of our efforts to improve tunnel safety for the coming years;“ said ASFINAG chairman Alois Schedl. “At the end of 2018, four further tunnels near Klaus in Upper Austria will have been provided with second bores and thoroughly modernised. By 2019, the Gleinalm Tunnel upgrading in Styria will remove the last bottleneck on the busy north-south link.“

Substantial Refurbishment

The Bosruck Tunnel project was a technical challenge, said Alexander Walcher, managing director of ASFINAG Bau Management GmbH: „Due to the particular geological conditions, we had to renew not only the carriageway but also large parts of the intermediate slab and outer lining of the tunnel. Since the rock mass had increasingly squeezed the tunnel, the new bore was provided with a concrete lining one metre thick and the existing bore was correspondingly upgraded.“

State-of-the-Art Safety Equipment

The Bosruck Tunnel now has the most modern equipment of any tunnel in Europe: light-coloured, reflective tunnel wall coating; kerb reflectors on both sides; a tunnel radio system for traffic news, emergency services and operations personnel; fire-resistant ventilation fans and glass fibre cable for quicker data transmission.

In addition, the tunnel is now equipped with the acoustic early warning system AKUT. This system, developed in collaboration with the research company Joanneum Research from Styria, uses special microphones to detect unusual noises such as a collisions, emergency braking or shouts. The operators in the responsible surveillance centre in Ardnung can thus react more quickly to unusual events such as accidents.

Special horn flare loudspeakers are also installed, which make it possible for people in the tunnel to better understand information and instructions from the employees in the surveillance centre. 

Deutschland

Vortriebsmaschine im Fildertunnel hat erste Schildfahrt beendet

Die Tunnelvortriebsmaschine (TVM), die im Rahmen des Infrastrukturprojekts Stuttgart 21 den Fildertunnel auffährt, hat Mitte November 2015 ihre erste Schildfahrt beendet. Der Fildertunnel (PfA 1.2) verbindet auf einer Länge von 9,5 km den im Talkessel liegenden Stuttgarter Hauptbahnhof mit der rund 155 m höher liegenden Filderebene. Die Bauausführung liegt in der Verantwortung des Konsortiums ATCOST 21 unter technischer Federführung der Porr Bau GmbH.

Die auf den Namen Suse getaufte Herrenknecht-Maschine steht in der Oströhre, in der später das Streckengleis Ulm-Stuttgart verläuft, aktuell auf der Marke von 4080 Tunnelmetern. Bis hierher, in den Stuttgarter Stadtteil Hoffeld, hat sie 1967 Tübbingringe, bestehend aus sechs großen Fertigbetonteilsegmenten und einem Schlusstein verbaut. Die Maschine samt Schneidrad wird nun im Tunnel demontiert. Ihr Schildmantel wird im Tunnel verbleiben; die angehängten Nachläufer werden herausgezogen. In der Baugrube vor dem Filderportal wird die TVM für die anstehende Schildfahrt in der Weströhre vorbereitet, die nach Angaben der Deutschen Bahn im Frühjahr 2016 starten soll. 

Germany

TBM in the Filder Tunnel has completed the first Shield Drive

The tunnel boring machine (TBM) driving the Filder Tunnel as part of the Stuttgart 21 infrastructure project has completed its first drive in the middle of November 2015. The Filder Tunnel (PfA 1.2) has a length of 9.5 km and links the main station of Stuttgart in the valley to the Filder Plain, which is about 155 m higher. Construction is executed by the ATCOST 21 consortium under the technical lead of Porr Bau GmbH.

The Herrenknecht machine called Suse is currently in the east bore, in which the track from Ulm to Stuttgart will later run, at chainage 4080 m. To reach this point in the Stuttgart suburb of Hoffeld, it has installed a lining of 1967 segment rings each consisting of six large pre-

cast concrete segments and one keystone.

The machine including cutting wheel will now be dismantled in the tunnel. The shield skin will remain in the tunnel and the backup will be pulled out backwards. In the construction pit at the Filder portal, the TBM will be prepared for the coming excavation of the west bore, which according to information from German Railways DB should start in early 2016. 



Die Tunnelvortriebsmaschine Suse hat Mitte November 2015 ihre erste Schildfahrt für den Fildertunnel im Projekt Stuttgart 21 beendet

The tunnel boring machine Suse completed its first drive for the Filder Tunnel on the Stuttgart 21 project in the middle of November 2015

Quelle/Credit: DB Projekt Stuttgart-Ulm/Erwin Fleischmann

Crossbar for lifting concrete pipe segments



Maschinen
and Stahlbau



Dresden
Branch of Herrenknecht AG

Specialist for tunneling equipment
and logistic systems

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

Segment handling system



Deutschland

Erste Tunnelbohrmaschine für Tunnel Rastatt abgenommen

Die erste von zwei Tunnelbohrmaschinen (TBM) für den Tunnel Rastatt ist am 8. Dezember 2015 beim Hersteller Herrenknecht in Schwanau vom Kunden, der ARGE Tunnel Rastatt, abgenommen worden. Die beiden Mixschilder werden je eine Röhre des zweiröhri-gen Tunnels auffahren und im Rohbau fertigstellen. Der Eisenbahntunnel ist Bestandteil der Aus- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel.

Der 93 m lange und 2300 t schwere Mixschild S-953 mit einem Schilddurchmesser von 10,94 m und einer Schneidradantriebsleistung von 1920 kW wird nun auseinandergebaut und zur Startbaugrube nach Ötigheim transportiert. Dort beginnt die Maschine nach ihrem Wiederaufbau voraussichtlich Ende Mai 2016 den Vortrieb; die zweite Maschine (S-954) soll vier Monate später folgen. Vor den beiden TBM liegt eine Strecke von je rund 3700 m unter dem Stadtgebiet Rastatt durch Grundwasser und Lockergestein. Dabei müssen die bestehende Rheintalbahn sowie die Gewässer Murg und Federbach unterquert werden.

Der insgesamt 4270 m lange Tunnel Rastatt soll den Großteil des Güter- und Fernverkehrs aufnehmen und so die Anwohner deutlich vom Schienenverkehr entlasten. Als Abschnitt der Aus- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel ist er Bestandteil der Neuen Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT) des Korridors von Rotterdam bis Genua. Für den Ausbau der Teilstrecke Mailand bis Genua des Korridors werden aktuell ebenfalls zwei Maschinen bei Herrenknecht gefertigt.

Projekt Daten Tunnel Rastatt

Bauherr: DB Netz AG – Großprojekte Süd

Ausführung: ARGE Tunnel Rastatt

(technische Federführung: Ed. Züblin AG; kaufmännische Federführung: Hochtief Solutions AG)

Vortriebslänge: 2 x ca. 3700 m

Geologie: Lockergestein in Grundwasser



Germany

First Tunnel Boring Machine approved for Rastatt Tunnel



Offizielle Abnahme der ersten von zwei TBM für den Tunnel Rastatt Anfang Dezember 2015

Official acceptance of the first of two TBMs for the Rastatt Tunnel in early December 2015

The first of two tunnel boring machines (TBMs) for the Rastatt Tunnel by manufacturer Herrenknecht was approved by the customer, the Tunnel Rastatt JV, on December 8, 2015 at the factory in Schwanau. The two mix-shields will each tackle a bore of the twin-tube tunnel completing them in carcass state. The rail tunnel is part of the new/upgraded Karlsruhe–Basle rail link.

The 93 m long mix-shield S-953 with a weight of 2300 t, a shield diameter of 10.94 m and a cutting wheel output of 1820 kW is now being dismantled and transported to the access pit at Ötigheim. Once reassembled, the machine will start excavating at the end of May 2016; the second machine (S-954) is due to follow four months later.

Each of the two TBMs has to tackle a roughly 3700 m section beneath the city of Rastatt through groundwater and soft ground. In the process, the Rhine Valley Railway as well as the Murg and Federbach watercourses have to be underpassed.

The altogether 4270 m long Rastatt Tunnel is designed to accommodate the bulk of goods and mainline passenger traffic so that local residents are substantially less inconvenienced by rail traffic. As a part of the new-upgraded Karlsruhe–Basle route it represents a component of the New Rail Links crossing the Alps (NEAT) – the corridor from Rotterdam to Genoa. Currently two additional Herrenknecht machines are being manufactured to excavate in the corridor's part-section from Milan to Genoa.

Project Data for the Rastatt Tunnel

Client: DB Netz AG – Major Projects South

Execution: Tunnel Rastatt JV

(technical management: Ed Züblin AG; commercial management: Hochtief Solutions AG)

Excavated length: 2 x approx. 3700 m

Geology: Soft ground in groundwater



FORM FARBE FUNKTION



www.heidelbergcement.de

HEIDELBERGCEMENT

Stadtbahn U12-1, Stuttgart
Entwurfsplanung: Tiefbauamt der Stadt Stuttgart;
Abteilung Stadtbahn, Brücken und Tunnelbau
in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Müller + Hereth,
Ingenieurbüro für Tunnel- und Felsbau GmbH

ECHT. STARK. GRÜN.

Deutschland

Ausbaustrecke Hanau–Nantenbach mit vier neuen Tunneln

Die Eisenbahnstrecke zwischen Hanau und Nantenbach gehört zur 112 km langen Main-Spessart-Bahn zwischen Hanau und Würzburg. Sie wird täglich von über 200 Zügen befahren und führt durch den im Jahre 1854 erbauten Schwarzkopftunnel (926 m Länge). Dieser wäre dringend sanierungsbedürftig, denn er weist ein zu enges Lichtraumprofil auf und ist wegen seiner steilen Spessartrampe mit stellenweise mehr als 20 % Neigung für schwere Güterzüge nur mit Nachschieben geeignet. Die Durchfahrgeschwindigkeit ist auf 70 km/h begrenzt. Anstelle dieser Sanierung wurde im Rahmen der im Bundesverkehrswegeplan (BVWP) enthaltenen rund 8 km langen, zweigleisigen Ausbaustrecke (ABS) Hanau–Nantenbach eine Neutrassierung zwischen Laufach und Heigenbrücken als Umfahrungsspanne Schwarzkopftunnel beschlossen.

Hier sind aufgrund des bergigen Geländes und des Baugrunds zahlreiche, zum Teil anspruchsvolle Kunstbauwerke erforderlich; so entstehen zurzeit im Tal parallel zur heutigen Strecke und der Bundesstraße 26 vier neue Tunnel:

- Der 745 m lange Tunnel Hain wird bis Ende 2015 in offener Bauweise errichtet und besteht aus einem rechteckigen Rahmen mit zwei Zellen je Röhre.
- Der 629 m lange Tunnel Metzberg wird auch bis Ende 2015 aufgefahren, jedoch größtenteils in bergmännischer Bauweise mit zwei Röhren.
- Gleichzeitig wird der Tunnel Hirschberg mit zwei Röhren vorgetrieben: die 375 m lange südliche in bergmännischer und die 525 m umfassende nördliche Röhre wegen der geringen Überdeckung in offener Bauweise.
- Der danach folgende, 2623 m lange Tunnel Falkenberg südlich des Schwarzkopftunnels führt durch die Spessartberge bei bis zu 150 m Überdeckung. Er erhält zwei eingleisige Röhren mit fünf Querschlägen im Abstand von bis zu 500 m. Der Durchschlag des Tunnels Falkenberg wurde am 4. Dezember 2015 gefeiert.

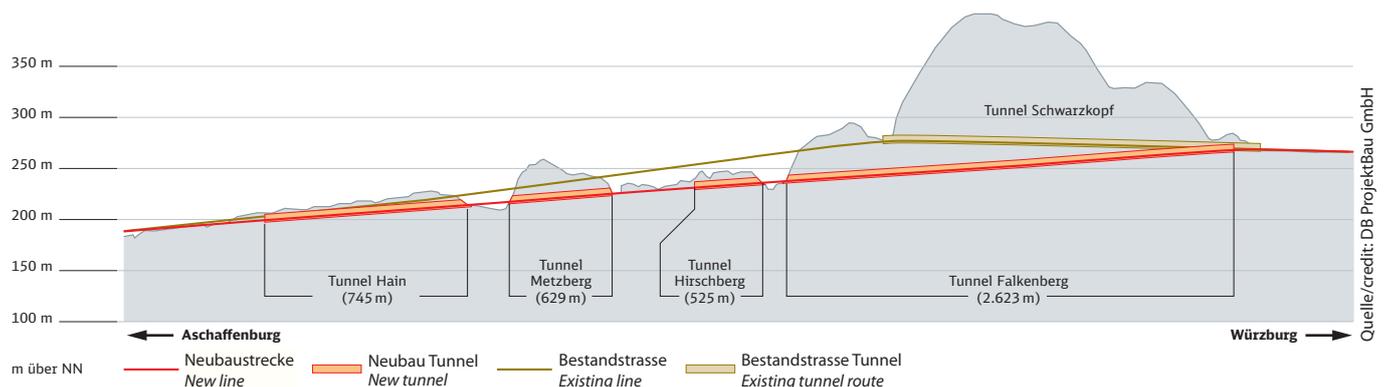
Germany

Upgraded Hanau–Nantenbach Line with four new Tunnels

The rail route between Hanau and Nantenbach is part of the 112 km long Main-Spessart Railway between Hanau and Würzburg. It is used by more than 200 trains every day and passes through the Schwarzkopf Tunnel built in 1854, which is 926 m long. This tunnel is in urgent need of repair as it possesses a narrow clear section and is only suitable for heavy goods traffic with an additional locomotive pushing the train, owing to the steep Spessart ramp with partly more than 20 % inclination. Furthermore, the speed is restricted to 70 km/h. Rather than this renovation scheme, a new route between Laufach and Heigenbrücken was decided on to eliminate the Schwarzkopf Tunnel. This project is contained in the Federal Transport Plan and entails a roughly 8 km long, twin-track upgraded route running from Hanau to Nantenbach.

Numerous engineering structures, some sophisticated ones, are needed here on account of the hilly terrain and the sub-surface. For instance, four new tunnels are currently being built in the valley parallel to the existing line and the federal highway 26:

- The 745 m long Hain Tunnel is scheduled to be built by cut-and-cover by the end of 2015. It consists of a rectangular frame with two cells per tube.
- The 629 m long Metzberg Tunnel is also scheduled to be driven by late 2015. However, it will be mainly tackled by mining means and possesses two tubes.
- At the same time the Hirschberg Tunnel will be driven with two bores: the 375 m long southern one by trenchless means and the 525 m long northern tube, built by cut-and-cover due to the shallow overburden.
- The 2623 m long Falkenberg Tunnel that follows to the south of the Schwarzkopf Tunnel runs through the Spessart Hills with up to 150 m of overburden. It will possess two single-track tubes with five cross-passages set at intervals of up to 500 m. On December 4, 2015, the breakthrough at the Falkenberg Tunnel was celebrated.



Längsschnitt der Ausbaustrecke Hanau–Nantenbach mit den vier neuen Tunneln

Longitudinal section of the Hanau–Nantenbach upgraded route with the four new tunnels

Nach der Gebirgssicherung mit Spritzbeton und Einbau der Abdichtung werden die bergmännisch aufgefahrene Tunnel mit einer Stahlbeton-Innenschale ausgekleidet. Die künftigen Tunnelröhren haben einen Querschnitt von je rund 48 m². Zum Vermeiden von Druckproblemen bei der Begegnung von Zügen sind die Tunnel mit eingleisigen Röhren geplant. Die in offener Bauweise erstellten zweigleisigen Tunnel erhalten eine Trennwand zwischen den Gleisen.

Nach Beginn der Auffahrung Mitte 2013 und des Tunnelinnenbaus ab 2015 soll der Streckenausbau bis Ende 2017 zu einer leistungsfähigeren und schnelleren Verbindung (150 km/h) führen. Außerdem werden durch die überwiegende Tunnelage die Schallemissionen entlang der Strecke deutlich verringert – ein Vorteil für die Anwohner. Nach Inbetriebnahme der Umfahrungsspanne wird die gesamte Bestandsstrecke zwischen Laufenbach und Heigenbrücken stillgelegt und der Schwarzkopftunnel verfüllt. 

G. B.

After securing the rock with shotcrete and installing the seal, the mined tunnels are lined with a reinforced steel inner shell. The future tunnel tubes have a roughly 48 m² cross-section. The tunnels are planned with single-track tubes to avoid pressure problems when trains pass one another. The two-track tunnels built by cut-and-cover possess a partition wall between the tracks.

After the start of excavation in mid-2013 and lining the tunnel interior as from 2015, the route development is intended to lead to a more efficient and faster link (150 km/h) by late 2017. Furthermore, noise emissions along the route will be considerably suppressed owing to the fact that it is mainly located in tunnels – certainly a plus point for local residents. Once the bypass link starts operating the entire existing route between Laufenbach and Heigenbrücken will be closed and the Schwarzkopf Tunnel filled in. 

G. B.

Literatur/References

- [1] Schindler, F.-D.; Städing, A.: Ingenieurbauwerke auf der Ausbaustrecke Hanau–Nantenbach. Der Eisenbahningenieur 8/2015, S.16–19.
- [2] DB ProjektBau GmbH: Ausbaustrecke Hanau–Nantenbach, Umfahrungsspanne Schwarzkopftunnel. <http://bauprojekte.deutschebahn.com/p/hanau-nantenbach>



**Die ganze Welt
setzt auf die Schiene.**

Setzen Sie auf uns. **DB International**

Engineering & Consulting

Wir entwickeln weltweit intelligente Verkehrssysteme für dynamische Wirtschaftsregionen. Von der Idee bis zur Realisierung, für Projekte jeder Größenordnung – made by Deutsche Bahn.

Für Menschen. Für Märkte. Für morgen. www.db-international.de

Schweiz

Testbetrieb im Gotthard-Basistunnel

Seit Anfang Oktober 2015 läuft der Testbetrieb im Gotthard-Basistunnel. Zahlreiche Testfahrten sind bereits durchgeführt worden. Bis zum 31. Mai 2016 sind rund 5000 solcher Fahrten geplant, und die Züge preschen dabei mit Geschwindigkeiten von bis zu 275 Stundenkilometern durch den längsten Eisenbahntunnel der Welt.

Nach dem Erhalt der Freigabe durch das Bundesamt für Verkehr wurde der Testbetrieb plangemäß am 1. Oktober gestartet. Kurze Zeit später fanden bereits die ersten Testfahrten mit dem neuen Zugführungssystem ETCS Level 2 statt.

Zuerst wurde mit dem Funkmesswagen der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) der Digitalfunk GSM-R und der Tunnelfunk getestet. Dann folgten Prüfungen des Zusammenspiels von Fahrbahn, Fahrzeugen und Fahrleitung. Im November und Dezember 2015 standen die Hochtastfahrten auf dem Programm. Dazu wird die Fahrgeschwindigkeit schrittweise gesteigert auf bis zu maximal 275 km/h. Zu diesem Zweck wurde aus Deutschland ein spezieller Testzug mit der Typenbezeichnung ICE-S eingemietet. Ab Ende Februar 2016 finden dann Testfahrten mit Güterzügen statt.

Bis zum Ende Mai 2016 die rund 5000 Testfahrten absolviert sind, befinden sich insgesamt 160 Personen im operativen Einsatz: vom Test-Lokführer über den Probefahrleiter bis zum Zugverkehrsleiter und zum Sicherheitschef. Dazu kommen bis zu dreihundert weitere Einsatzkräfte wie Testleiter, Messingenieure und Testassistenten. Der Testbetrieb findet unter der Leitung der AlpTransit Gotthard AG statt. Das erforderliche Lokpersonal und Rollmaterial hat die AlpTransit Gotthard AG von den SBB gemietet.

Switzerland

Test Operation in the Gotthard Base Tunnel

Since early October 2015, the test operation phase in the Gotthard Base Tunnel has been in full swing. Numerous test runs have already been performed. Until May 31, 2016, around 5000 test runs are planned, with trains speeding at up to 275 kilometres per hour through the world's longest rail tunnel.

Following receipt of the release by the Swiss Federal Office of Transport, test operation started on schedule on October 1. A short time later, the first test runs with the new train control system, ETCS Level 2, were conducted.

The first tests were performed with the Swiss Federal Railways (SFR) wireless measurement car of the GSM-R digital wireless communication system and the tunnel radio system. These were followed by testing of the interplay between the track, rolling stock and overhead conductor. For November and December 2015, the incremental speed tests were scheduled. During these, the travel speeds in the world's longest railway tunnel are steadily increased up to a maximum of 275 km/h. For these tests, a special Type ICE-S train was rented from Germany. When the incremental speed tests are completed, from the end of February 2016, test runs with goods trains will be performed. A total of 160 people will be operationally involved in the 5000 test runs up to the end of May 2016: from test-train driver through test-run supervisor and traffic manager to head of safety. Three hundred further participants will include, for example, test leaders, measurement engineers and test assistants. The test operation phase is being conducted under the leadership of AlpTransit Gotthard Ltd. The necessary train staff and rolling stock have been rented by AlpTransit Gotthard Ltd from Swiss Federal Railways.

According to ATG CEO Renzo Simoni, in the eight-months testing phase, AlpTransit Gotthard, as constructor of the tunnel, must thoroughly test the interplay of all tunnel components: "We have to prove the functionality and fulfilment of the safety requirements in the Gotthard Base Tunnel. Only when this has been done, can we hand over to the Swiss government and Swiss Federal Railways, at the opening festivities on June 1, 2016, a tunnel that is ready for operation." From June 2016 the trials phase under the leadership of SFR will take place, before the tunnel goes into operation with scheduled trains in December 2016.



Bis zum 31. Mai 2016 sollen rund 5000 Testfahrten im Gotthard-Basistunnel durchgeführt werden

Until May 31, 2016, around 5000 test runs are scheduled in the Gotthard Base Tunnel



Laut ATG-Chef Renzo Simoni muss die AlpTransit Gotthard AG als Erstellerin im achtmonatigen Testbetrieb das Zusammenspiel aller Tunnelkomponenten auf Herz und Nieren prüfen: „Wir müssen die Funktionalität und die Erfüllung der Sicherheitsanforderungen im Gotthard-Basistunnel nachweisen. Nur so können wir zu den Eröffnungsfeierlichkeiten am 1. Juni 2016 dem Bund und den SBB einen betriebsbereiten Tunnel übergeben.“ Ab Juni 2016 findet unter der Leitung der Schweizerischen Bundesbahnen der Probebetrieb statt, bevor der Gotthard-Basistunnel im Dezember 2016 fahrplanmäßig in Betrieb genommen wird.



Quelle/Credit (2): AlpTransit Gotthard

Seit Anfang Oktober 2015 läuft der Testbetrieb im Gotthard-Basistunnel. Zahlreiche Testfahrten sind bereits durchgeführt worden, und die Züge preschen dabei mit teilweise bis zu 275 Stundenkilometern durch den längsten Eisenbahntunnel der Welt

Since early October 2015, the test operation phase in the Gotthard Base Tunnel has been in full swing. Numerous test runs have already been performed, with trains speeding at up to 275 kilometres per hour through the world's longest rail tunnel

Immer im Einsatz

Front-Ausleger DUA 700/800

Heute: **Tunnel-Reinigung**

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

Diese Front-Ausleger werden mit entsprechenden Vorsätzen zu Reinigungs-Profis für Wände, Verkehrsschilder und Leitpfosten... Sie können damit aber auch Mähen, Mulchen, Heckenschneiden, Pflasterputzen, Kehren und was Ihnen darüber hinaus einfällt.

Technik für Landschaftspflege und Landwirtschaft

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

hw hölscher wasserbau

Groundwater Management in Tunneling Projects

Dewatering, Groundwater Control, Water Treatment, Online Monitoring and Well Drilling.

<p>Nord Zuid Lijn Amsterdam</p> <p>80 wells for depressurisation of an aquifer in a depth of 43 m</p>	<p>Metro Bucharest Line 5</p> <p>25 million m³ of groundwater to be pumped</p>
<p>Cityring Copenhagen</p> <p>1.100 wells for 21 metro shafts. Re-infiltration rate of 95%</p>	<p>A2 Maastricht</p> <p>600 dewatering wells. 2.300 m³/h re-infiltration via hw-DSI system</p>

www.hoelscher-wasserbau.de · info@hoelscher-wasserbau.de

Hölscher Wasserbau GmbH
 Haren, Germany

Branch offices in:
 Austria · Denmark · Poland · Qatar · Romania
 The Netherlands · United Kingdom

Crossrail: „TBM First“-Strategie beim Los C300/410 und permanenter Spritzbetonschalenausbau

In London wurden im Juni 2015 die Tunnelvortriebsarbeiten der insgesamt 42 km langen Crossrail-Tunnelstrecken, die mit acht Tunnelbohrmaschinen (TBM) aufgefahen wurden, nach etwas mehr als dreijähriger Bauzeit abgeschlossen. Inzwischen liegt der Fokus auf der Ausrüstung der Streckentunnelröhren und dem Ausbau der Bahnhofsbawerke. Der folgende Bericht gibt einen Überblick über den westlichen TBM-Tunnelabschnitt (C300), den Bau der unterirdischen Haltestellen Bond Street und Tottenham Court Road (C410) sowie der Haltestelle Farringdon (C435) und schließt an die Veröffentlichung in der *tunnel*-Ausgabe 2/2013 an.

Crossrail: “TBM First” Strategy for Lot C300/410 and permanent Shotcrete Lining Support

Driving operations for the Crossrail tunnel sections with a total length of 42 km were successfully concluded in London in June 2015. Eight tunnel boring machines (TBMs) were used over a period of more than three years. Activities are now focused on furnishing the running tunnels and completing the stations. The following report provides an insight into the western TBM tunnel section (C300), building the Bond Street and Tottenham Court Road underground stations (C410) as well as Farringdon Station (C435). It follows on from the article published in *tunnel* issue 2/2013.

Dipl.-Ing. Stephan Fleischmann, Joint Venture BAM – Ferrovial – Kier/Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Tunnelbau, Frankfurt am Main, Deutschland/Germany

Dipl.-Ing. Christoph Stieler, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Tunnelbau, Frankfurt am Main, Deutschland/Germany
MSc CGeol CSci FGS Mike Black, Head of Geotechnics, Crossrail Ltd, London, England

Projektüberblick

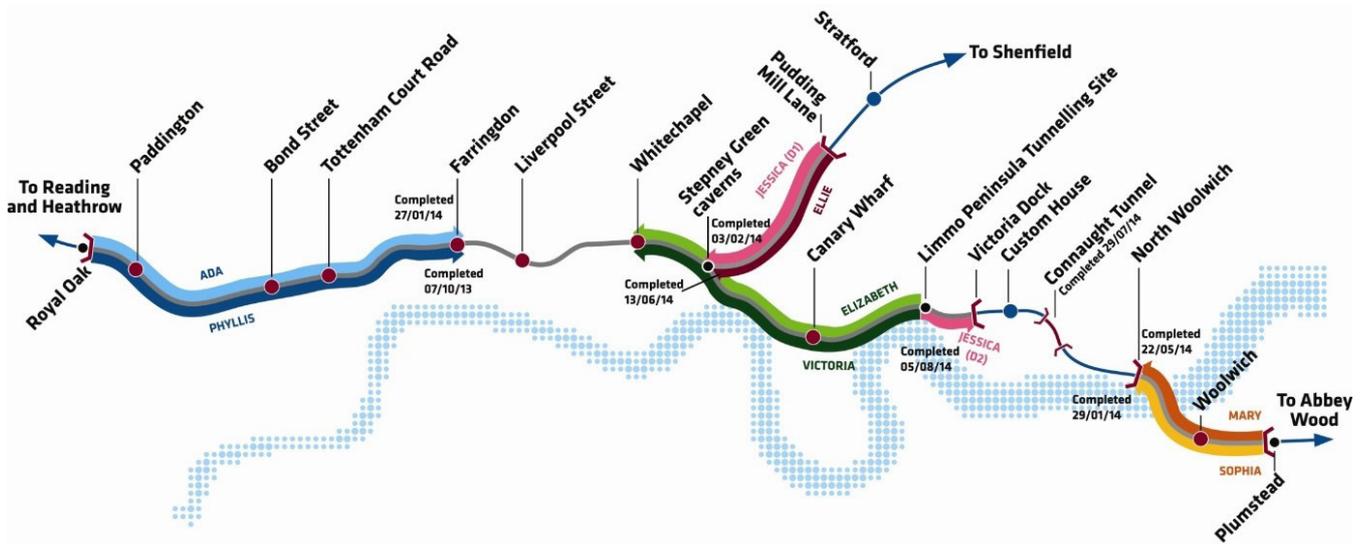
Die Arbeitsgemeinschaft BFK (BAM Nuttall – Ferrovial – Kier) wurde Mitte 2010 mit dem Projekt Crossrail C300/410 über einen Sondervorschlag beauftragt. Dieser Abschnitt, in blau in **Bild 1** dargestellt, durchläuft das Zentrum von London von Paddington im Westen bis zur City of London mit Farringdon. Er unterfährt mit dem Hyde Park und vielen entlang der Oxford Street gelegenen außergewöhnlichen historischen Gebäuden einen der wohnwirtschaftlichen teuersten Straßenzüge der Welt.

Hierbei wurde das reine maschinelle Los C300 (zwei Streckentunnel mit Querschlägen) mit dem rein bergmännischen Los C410 (Haltestellen Bond Street (BOS) und Tottenham Court Road (TCR)) kombiniert. Die angewandte „TBM first“-Strategie ermöglichte es dem Kunden Crossrail Ltd, den Bauablauf zu optimieren, indem die Streckentunnel, welche sich vom Hauptportal Royal Oak (ROP) bis nach Farringdon (FAR) erstrecken, vor der Herstellung der unterirdischen Haltestellen aufgefahen wurden. Dadurch entfiel ein aufwändiges Durchziehen der beiden Tunnelbohrmaschinen

Project Overview

The BFK joint venture (BAM Nuttall – Ferrovial – Kier) was commissioned to undertake the Crossrail C300/410 project in mid-2010 using a special proposal. This section, shown in blue in **Fig. 1**, passes through the centre of London from Paddington in the west to the City of London with Farringdon. It undertunnels one of the world's most expensive residential areas passing under Hyde Park and many extraordinary historic buildings located on Oxford Street.

Towards this end, the purely mechanized Lot C300 (two running tunnels with cross-passages) was combined with Lot C410 Bond Street Station (BOS) and Tottenham Court Road /TCR driven solely by cyclic excavation. The “TBM-first” strategy that was applied enabled the client Crossrail Ltd to optimize construction progress by driving the running tunnels, from the main portal at Royal Oak (ROP) to Farringdon (FAR), prior to the creation of the underground stations. In this way, the complex process of pulling the two tunnel boring machines through the larger platform tunnels at the stations excavated beforehand by mining means was not necessary.



1 Lageplan der Crossrail-Tunnelprojekte (blau C300/410/435)
Site plan of the Crossrail tunnel projects (blue C300/310/435)

durch zuvor bergmännisch herzustellende größere Plattform-Tunnel im Bereich der Haltestellen.

Im Herbst 2011 wurde Arbeitsgemeinschaft BFK zusätzlich mit dem Los C435, Farringdon Station (FAR), durch Crossrail Ltd beauftragt. Dies ermöglichte eine weitere Optimierung des Gesamtprojektes und eine Verlängerung der TBM-Fahrt bis zur östlichen Bahnsteighalle an der Haltestelle Farringdon.

Durch die Kombination aller drei Bauabschnitte mussten die mit den TBM aufgefahrene Tübbingtunnel im Bereich der Haltestellen BOS, TCR und FAR nach Abschluss der Vortriebsarbeiten auf das größere Querschnittsprofil der Plattformtunnel der Haltestellen aufgeweitet und mit Spritzbeton gesichert werden (Sprayed Concrete Lining/SCL).

Die beiden Streckentunnel haben eine Gesamtlänge von jeweils 6500 m und einen Innendurchmesser von 6,2 m. Ein Tübbingring besteht aus sieben Segmenten plus einem kleinen, keilförmigen Schlussstein.

TBM Vortrieb

Die Kombination der beiden Baulose C300 und C410 hat einen für beide Projektabschnitte verbesserten Bauablauf ermöglicht. Anfängliche Verzögerungen der Arbeiten bei beiden Lose konnten durch die Umstellung des Bauablaufs kompensiert werden. Statt der ursprünglich geplanten Vorabherstellung der Plattformtunnel der Haltestellen BOS und TCR, dem Durchziehen sowie der Wiederanfahrt der Tunnelbohrmaschinen durch diese Plattformtunnel, wurden lediglich die Verbindungstunnel – die sogenannten Adits – hergestellt, die die Plattformtunnel mit den zur Oberfläche führenden Aufzugsschächten bzw. Rolltreppenschächten verbinden. Die rechtwinklig auf die TBM-Tunnel stoßenden Zugangstunnel, die teilweise auch über die Streckentunnel hinausragen, wurden in Spritzbetonbauweise aufgefahrene und anschließend im Bereich der TBM-Trasse, ca. 3–4 m über den kreuzenden Tunnelquerschnitt hinaus, mit einem Porenbeton

Im autumn 2011, the BFK JV was additionally commissioned by Crossrail Ltd to construct Lot C435 Farringdon Station (FAR). This allowed the overall project to be further optimized and the TBM passage to be extended to the eastern station hall at Farringdon Station.

As a result of combining the three construction sections, the TBM-tunnels with segmental lining had to be enlarged and secured with shotcrete (Sprayed Concrete Lining/SCL) at the BOS, TCR and FAR stations to match the larger cross-sections of the platform tunnels. The two running tunnels are each 6500 m in length with a 6.2 m inner diameter. A segmental ring comprises seven segments plus a small, wedge-shaped keystone.

TBM Drive

The combination of the two lots C300 and C410 facilitated stepped up construction progress for both project sections. Initial delays to the work in both sections could be compensated for by modifying the construction cycle. Instead of creating the platform tunnels for the BOS and TCR stations in advance as previously planned and then pulling the tunnel boring machines through these tunnels prior to starting them up again, this resulted in only the connecting tunnels or adits having to be produced. These adits link the platform tunnels with the lift or escalator shafts leading to the surface. The access tunnels, which meet the TBM tunnels at right angles, were built by applying the shotcrete method and subsequently backfilled with foam concrete at the intersecting TBM passage (Figs. 2 + 3). As a result, it was possible for the TBMs to pass the platform tunnel sections without interruption. Consequently the otherwise obligatory restart, including the abutment structure for starting up the TBMs again as well as temporary blind rings, could be dispensed with. The advantage of the "rapid" TBM passage was set against placing a large quantity of foam concrete and removal of the temporary rings in the vicinity of the subsequent stations. However, this meant that the bulk of the excavated material for the platform tunnels could be simply removed on the TBM belt conveyors and disposed of by



Quelle/credit (2): Crossrail Ltd

2 In Spritzbetonbauweise vorab hergestellter Zugangstunnel (Adit) in rot dargestellt

Adit (shown in red) excavated in advance by the SCL method

verfüllt (**Bild 2 und 3**). Auf diese Weise konnten die TBM die Plattformtunnel-Abschnitte ohne Unterbrechung passieren. Auf die sonst obligatorische Wiederanfahrt einschließlich der Widerlagerkonstruktion für die Wiederanfahrt der TBMs und temporärer Blindringe konnte dadurch verzichtet werden.

Dem Vorteil der „schnellen“ TBM-Durchfahrt stand der Einbau einer großen Menge Porenbeton (Foamconcrete) und der Rückbau der temporären Ringe im Bereich der späteren Stationen gegenüber. Dafür konnte jedoch der überwiegende Teil des Aushubmaterials der Plattformtunnel einfach mit dem Tunnelförderband der TBMs abgefördert und per Bahntransport entsorgt werden. Auf diese Weise wurden der Innenstadt viele tausend LKW-Transporte erspart – ein nicht zu unterschätzender Faktor im Hinblick auf ein möglichst umweltfreundliches Gesamt-Baukonzept.

Tunnelvortrieb Streckentunnel

Die im Bereich der Tunneltrasse anstehende Geologie – überwiegend „London Clay“ – ist ein nahezu ideales Medium zum Tunnelbauen. Solange die natürliche Feuchte des Bodens erhalten bleibt, lässt sich der „London Clay“ optimal abbauen. Dadurch können auch über längere Zeiträume hinweg hohe Vortriebsleistungen erzielt werden. Die beiden mit speziell auf die Geologie abgestimmten Schneidrädern ausgerüsteten Erdruckschild-Tunnelbohrmaschinen der Firma Herrenknecht bewiesen eindrucksvoll ihr Können. Die gemittelte Vortriebsleistung lag für beide Maschinen nach Beendigung der Vortriebsarbeiten

transporting it by rail. In this way, it was possible to avoid thousands of lorries having to travel through central London – a factor not to be underestimated in arriving at an overall construction concept which is as environmentally friendly as possible.

Excavating the running Tunnels

The geology prevailing along the tunnel route – largely London Clay – represents a practically ideal medium for tunnelling. Providing that the ground's natural moisture is maintained, London Clay is optimal for excavation purposes. Thus, high rates of advance could be attained over lengthy periods. The two Herrenknecht EPB tunnel boring machines fitted with cutting wheels especially adapted to the geology performed impressively. After concluding the excavation operations, the average rate of advance for both machines amounted to somewhat more than 13 m per day, or conversely 92 m per week.

It was a different story once the London Clay reached the surface to await further transportation: within a short time what had once been easily manageable material turned into hard, unwieldy chunks. However, once a crusher was brought into play, the London Clay was more suitable for transport again.



3 Verfüllen eines Zugangstunnels (Adit) mit Porenbeton (Foamconcrete)

Backfilling an adit with foam concrete

Noise Emission and Vibration

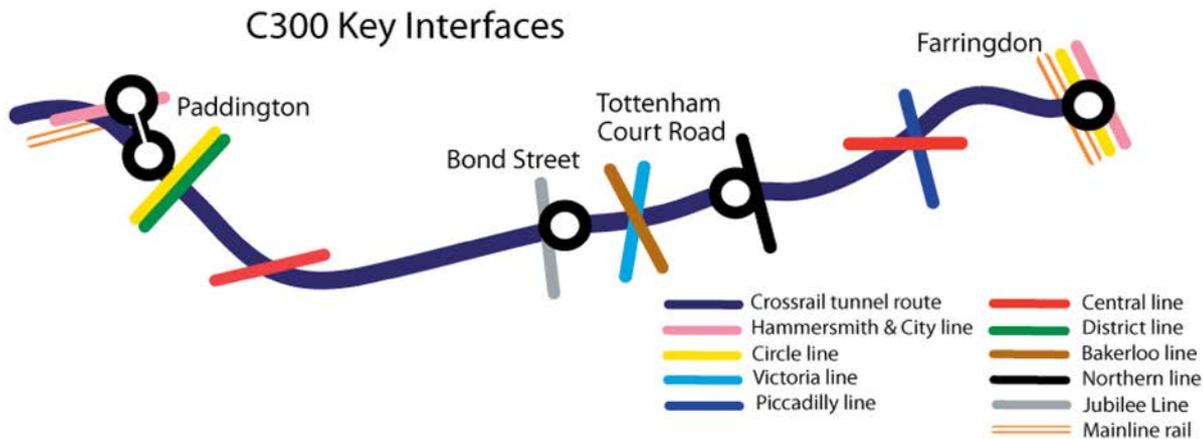
Theatres, famous film studios, high-end residential dwellings and internationally renowned, historic and modern buildings characterize the centre of London. What delights the tourist causes concern for the tunneller. Whether this involves the



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

The building owner expects timely completion of a project in high quality, also in consideration of local conditions. We provide you with system solutions that meet these demands and ensure you competent service and punctual delivery of high quality products.

You have clear demands regarding economical rock support and durable lining system, the concept of the waterproofing system and of the sustainability of products and solutions used. Sika provides quality products to meet your requirements, including those for unforeseen circumstances.



Quelle/credit: JV BAM – Ferrovial – Kier

4 Unterirdische Querungen im Bereich des Loses C300 Underground crossings within Lot C300

bei etwas mehr als 13 m pro Tag oder umgerechnet 92 m pro Woche.

Ganz anders verhielt es sich mit dem „London Clay“, sobald er an die Oberfläche gefördert worden war und dort auf den Weitertransport wartete: innerhalb kurzer Zeit war das bis dahin gut handhabbare Material zu harten, großen Brocken zusammengebacken. Erst der Einsatz einer Brecheranlage machte den „London Clay“ dann wieder transportfähig.

Lärmemission und Vibration

Theater, renommierte Tonstudios, High-End-Wohngebäude und international bekannte, historische und moderne Bauwerke zeichnen die Londoner Innenstadt aus. Was das Touristen-Herz höher schlagen lässt, bereitet dem Tunnelbauer eher Kopfschmerzen. Sei es der Vortriebsprozess der beiden TBM, die in den aufgefahrenen Tunneln verkehrenden Versorgungszüge oder das Abbrechen der temporären Segmente im Bereich der Plattformtunnel – eine Baustelle im Untergrund ist immer mit Lärm und Vibration sowie dem daraus resultierenden Körperschall verbunden. Letzteren galt es auf ein Minimum zu reduzieren, um den hohen Anforderungen des Bauherrn gerecht zu werden bzw. die Projektausführung überhaupt zu ermöglichen.

Die Ausschreibung sah für besonders sensible Abschnitte den Einbau eines Schotterbetts unter den Gleisen des temporären Tunnelversorgungszuges vor. Während der Tunnelherstellung hätte dies den Bauablauf stark beeinträchtigt: mehrfach erforderliches Gleisumbauten hätte längere Stillstände des Vortriebes sowie einen erhöhten Kostenaufwand verursacht. Das patentierte „VoestClick“ Gleisbefestigungssystem wurde auf Vorschlag der Arge und mit einer Weiterentwicklung unter Einbeziehung der Baustelle erfolgreich eingesetzt. In Kombination mit einer zweilagigen, elastischen Schaumstoff-Unterlage der Firma Getzner, die unter den „VoestClick“ Gleispads installiert wurde, konnte so der Körperschall massiv reduziert werden. Die flexible Lagerung erlaubt einerseits eine Absorption der Vibration, andererseits gibt sie dem Gleis genügend Steifigkeit, um die Lasten der 40 t schweren Versorgungslokomotiven sicher zu übertragen. Externe

excavation process for the two TBMs, the supply trains travelling in the driven tunnels or removing the temporary segments at the platform tunnels – an underground construction site is always associated with noise and vibration as well as the resultant structure-borne noise. It was essential to reduce the latter to a minimum in order to comply with the high demands posed by the client and to facilitate the execution of the project in the first place.

The tender foresaw the installation of a ballast bed below the tracks for the temporary tunnel supply train in particularly sensitive sections. This would have negatively influenced construction progress on several occasions when the tunnels were being driven: various track modifications would have resulted in lengthy periods of standstill for the drive as well as higher costs. The patented “VoestClick” track attachment system was proposed by the JV and a further development successfully installed with the construction site playing its part. Combined with a twin-layer, elastic foam plastic pad made by the Getzner Company, fixed below the “VoestClick” track attachment, structure-borne noise could be substantially diminished. On the one hand, the flexible bedding allows vibrations to be absorbed, on the other, it provides the track with sufficient stiffness to safely transfer the loads imposed by the 40 t heavy supply locomotives. External measurements confirmed that the innovative system functions as desired.

Underground Line and Tunnel Crossings

A further challenge presented by the project’s underground location was the innumerable underground facilities such as Tube tunnels, main collectors as well as gas and water pipelines in the proximity of the tunnel routes and the stations. More than 20 Underground lines had to be intersected alone on the roughly 7 km long part-section for the Crossrail Project’s western tunnels – in some cases with minimal gaps (Figs. 4 + 5). The situation at TCR station resembled an underground labyrinth: the TBMs had to advance wedged between the Northern Line located immediately underneath and the pile foundations of the buildings located above. Only 85 cm separated the 950 t heavy TBMs from the Northern Line’s platform tunnels directly underneath. Only 52 cm separated them from the pile foundations

Messungen bestätigten die Funktionsfähigkeit des Systems.

Unterirdische Leitungs- und Tunnelquerungen

Eine weitere Herausforderung der innerstädtischen Lage des Projektes sind die unzähligen unterirdischen Anlagen wie U-Bahntunnel, Hauptsammler sowie Gas- und Wasserleitungen im Einflussbereich der Tunnelstrecken und der Haltestellen. Allein auf dem rund 7 km langen Teilstück der westlichen Tunnel des Crossrail Projekts mussten mehr als 20 U-Bahnlinien gekreuzt werden – mit zum Teil minimalem Abstand (**Bild 4 und 5**). Einem

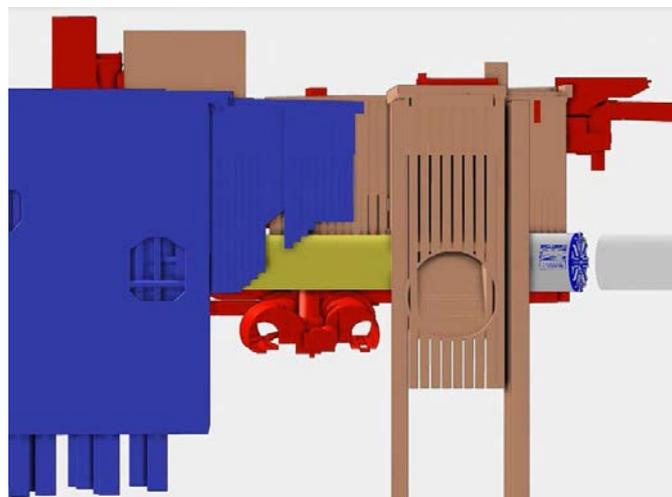
unterirdischem Labyrinth gleich stellte sich die Situation an der Haltestelle TCR dar: die TBM mussten sich ihren Weg eingekieilt zwischen der unmittelbar darunterliegenden Northern Line und den Pfahlgründungen der darüber liegenden Gebäude bahnen. Nur 85 cm trennten die 950 t schweren Tunnelbohrmaschinen vom dem darunterliegenden Plattformtunnel der Northern Line. Nach oben waren es 52 cm zu den Pfahlfüßen. Die permanente Kommunikation mit dem U-Bahn-Betreiber London Underground und der Einsatz eines aufwendigen Online-Messprogramms waren von großer Bedeutung um den weiterlaufenden U-Bahnbetrieb während der Vortriebsarbeiten zu ermöglichen.

„Erdbestattung“ der beiden TBM

Entgegen der ursprünglichen Planung wurde die TBM-Trasse durch die Haltestelle FAR verlängert. Der Bauablauf der Haltestellenherstellung konnte jedoch nicht so an den Zeitpunkt der TBM-Ankunft angepasst werden, dass die TBMs planmäßig und ohne immense Zusatzkosten innerhalb der Haltestelle hätten demontiert werden können. In einem gemeinsamen Entscheidungsprozess mit dem Auftraggeber Crossrail wurde daher beschlossen, die beiden Tunnelbohrmaschinen im Boden außerhalb des eigentlichen Tunnelquerschnittes zu „parken“ und dauerhaft einzubetonieren. Die Demontagelkosten hätten andernfalls die durch den Rückkauf generierten Erlöse bei Weitem überschritten. Die Nachläufer beider TBMs wurden dagegen in den beiden Tunnelröhren teildemontiert, zum westlich davon liegenden Schacht Fisher Street zurückgezogen und dort geborgen.

Vorabmaßnahmen im Bereich der Haltestellen BOS, TCR und FAR

Als Vorabmaßnahmen wurden an den Haltestellen BOS, TCR und FAR viele kleinere Schächte mit einem Innendurchmesser



5 TBM-Durchfahrt (in gelb dargestellt) an der Haltestelle TCR mit minimalen Abständen zur darunterliegenden Trasse der Northern Line (in rot dargestellt)

TBM passage (shown in yellow) at the TCR station and minimal gaps to the Northern Line route located beneath (displayed in red)

set above. Constant communication with the Tube operator London Underground and the application of a complex online measurement programme were of great significance to enable Underground services to continue operating while the excavation progressed.

“Ground Burial” for the two TBMs

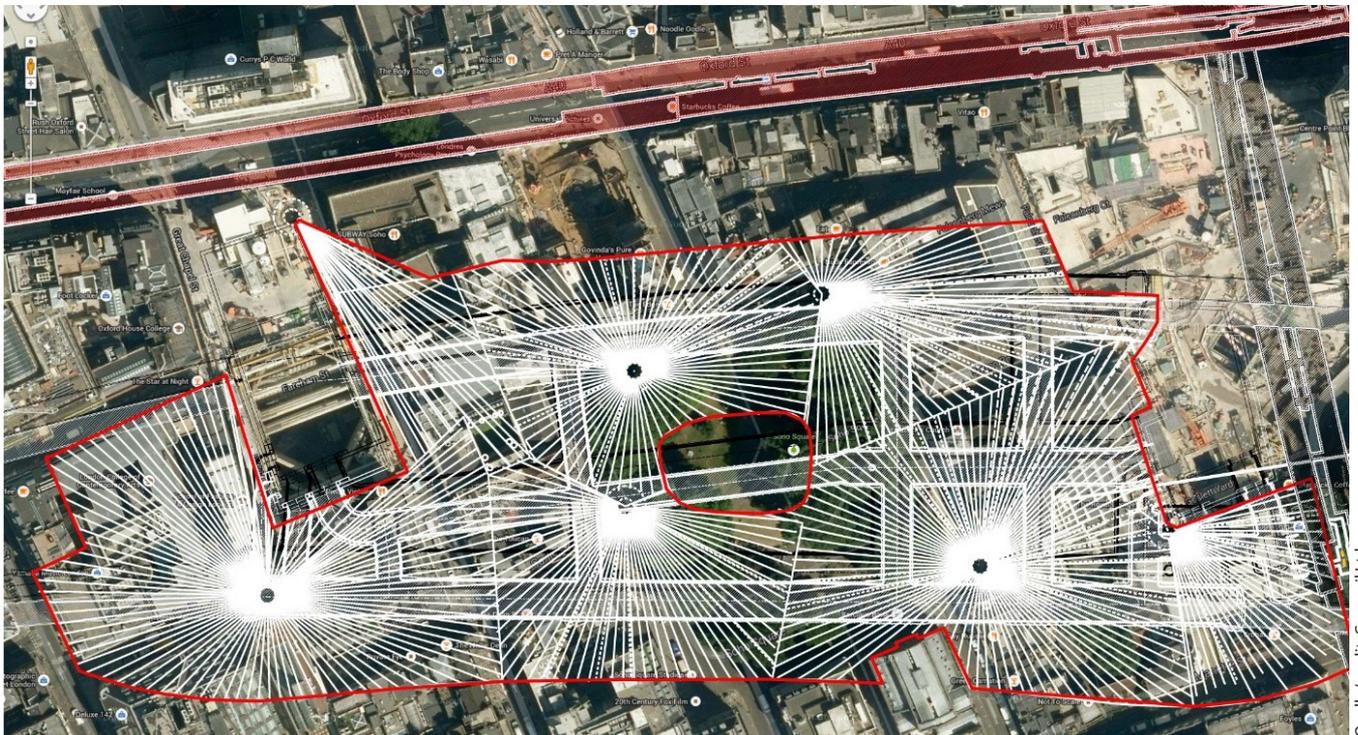
In contrast to the original design the TBM route was extended through FAR station. However, the construction cycle for building the stations could not be coordinated with the arrival of the TBMs in such a way that the TBMs could have been dismantled within the station accord-

ing to schedule and without engendering enormous additional costs. As a result, a joint decision was taken with the client Crossrail to “park” both TBMs in the ground outside the actual tunnel cross-section and surround them with concrete. The dismantling costs would otherwise have far exceeded the proceeds obtained from reselling the machines. The back-up systems of the two TBMs, on the other hand, were partly dismantled in the two tunnel bores, pulled back to reach the Fisher Street shaft located to the west and salvaged there.

Advance Measures for the Stations BOS, TCR and FAR

As an enabling measure many smaller shafts with an internal diameter of around 4 m were sunk to a depth of about 20 m by the “segment lining method” at BOS, TCR and FAR stations. From these, horizontal, cased drill holes (tube à manchette – TAM pipes) were subsequently produced in a dense array some 2 m above the final roof of the sprayed concrete tunnels (in other words the platform tunnels including the cross-passages and the connecting tunnels), all located in London Clay. The widespread, dense tube system was then used to undertake compensation grouting.

Before the tunnels driven by mining means using the sprayed concrete method could be built, the injection grid above all three stations was entirely completed in keeping with construction progress. Initial grouting was carried out through the TAM pipes so that the prevailing London Clay was completely saturated. In order to control all elevations, hundreds of measuring points were installed on the surface at all three stations and monitored by means of a fully automatic system. The closely knit grouting array, which resembles a spider’s web (**Fig. 6**), had essentially to be available complete with monitoring system prior to the sprayed concrete tunnelling being initiated.



Quelle/credit: Crossrail Ltd

6 Exemplarische Darstellung der Hebungsinjektionsrohre an der Haltestelle TCR
Exemplary presentation of the elevation grouting pipes at the TCR station

von zirka 4 m im „Segmentlining–Verfahren“ bis in Tiefen von zirka 20 m abgeteuft. Anschließend wurden daraus horizontale, verrohrte Bohrungen (Tube-à-Manchette/TAM-Rohre) in einem dichten Netz etwa 2 m über der endgültigen Tunnelfirste der Spritzbeton-Tunnel (also die Plattformtunnel inklusiver der zugehörigen Querschläge und Verbindungstunnel) erstellt, die allesamt im homogenen „London Clay“ lagen. Das weitverzweigte und dichte Leitungssystem, wurde dann zur Durchführung von Hebungsinjektionen verwendet.

Bevor die bergmännischen Tunnel in Spritzbetonbauweise aufgeföhren werden konnten, wurde das Injektionsnetz über allen drei Haltestellen dem Bauablauf entsprechend komplett fertiggestellt und eine erste Hebungsinjektion (Nullverpressung) durch die TAM-Rohre durchgeführt, um den anstehenden „London Clay“ komplett zu sättigen. Um die Hebungen zu kontrollieren, wurden an der Oberfläche aller drei Haltestelle Hunderte Messpunkte installiert und diese in einem vollautomatischen System überwacht. Das engmaschige Injektionsnetz, das einem Spinnennetz gleicht (**Bild 6**), musste zwingend vor dem Start jeglicher bergmännischer Vortriebsarbeiten samt Überwachungssystem zur Verfügung stehen.

Spritzbetonvortriebsarbeiten vor Ankunft der TBM an den jeweiligen Haltestellen

Wie eingangs beschrieben, konnten die beiden Tunnelbohrmaschinen durch die „TBM first“-Strategie ungestört die jeweiligen Haltestellenbereiche durchfahren. Um nach Abschluss der TBM-Fahrten die Bahnsteigaufweitungen mit Spritzbetonsicherung zu ermöglichen, wurden dazu bereits vor der TBM-Durchfahrt an

Sprayed Concrete Driving Operations prior to the TBM arriving at the corresponding Stations

As previously indicated, the two tunnel boring machines were able to pass through the corresponding station sections unimpeded thanks to the “TBM first” strategy. Towards this end, prior to the TBM passage, cross-tunnels complete with accesses were produced by sprayed concrete at the two platform tunnels at Bond Street and Tottenham Court Road. This was undertaken to enable the stations to be enlarged using a sprayed concrete support once the TBM passages were completed. These short tunnels, known as “wrap-arounds” (**Fig. 7**), were already the proper size at the platforms and were backfilled by a favorably priced air-entrained concrete after completion. This measure not only permitted the TBM unhampered passage but also ensured a safe start for the enlargement work for the platform tunnels. When the TBM arrived at the corresponding stations – BOS and TCR – all sprayed concrete activities had to cease, as it was no longer possible to access the platform tunnels. However, at TCR station it was possible to drive the “Central Link” tunnel running parallel to the platform tunnels by the sprayed concrete method while the TBM was passing by.

Sprayed Concrete Driving Operations at the Stations after Completion of the TBM Drives

After the TBM drives in FAR were concluded and both machines were abandoned in the ground off the main route, work immediately started on enlarging the segment-lined tunnels from 6.20 m to roughly 10.50 m. On account of boundary conditions relating to design, a pilot tunnel was required to restrict settlements and deformations

den beiden Plattfortuntunneln Bond Street und Tottenham Court Road Quertunnel samt Zugang in Spritzbetonbauweise aufgeföhren. Diese kurzen Tunnel, sogenannte „Wrap-Arounds“ (**Bild 7**), hatten im Bereich der Bahnsteige bereits die endgültige Größe und wurden nach Fertigstellung mit einem kostengünstigen Luftporenbeton wiederverfüllt. Diese Maßnahme gewährleistete nicht nur die ungestörte TBM-Durchfahrt, sondern später auch ein sicheres Starten der Aufweitungsarbeiten für die Plattforttunnel.

Mit der Ankunft der TBM an den jeweiligen Haltestellen BOS und TCR mussten die Spritzbetonarbeiten eingestellt werden, da kein Zugang zu den Plattforttunneln möglich war. An der Station TCR konnte während der TBM-Vorbeifahrt der parallel zu den Plattforttunneln verlaufende „Central Link“-Tunnel hingegen weiter in Spritzbetonbauweise aufgeföhren werden.

Spritzbetonvortriebsarbeiten an den Haltestellen nach Fertigstellung der TBM-Vortriebe

Nach Beendigung der TBM-Vortriebe in FAR, mit dem Verbleib beider Maschinen abseits der Haupttrasse im Boden, begann an den Haltestellen BOS und TCR umgehend die Aufweitung der Tübbingtunnel von 6,20 m auf zirka 10,50 m. Aufgrund von Planungsrandbedingungen benötigt man bei Querschnittsflächen, die 30 m² überschreiten, einen Pilot-Tunnel, um die Setzungen und Verformungen zu beschränken. Durch die „TBM first“-Strategie konnten die TBM-Tunnel als Pilot-Tunnel für den Bau der Haltestellen herangezogen werden. Ursprünglich waren hier Pilot-Tunnel in Spritzbetonbauweise mit ähnlichem Durchmesser vorgesehen gewesen, die anschließend auf das volle Bahnsteigprofil vergrößert werden sollten. In diesem Aufführungsbereich wurden während der TBM-Fahrt nur temporäre Tübbinge mit einer Länge von 1,0 m (statt 1,6 m) eingebaut, um anschließend die maximale Abschlagslänge bei der Spritzbetonbauweise zu ermöglichen. Bei diesem bergmännischen Vortrieb wurde der Plattforttunnel mit einem zentrischen Pilot-Tunnel in Kalotte und Sohle aufgeteilt (**Bild 8**).

Die maximale Abschlagslänge für die Kalotte war auf 1,0 m beschränkt und entspricht der Länge der temporären Ringe. Ein Vortriebszyklus erfolgte im System 4/2, was einen maximalen Vorauslauf der Kalotte von 4 m mit anschließendem Nachziehen der Sohle auf 2 m bedeutet. Somit ergibt sich der Ringschluss maximal nach 4 m und minimal nach 2 m.



7 „Wrap Around“ mit bereits entferntem Porenbeton und Tübbingausbau vor Beginn der Plattfortarbeiten in Spritzbetonbauweise

„Wrap around“ with air-entrained concrete and segmental lining already removed, prior to the start of work on enlarging the platforms using sprayed concrete technology

Quelle/Credit: JV BAM – Ferroviario – Kier

given cross-sectional areas in excess of 30 m². Thanks to the „TBM first“ strategy the TBM tunnels could be used as pilot tunnels to build the stations. Originally, pilot tunnels with similar diameters produced by the sprayed concrete method were foreseen here, which would subsequently be enlarged to reach the full platform profile. Only temporary segments that were 1.0 m long (rather than 1.6 m) were installed in this enlargement section during the TBM passage, so that the maximum length of advance could be subsequently attained during application of the sprayed concrete method. During the drive using mining means, the platform tunnel with

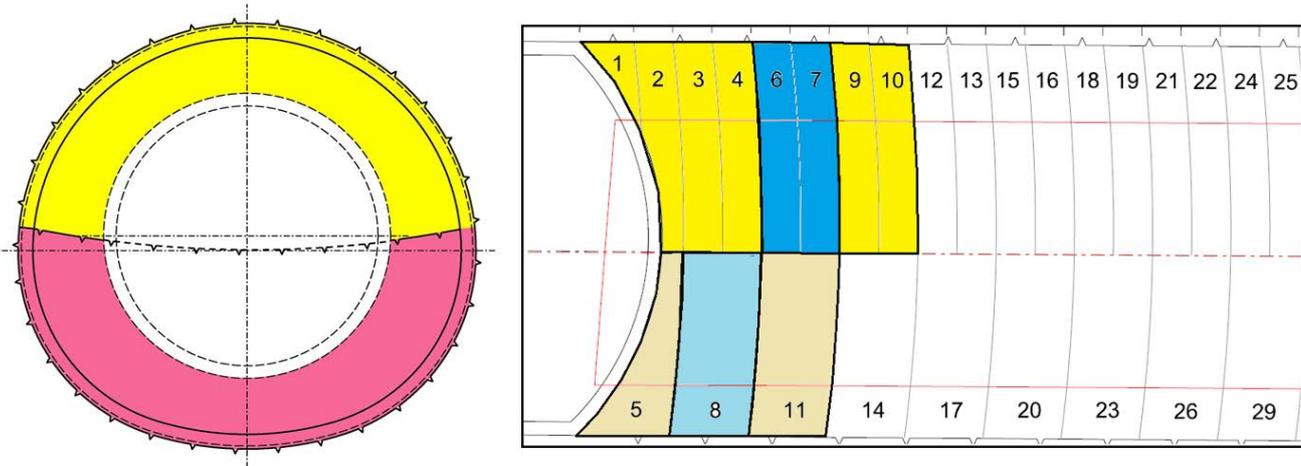
a central pilot tunnel was split up in crown and invert (**Fig. 8**).

The maximum length of advance for the crown was restricted to 1.0 m corresponding to the length of the temporary rings. The driving cycle was accomplished using a 4/2 system, signifying a maximum 4 m advance of the crown with the invert subsequently following up by 2 m. Consequently, the ring was closed after a maximum of 4 m and a minimum of 2 m.

During the sprayed concrete driving operations, the tunnel deformations and the surface settlements were measured automatically. The data were dealt with and interpreted twice a day during the shift review group (SRG) meetings. Decisions relating to the corresponding means of support such as e.g. face anchors and piles or part-sections were made here and the extent of the elevation grouting in the widespread „spider’s web“ was also established.

A Liebherr 944 hydraulic excavator was chosen to tackle the required work both on account of the geometrical boundary conditions as well as the mechanical requirements for removing the temporary ring segments (**Fig. 9**). After reworking, first of all a thin layer of sprayed concrete with steel fibres was placed as an initial support, which also prevented the London Clay from drying out.

All profiling work as well as placing the sprayed concrete had to be monitored by measuring units in real time, as no arches were used at all for the Crossrail project. After a preliminary application, the outer shell, the so-called „primary lining“ was also placed in layers with steel fibres and monitored by technical surveying. The outer layer is not merely for temporary protection, in its final state it is also intended for transferring loads. The primary lining was only reinforced with steel fibres. In the intersecting areas, structural steel matting or steel bars were additionally sprayed in place. As the required potential service life was 140 years, extremely high demands were placed on the sprayed concrete. These included proof of the required durability as well as sufficient early strength during the initial seconds after it



8 Tübbing-Pilot-Tunnel im Bahnsteigtunnel; Aufteilung in Kalotte und Sohle mit Ringschluss

Segment pilot tunnel in the platform tunnel; divided into crown and invert with ring closure

Während der Spritzbeton-Vortriebsarbeiten wurden die Tunnelverformungen und die Oberflächensetzungen automatisch gemessen. Die Daten wurden zweimal täglich in den Schichtbesprechungen (Shift Review Group-Meetings/SRG) erörtert und interpretiert. Hier wurde über die entsprechenden Stützmittel wie z. B. Ortsbrustanker und Spieße oder Teilflächen der Ausbaufestlegung entschieden und auch das Maß der Hebungsinjektionen im weit verzweigten „Spinnennetz“ festgelegt.

Als Lösegerät wurde, sowohl auf Grund der geometrischen Randbedingungen als auch der maschinentechnischen Anforderungen zum Abbrechen der temporären Tübbingsegmente, ein Hydraulikbagger vom Typ Liebherr 944 gewählt (Bild 9). Nach dem Profilieren wurde zunächst eine dünne Schicht Spritzbeton mit Stahlfasern als Erstsicherung aufgebracht, die zudem ein Austrocknen des „London Clays“ verhinderte.

Da beim Projekt Crossrail komplett auf einen Ausbau mit Bögen verzichtet wurde, mussten alle Profilierungsarbeiten und auch der Spritzbetonauftrag mit Vermessungsgeräten in Echtzeit überwacht werden. Nach dem Vorspritzen wurde die gespritzte Außenschale, das sogenannte „Primary Lining“, ebenso mit Stahlfasern in Schichten aufgebaut und vermessungstechnisch überwacht. Die Außenschale ist nicht nur ein temporärer Schutz sondern wird auch für die Lastabtragung im Endzustand herangezogen. Das „Primary Lining“ hatte nur Stahlfasern als Bewehrung. In den Kreuzungsbereichen wurden zusätzlich Baustahlmatten oder Stabstähle mit eingespritzt. Aufgrund der geforderten Entwurfslebensdauer von 140 Jahren wurden sehr hohe Qualitätsanforderungen an den Spritzbeton gestellt, die neben dem Nachweis der geforderten Dauerhaftigkeit auch die ausreichende Frühfestigkeit in den ersten Sekunden nach dem Auftrag beinhalteten. Die Einhaltung dieser Qualitätsanforderungen wurden während des Einbaus engmaschig sowohl auf der Baustelle (Ausbreitmaß, Frühfestigkeiten und Temperaturentwicklung) als auch im Baustofflabor (7- und 28-Tage-Festigkeiten, Balkenbiegeversuch) überprüft.

was placed. Adherence to these quality requirements was closely controlled during installation both on-site (slump, early strengths and temperature development) as well as in the building material lab (7 and 28-day strengths, beam bending test).

As SCL technology (Sprayed Concrete Lining) chosen here is not an observational method in contrast to the NATM (New Austrian Tunneling Method), deviations from the initially determined design were not possible. All load cases, which had to be taken into consideration during excavation and in the final state, were presented in the form of model calculations using finite element models. This led to well evolved planning specifications on the part of the client Crossrail Ltd. This meant that on-site, the means of support could only be put forward as changes to a limited extent in the previously described shift review meetings during excavation or via a FCD (Field Change Document) prior to the drive being executed.

As this project involves a major construction site in an exposed inner-urban area, the idea of using a main tunnel belt conveyor from the TBM drive again for the sprayed concrete muck had already been contemplated when the offer was being prepared. After concluding the western running tunnels, work also began on enlarging the western platforms at the two stations BOS and TCR. Towards this end, transverse belt conveyors were set up in the BOS “Eastern Ticket Hall” and “Western Ticket Hall” access shafts, which directly transferred the muck from the sprayed concrete drives to the TBM main belt conveyor. The TBM tunnel conveyor had already been prepared for coping with the additional quantities from the sprayed concrete drive. After completing the eastern running tunnel, all belt conveyors were removed from there. Then, at the BOS and TCR stations, a conventional loading concept was introduced in the form of vertical hoisting at the given access shafts with subsequent removal by road. Thanks to this combination of removal by road on the surface and transference by belt conveyor underground, it was first of all possible to drastically reduce the number of surface lorry trips in the heart of London to dispose of the soil. Secondly, productivity was increased.

Da es sich bei der hier gewählten Technik der Spritzbetonbauweise (SCL) im Unterschied zur Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) nicht um eine Beobachtungsmethode handelt, waren Abweichungen vom vorab festgelegten Design nicht möglich. Sämtliche Lastfälle, die während des Vortriebs und im Endzustand zu berücksichtigen waren, wurden durch umfangreiche Modellrechnungen mit Finite-Elemente-Modellen dargestellt. Dies führte zu einer weitestgehend fixen Planvorgabe seitens des Bauherrn Crossrail Ltd. Auf der Baustelle konnten die Stützmittel daher nur in einem geringen Umfang in den zuvor beschriebenen Schichtbesprechungen während des Vortriebs oder über ein Änderungsformular (Field Change Document/FCD) vor Beginn des Vortriebs als Änderung eingebracht werden.

Da es sich bei diesem Projekt um eine Großbaustelle in exponierter Innenstadtlage handelt, wurde bereits während der Angebotsbearbeitung auf die Idee zurückgegriffen, ein Haupttunnelförderband des TBM-Vortriebs für den Spritzbetonausbruch nochmals zu verwenden. Nach Abschluss des westlichen Streckentunnels wurde an den beiden Haltestellen BOS und TCR auch mit den westlichen Bahnsteigaufweitungen begonnen. Dazu wurden in den Zugangsschächten „Eastern Ticket Hall“ BOS und „Western Ticket Hall“ jeweils Querförderbänder angeordnet, die das Abraummaterial aus den Spritzbeton-Vortrieben direkt auf das TBM-Hauptband übergaben. Das TBM-Tunnelband war entsprechend bereits auf die zusätzlichen Mengen vom Spritzbetonvortrieb ausgelegt worden. Nach Beendigung des östlichen Streckentunnels wurden dort alle Förderbänder entfernt, und an den Haltestellen BOS und TCR erfolgte die Umstellung auf ein konventionelles Schutterkonzept durch vertikale Hubförderung an den jeweiligen Zugangsschächten mit anschließender Straßenabfuhr. Durch diese Kombination zwischen Straßenabfuhr und der Förderbandabfuhr untertage, ließ sich zum einen die Anzahl der obertägigen LKW-Fahrten zur Entsorgung des Bodens im Herzen London drastisch verringern, während zum anderen die Produktivität gesteigert werden konnte.

Bei der Aufweitung der Bahnsteigtunnel wurden die kalkulierten mittleren Vortriebsleistungen von zirka zwei Abschlägen pro Tag eingehalten. Es hat sich gezeigt, dass die bereits im Angebotsstadium gewählte „TBM first“-Strategie auch in der Ausführung die gewünschte wirtschaftlich und terminliche überzeugende Lösung war.

Gespritzte Innenschale (Secondary Lining)

Um den hohen Sicherheitsanforderungen beim Projekt Crossrail Rechnung zu tragen, wurde durch den Bauherrn Crossrail Ltd ein neuer, permanenter Spritzbetonschalenausbau entwickelt. Entgegen der gängigen Praxis einer nur temporär sichernden Spritzbetonschale in Kombination mit einer Innenschale aus Ort beton, wurde hier von Anfang an die gespritzte Außenschale in den Nachweis für den Endzustand mit einbezogen (Bild 10). Dies war nur durch eine Verbindung der gespritzten Außenschale („Primary Lining“) mit der gespritzten Innenschale („Secondary

The calculated average rates of advance of roughly two lengths per day were adhered to when the platform tunnels were being enlarged. It was shown that the „TBM first“ strategy adopted during the tendering stage was the desired economic solution that fulfilled scheduling requirements.

Sprayed Inner Shell (Secondary Lining)

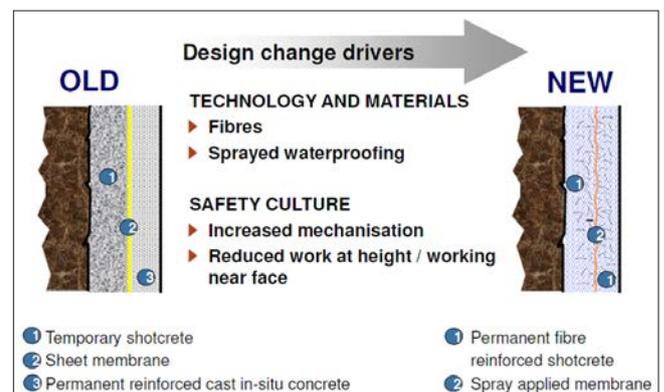
In order to comply with the high safety demands for the Crossrail project, the client Crossrail Ltd developed a new, permanent sprayed concrete lining. Here the sprayed concrete shell was included in the verification for the final state from the very onset, as opposed to the usual practice of producing only a temporary supporting sprayed concrete shell combined with an in situ concrete inner shell (Fig. 10). This was possible only by connecting the sprayed outer shell, the primary lining, with the sprayed inner shell, the secondary lining, via the sprayed waterproofing membrane located in between. Both shells jointly act as a „composite lining“ and together can transfer both bending and lateral forces as well as shearing forces to a small degree.



Quelle/Credit (3): JV BAM – Ferrovial – Kier

- 9 Als Lösegerät für die Vortriebe in Spritzbetonbauweise kam ein Liebherr Hydraulikbagger zum Einsatz

A Liebherr hydraulic excavator was employed to tackle the work in the drives produced by sprayed concrete technology



- 10 Gegenüberstellung: temporärer und permanenter Spritzbetonschalenausbau im Endzustand

Comparison of temporary and permanent sprayed concrete shell lining in its final state

Lining“) über die dazwischen liegende gespritzte Abdichtungsmembran möglich. Beide Schalen wirken im Verbund als sogenanntes „Composite Lining“ und können gemeinsam sowohl Biegung und Querkräfte als auch Schubkräfte in geringem Maß abtragen.

Das Heranziehen beider Schalen für den Endzustand brachte, wie bereits erläutert, automatisch erhöhte Qualitätsanforderungen an den Spritzbeton der Außenschale mit sich. Auf der anderen Seite konnten jegliche Arten von Querschnitten oder Verschneidungen samt komplizierter Geometriewechsel ohne Berücksichtigung klassischer Randbedingungen, wie z. B. Schalwagen oder Bewehrungsführung, realisiert werden.

Der gesamte Schalenaufbau (Außen- und Innenschale) ergab sich wie folgt: Vorspritzen als Erstsicherung (Initial Lining), mit Stahlfasern gespritzte Außenschale (Primary Lining), Abdichtungsträger aus Spritzbeton ohne Stahlfasern, um die Stahlfasern der Außenschale komplett zu bedecken (Regulation Layer), gespritzte Abdichtung (Sprayed Waterproofing Layer), mit Stahlfasern gespritzte Innenschale (Secondary Lining) und abschließend eine Brandschutzschicht mit Polypropylenfasern (Fire Regulation Layer).

Ein großes Risiko bestand in der Tatsache, dass die einzuhaltenden Gesamt toleranzen auf die jeweiligen Spritzbeton- oder Abdichtungsschichten aufgeteilt werden mussten. Dies erforderte einen erheblichen Aufwand sowohl bereits während des Einbaus bzw. des Aufspritzens (**Bild 11**) durch in-situ Kontrollen als auch nach Abschluss der Spritzarbeiten. Alle aufgebrauchten Schichten wurden mit Hilfe von 3-D-Scannern als dichte Punktwolke vermessen und jeweils mit der vorangegangenen Schicht abgeglichen. Daraus konnte für die jeweiligen Schichten nicht nur das notwendige Profil sondern auch die jeweilige Schichtstärke als Nachweis an den Bauherrn lückenlos dokumentiert werden. Der Einsatz der Laserscanner wurde durch die Arge im Zuge eines Value Engineering eingeführt und hat sich in der Praxis als beste Lösung für die Baustelle herausgestellt.



11 Einbau der permanenten Spritzbetonschale an der Tottenham Court Road
Installing a permanent sprayed concrete shell at Tottenham Court Road

The inclusion of both shells for the final state, as already mentioned, automatically resulted in enhanced quality demands on the sprayed concrete for the outer shell. On the other hand, all kinds of cross-sections or intersections together with complicated changes in geometry could be accomplished without taking classical boundary conditions into account, such as e.g. formwork cars or reinforcement guidance. The entire formwork set-up (outer and inner shell) consisted of the following: advance spraying of first support (initial lining), outer shell sprayed with steel fibres (primary lining), sprayed concrete sealing layer without steel fibres to ensure that the steel fibres of the outer layer are completely covered (regulation layer), sprayed sealing layer (sprayed waterproofing layer), inner shell sprayed with steel fibres (secondary lining) and subsequently a fire protection layer with polypropylene fibres (fire regulation layer).

The fact that the overall tolerances to be adhered to had to be distributed among the given sprayed concrete or waterproofing layers represented a major

risk. This meant a substantial effort in using in situ checks both during installation or spraying (**Fig. 11**) as well as after the spraying operations had been completed. All the layers installed were surveyed using 3D scanners as a dense scatter plot and compared with the previous layer. Thus, not only the necessary profile for the corresponding layers could be obtained, but also the given layer thickness could be documented as proof for the client. The JV's application of the laser scanner was undertaken as part of a value engineering process and turned out to be the best solution for the site in practice.

Supporting the Invert in the running Tunnels

After the running tunnel bores were cleared, work started immediately on supporting the invert for the track substructure. Two different invert alternatives were foreseen for the tunnel sections, depending on noise and vibration requirements. This had to be already taken into account in connection with the choice of the

Sohlausbau in den Streckentunneln

Nach dem Räumen der Streckentunnelröhren konnte unmittelbar mit dem Sohlusbau für den Gleisunterbau begonnen werden. Entlang der Tunnelstrecken waren, abhängig von den Anforderungen an den Schall- und Erschütterungsschutz, zwei verschiedene Sohlbeton-Varianten vorgesehen. Dies war bereits bei der Ringauswahl während der TBM-Vortriebsarbeiten zu berücksichtigen. In der Planung des Auftraggebers gab es eine sogenannte Standard-Variante (Standard-Track-Slab/STS), die direkt auf den Sohlübbing betoniert werden konnte, sowie ein entkoppelter Sohlbeton (Floating-Track-Slab/FTS), bei dem schall- und erschütterungsreduzierende Gummimatten zwischen Tunnelschale und Sohlbeton installiert werden mussten (**Bild 12**). Der Sohlbeton und der Tübbingausbau sind hierbei akustisch voneinander getrennt. Zum Einsatz kamen sowohl Fertiger als auch konventionelle Seitenschalungen für den Einbau der Sohle und der beiden Bankette.

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die von der Arge BFK gewählte Strategie des „TBM first“ bestens bewährt hat und sich die nachfolgend auszuführenden Gewerke wie Aufweitung der Plattformtunnel, Herstellung der Querschläge zwischen den Tunnelröhren sowie der Sohlusbau in den Streckentunneln nahtlos in den Gesamtbaublauf eingepasst haben.

Inzwischen sind bereits einzelne Bauabschnitte der drei in diesem Artikel vorgestellten Lose C300, C410 und C435 an den Auftraggeber Crossrail übergeben. Sich anschließende Ausbaugewerke, die nicht im Auftragsvolumen der Arge BFK befanden, werden nun vorangetrieben, um den geplanten Eröffnungstermin im Jahr 2018 zu gewährleisten. 



Quelle/Credit (2): JV BAM – Ferrovial – Kier

12 Übergang vom Standard-Sohlbeton zu entkoppeltem Sohlbeton

Transition from standard invert concrete to decoupled invert concrete

segment rings during the TBM driving operations. The client's design called for a so-called "standard track slab/STS", which could be concreted directly onto the invert segment as well as decoupled invert concrete alternative (floating track slab/FTS), which contained rubber mats that reduced noise and vibration to be installed between the tunnel shell and the invert concrete (**Fig. 12**). Thereby, the invert concrete and the segmental lining are separated acoustically. Both prefabricated as well as conventional side formwork was used for installing the invert and the two verges.

Summary

In conclusion, it can be asserted that the "TBM first" strategy chosen by the BFK JV proved itself exceptionally well and that the ensuing tasks such as enlarging the station platforms, producing the cross-passages between the tunnel bores as well as supporting the invert in the running tunnels were smoothly integrated in the overall construction process.

In the interim, individual construction sections belonging to the three lots C300, C410 and C435 presented in this report have already been handed over to the client Crossrail. Subsequent fitting out works which were not included within the BFK JV's scope of work, are now forging ahead so that the scheduled opening date in 2018 can be adhered to. 

RELUX[®]

ReluxTunnel payware for professional tunnel lighting calculation and simulation www.relux.com

Tunnelbau in Deutschland: Statistik (2014/2015), Analyse und Ausblick

Seit mehr als 35 Jahren führt die STUVA eine Statistik zum Tunnelbau in Deutschland. Anlass hierzu war und ist eine entsprechende Anregung der International Tunnelling and Underground Space Association [1].

Tunnelling in Germany: Statistics (2014/2015), Analysis and Outlook

For more than 35 years the STUVA has carried out a survey of tunnelling in Germany prompted by a corresponding request by the International Tunnelling and Underground Space Association [1].

Dipl.-Bibl. Martin Schäfer, STUVA – Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. / Research Association for Underground Transportation Facilities Inc., Köln/Cologne, Deutschland/Germany

1 Laufendes Tunnelbauvolumen

Wie in den Vorjahren hat die STUVA auch für den Jahreswechsel 2014/15 eine Umfrage zu den laufenden Tunnelbauvorhaben in Deutschland durchgeführt. Das Ergebnis wurde für den Stichmonat Dezember 2014 tabellarisch zusammengestellt und nachfolgend bewertet. Es handelt sich dabei um eine Fortschreibung der für 1978 [2] bis 2014 [3] veröffentlichten Tabellen. Erfasst wurden nur solche Tunnel- und Kanalbauwerke, die einen begehbaren oder bekriechbaren Ausbruchquerschnitt, also einen lichten Minstdurchmesser von 1000 mm bzw. unter Einbeziehung der Rohrwandung mindestens einen Ausbruchquerschnitt von etwa 1 m² aufweisen. Unberücksichtigt blieben dagegen – wie in den Vorjahren – grabenlose Kleinvortriebe, die im Zusammenhang mit dem Sammlerbau, den zugehörigen Hausanschlüssen oder auch bei Unterpressungen von Bahn- und Straßenanlagen zur Anwendung gelangen.

Die Tabellen der zum Jahreswechsel 2014/15 im Bau befindlichen Tunnelprojekte sind aufgrund ihres Umfangs nicht im Detail abgedruckt, können jedoch von den Internet-Seiten der STUVA [4] abgerufen werden. In diesen Tabellen wird der Bezug zu dem Datenmaterial der Vorjahre über die Nummerierung der Tunnelbauvorhaben erkennbar. Im Einzelnen setzt diese sich aus ein oder zwei Kennbuchstaben, einer zweiziffrigen, fortlaufenden Registrierungsnummer und der ebenfalls zweiziffrigen Angabe des Erfassungsjahres zusammen. Die Kennbuchstaben dienen dazu, die geplante Tunnelnutzung stichwortartig aufzuzeigen:

- US** U-, Stadt- und S-Bahntunnel
- B** Fernbahntunnel
- S** Stadt- und Fern-Straßentunnel
- V** Wasser- und andere Versorgungstunnel
- A** Abwassertunnel
- So** Sonstige Tunnel
- GS** Grundsanie rung von Tunneln

1 Tunnels under Construction

As in previous years, the STUVA also undertook a survey of current tunnelling projects in Germany at the turn of the year 2014/2015. The outcome is compiled in tabular form for the month of December 2014 and subsequently assessed. The table follows up its predecessors published for the years 1978 [2] to 2014 [3]. Only tunnels and drain/sewer structures which possess an accessible (walk-in or crawl-in) excavated cross-section, i.e. a clear minimum diameter of 1000 mm or, including the pipe wall, a minimum cross-section of roughly 1 m², are listed. On the other hand, small trenchless headings which, in recent years, have frequently been executed in conjunction with main drain construction, the relevant domestic connections, and also pipe-jacking operations beneath rail and road facilities, are not included.

The tables for the tunnel projects under construction at the turn of the year 2014/2015 are not listed in detail on account of their extent; however data can be obtained from STUVA's Internet pages [4]. In these tables, the numbering of the tunnel projects indicates the relationship to the data material originating from previous years. Essentially it takes the form of single or double identification letters, a two-digit sequential registration number and a two-digit annual identification number. The identification letters serve to provide a brief assessment of the planned tunnel utilisation, namely:

- US** Underground, urban and rapid transit rail tunnels
- B** Main-line rail tunnels
- S** Urban and trunk road tunnels
- V** Water and other supply tunnels
- A** Drain/sewer tunnels
- So** Miscellaneous tunnels
- GS** Tunnel modernisation

The identification number US 0114 therefore refers to a tunnel project with the sequential number 1 from the Underground, urban

Jahreswechsel Turn of the year	2014/15				2013/14 (zum Vergleich / to compare)				2012/13 (zum Vergleich / to compare)			
	Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]	
US: U-, Stadt-, S-Bahn Underground, urban and rapid transit system	16,433	(2,067)	1.509,0	(165,0)	15,116	(1,930)	1.536,0	(157,0)	19,668	(4,117)	1.762,1	(414,0)
B: Fernbahn Main-line railway	105,307	(20,360)	10.326,0	(1.696,0)	122,043	(12,464)	15.797,0	(1.914,0)	110,483	(70,011)	13.850,0	(7.085,0)
S: Straßen Road	47,251	(11,054)	5.717,0	(1.570,0)	38,646	(11,515)	4.263,0	(1.343,0)	41,602	(9,046)	4.329,0	(677,0)
Verkehrstunnel Traffic tunnels	168,991	(33,481)	17.552,0	(3.431,0)	175,805	(25,909)	21.596,0	(3.414,0)	171,753	(83,174)	19.941,0	(8.176,0)
A: Abwasser Sewage	70,580	(20,580)	474,0	(180,4)	50,000	(0,000)	293,6	(0,0)	50,209	(44,709)	294,0	(251,0)
V: Versorgung Utility lines	0,410	(0,000)	1,4	(0,0)	0,410	(0,410)	1,4	(1,4)	2,500	(0,500)	7,7	(0,0)
So: Sonstiges Others	0,323	(0,000)	4,7	(0,0)	0,323	(0,323)	4,7	(4,7)	5,781	(0,000)	141,4	(0,0)
Gesamt Total	240,304	(54,061)	18.032,1	(3.611,4)	226,538	(26,642)	21.895,7	(3.420,1)	230,243	(127,883)	20.384,1	(8.427,0)
GS: Grundsanie rung von Tunneln Redevelopments of tunnels	8,902	(2,188)			14,853	(10,918)			4,275	(0,359)		
Die Klammerwerte geben die zum betrachteten Jahreswechsel neu erfassten Tunnelbaukilometer bzw. m ³ Ausbruchvolumen an The values in brackets relate to the newly compiled tunnel construction km and m ³ of excavated volume at the given turn-of-the-year												

Tabelle 1 Auffahrlänge und Ausbruchvolumen der jeweils zum Jahreswechsel im Bau befindlichen Tunnel

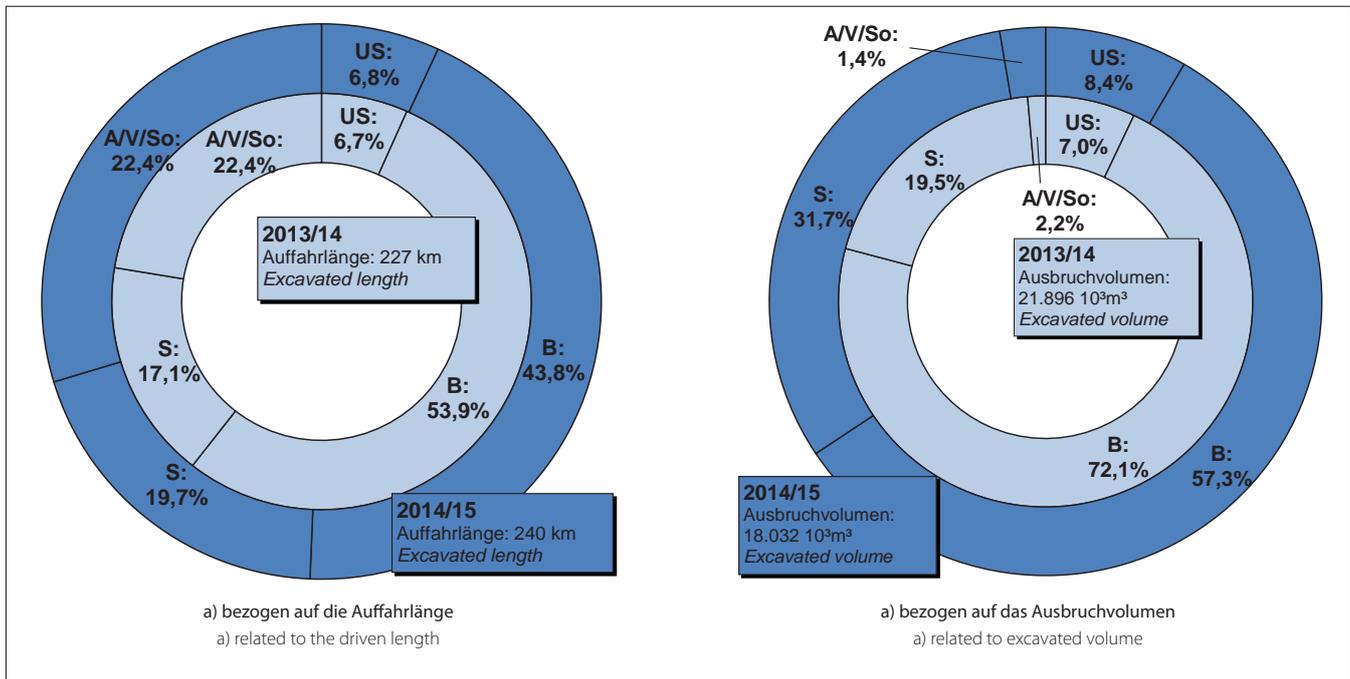
Table 1 Driven length and excavated volume of tunnels at the given turn of the year

Dementsprechend besagt die Kennnummer US 0114, dass es sich um das Tunnelprojekt mit der laufenden Nummer 1 aus dem Bereich der U-, Stadt- und S-Bahnen handelt, das im Jahr 2014 erstmals in die Statistik aufgenommen wurde. Die vorstehend beschriebene Art der Nummerierung wurde vor dem Hintergrund gewählt, dass die meisten Baustellen, insbesondere aus dem Verkehrstunnelbereich, über zwei bis drei Jahre und mehr laufen. Um Doppelzählungen zu vermeiden und um das jeweils neu hinzugekommene Bauvolumen ausweisen zu können, hat sich diese Art der Registrierung bewährt. Entsprechend wird in **Tabelle 1** nicht nur das Gesamtbauvolumen, sondern in Klammern auch das im Berichtsjahr jeweils neu erfasste Bauvolumen ausgewiesen. Zum Vergleich sind dort neben den Angaben für den Jahreswechsel 2014/15 auch die Zahlen der beiden Vorjahreswechsel aufgeführt.

Allgemein informieren die Tunnellisten auf den Internetseiten der STUVA über Lage und spätere Nutzung der aufgeführten Tunnel, über Länge und Querschnitt sowie über die vorwiegend ange-troffenen Bodenverhältnisse. Das angewandte Bauverfahren wird stichwortartig beschrieben und die geplante Bauzeit angegeben.

and rapid transit tunnels sector which was included for the first time in the statistics in 2014. The above-mentioned method of identification was selected against the background that the majority of construction sites, especially those from the transportation tunnel sector, run for two or three years, or even more. This method of registration has proved itself in order to avoid projects being counted twice and to identify the new construction volume that was to be included. As a result, **Table 1** contains the total construction volume as well as the construction volume collated during the year of the report set in brackets. In addition to the details for the turn of the year 2014/2015, the figures from the two previous years can also be found there for comparison.

By and large, the tunnel lists on the STUVA Internet pages provide information on the location and ultimate utilization of the tunnels that are included, their length and cross-sections, and also the soil conditions mainly encountered. The construction method used is explained in brief and the scheduled construction time stated. As far as possible, the clients, designers and contractors are named. Details of constructional or technical aspects of a special nature are also provided for many projects.



Quelle/credit(2): STUVA

1 Anteil der verschiedenen Arten der Tunnelnutzung (vgl. Tabelle 1)
Proportion of the various types of tunnel utilization (please see Table 1)

Soweit möglich, werden Bauherren, Planer und Ausführende benannt. Schließlich werden gegebenenfalls noch konstruktive oder verfahrenstechnische Besonderheiten angemerkt.

Informationen über das Ausbruchvolumen der einzelnen Baumaßnahmen lassen bei einem Vergleich der Verkehrstunnel mit den Ver- und Entsorgungstunneln den tatsächlichen Umfang der jeweiligen Bauarbeiten besser abschätzen als Längenangaben allein. Allerdings ist bei der Erhebung des Ausbruchvolumens folgendes zu beachten: Während bei den geschlossenen Bauweisen das Ausbruchvolumen unzweifelhaft zu ermitteln ist, ergibt sich der für die offenen Bauweisen vergleichbare Wert erst aus der Verminderung des gesamten Bodenaushubs um die Wiederverfüllung.

Tabelle 1 vermittelt ein Bild über die jeweils zum angegebenen Jahreswechsel im Bau befindliche gesamte Tunnelauffahrlänge und das zugehörige Ausbruchvolumen. Außerdem sind für den Jahreswechsel 2014/15 in **Bild 1** Auffahrlänge und Ausbruchvolumen nach der Art der Tunnelnutzung graphisch aufgegliedert. Ein genereller Vergleich der Zahlen in Tabelle 1 lässt eine leichte Abnahme der Auffahrlängen der Verkehrstunnel zum Jahreswechsel 2014/15 mit insgesamt rund 169 km gegenüber dem Vorjahreswechsel mit knapp 176 km erkennen. Während sich die Bautätigkeit in den Verkehrsbereichen U-, Stadt- und S-Bahn sowie Straße wieder belebt, schwächt sich der Bereich Fernbahn ab. Betrachtet man die Angaben zum Ausbruchvolumen, so ergibt sich bei einem Vergleich zwischen den Verkehrstunneln einerseits und den Ver- und Entsorgungstunneln andererseits bei einem längenbezogenen Verhältnis von gut 2 : 1 ein Volumenverhältnis von etwa 37 : 1 (vgl. auch Bild 1).

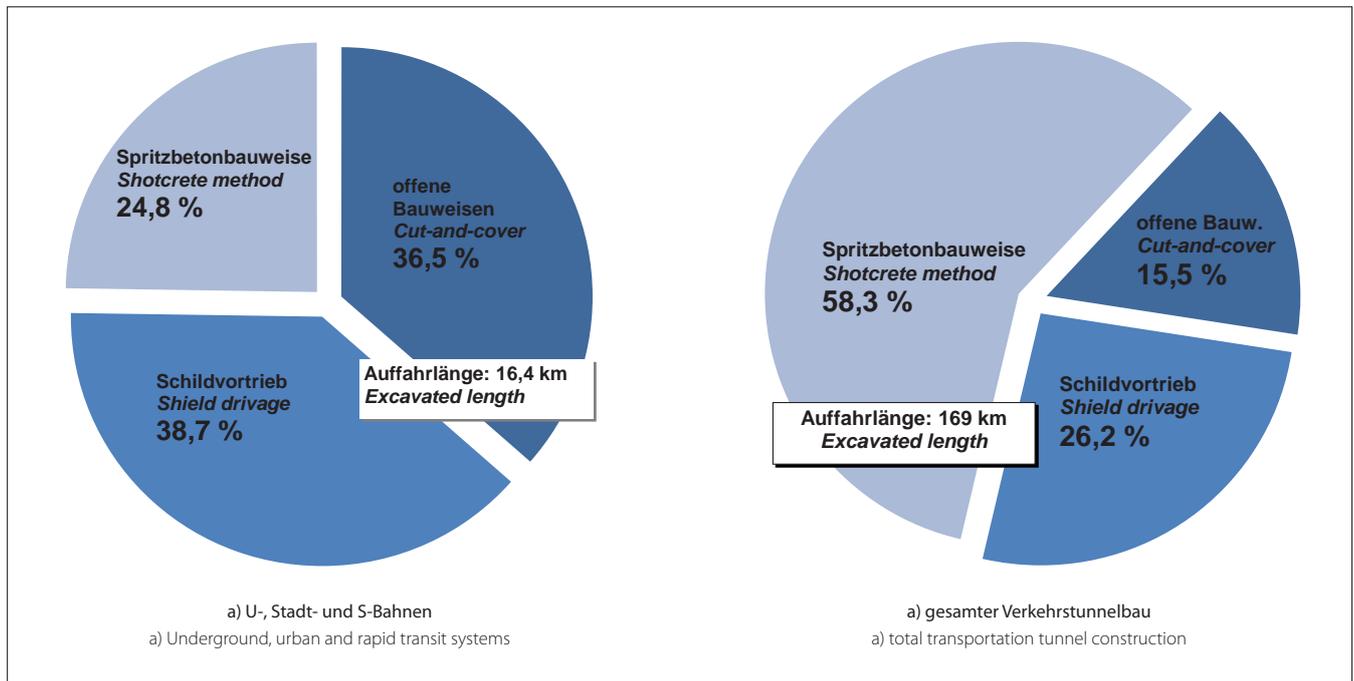
When comparing transportation tunnels with supply and disposal tunnels, information on the excavated volumes of the individual schemes makes it possible to estimate the actual extent of the relevant measures in a better manner than mere details relating to lengths. However, the following should be observed when comparing the excavated volume: whereas the excavated volumes for trenchless construction measures can be determined with certainty, the comparative value for cut-and-cover methods can only be obtained by subtracting the amount of soil required for refilling from the total excavated.



Quelle/credit: Amim Kiligus

2 Aufnahme von Tübbingern im Nachläufer der TBM „Käthchen“ an der Baustelle Boßlertunnel, NBS Wendlingen–Ulm

Accepting segments in the TBM "Käthchen" back-up at the Boßler Tunnel construction site, new Wendlingen–Ulm rail line



3 Struktur des Verkehrstunnelbaus in Deutschland zum Jahreswechsel 2014/15

Structure of transportation tunnel construction in Germany at the turn of the year 2014/2015

Die Frage der Vollständigkeit des durch die STUVA-Umfrage von den Baufirmen und den Ingenieurbüros erhaltenen Zahlenmaterials ist nur schwer abzuschätzen. Um in dieser Hinsicht eine größere Zuverlässigkeit sicherzustellen, wurden im Rahmen der Erhebung 2014/15 – wie in den Vorjahren auch – die im U-, Stadt- und S-Bahnbau tätigen Städte sowie die Deutsche Bahn AG angeschrieben. Die Daten für die Tunnel der Bundesfernstraßen wurden vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) bereitgestellt [5]. Diese Daten sind unverzichtbar für die Fortschreibung dieser Statistik und liefern wichtige Ergänzungen und Korrekturen. Generell sei dem BMVI, der Deutschen Bahn AG, den anderen genannten Behörden und Bauherren, den Planungsbüros sowie den beteiligten Baufirmen an dieser Stelle für die Mitarbeit bei der statistischen Erfassung der Tunnelbauvorhaben ausdrücklich gedankt.

Im Folgenden wird das Ergebnis der Erhebung per Dezember 2014 in verschiedener Hinsicht genauer ausgewertet, um so einen aktuellen Überblick über den Tunnelbau in Deutschland zu erhalten. Zur Vertiefung sei auf die umfassenden Erläuterungen in der Dokumentation „Unterirdisches Bauen Deutschland 2010“ mit zahlreichen in Wort und Bild dargestellten Beispielen verwiesen [6].

- Der Schwerpunkt des **innerstädtischen Bahntunnelbaus** (Tabellenteil US) liegt in diesem Jahr in Stuttgart, Düsseldorf und Karlsruhe, wo sich zum Jahreswechsel 2014/15 jeweils insgesamt ca. 3,5 km S-Bahn- bzw. Stadtbahntunnel im Bau befanden. In Berlin wurden etwa 2,6 km U-Bahntunnel aufgeföhren, in Nürnberg ca. 2,2 km. Weitere Tunnelstrecken unter 2 km Länge sind in Dortmund und Hamburg im Bau.

Table 1 provides a picture of the overall tunnelling length under construction at the end of the year in question and the related construction volume. For the turn of the year 2014/2015, **Fig. 1** also contains the driven length and the excavation volume in accordance with the type of tunnel utilisation shown in graphic form.

A general comparison of the figures in Table 1 reveals a slight tailing off in the driven length of transportation tunnels as at the turn of the year 2014/2015, with a total of some 169 km compared with almost 176 km the previous year. Whereas building activities in the sectors Underground, urban and rapid transport and road revived, operations in main-line construction diminished.

If one considers the data relating to excavated volume, there is a length-related ratio of almost 2:1 as against a volume-related one of around 37:1 when comparing transportation tunnels on the one hand with supply and disposal tunnels on the other (please also see Fig. 1).

The question of the completeness of the data obtained from the STUVA survey from contractors and consultants is difficult to assess. In order to arrive at greater reliability in this respect, the cities engaged in Underground, urban and rapid transit construction activities, and also Deutsche Bahn AG, were requested to supply data within the scope of the 2014/2015 survey, as was the case in previous years. The Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) provided data for federal trunk road tunnels [5]. In a large number of cases, the responses from these authorities and from Deutsche Bahn AG resulted in important additions and corrections. At this point, a special word of thanks goes to the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, Deutsche Bahn AG, the other authorities and clients mentioned and the planning agencies and

Der längenbezogene Anteil der geschlossenen Bauweisen am innerstädtischen Bahntunnelbau betrug mit 10,4 km Ende 2014 etwa 64 % (Vorjahr 62 %) des bundesweiten Gesamtbauvolumens an U-, Stadt- und S-Bahnen. Wiederum bezogen auf das Gesamtvolumen entfielen knapp 25 % auf die Spritzbetonbauweisen (Vorjahr 22 %) und etwa 39 % (Vorjahr 40 %) auf den Schildvortrieb. Eine Übersicht über die Anteile der verschiedenen Tunnelbauverfahren gibt **Bild 3a**. Ergänzend hierzu zeigt das Diagramm in **Bild 4a** den längenbezogenen Anteil der verschiedenen Bauweisen im U-, Stadt- und S-Bahnbau während der letzten 20 Jahre.

Bundesland Federal state	Tunnellängen Length [km]				Anteil Shares [%]
	US	B	S	Gesamt	
BW Baden-Württemberg	6,674	95,260	8,323	110,257	65,2%
BY Bayern/Bavaria	2,222	9,117	10,341	21,680	12,8%
BE Berlin	2,600	0,000	0,821	3,421	2,0%
BB Brandenburg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
HB Bremen	0,000	0,000	0,800	0,800	0,5%
HH Hamburg	0,710	0,000	0,550	1,260	0,7%
HE Hessen/Hesse	0,000	0,930	17,971	18,901	11,2%
MV Mecklenburg-Vorpommern/ Mecklenburg-West-Pomerania	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
NI Niedersachsen/ Lower Saxony	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
NRW Nordrhein-Westfalen/ North Rhine Westphalia	4,227	0,000	1,975	6,202	3,7%
RP Rheinland-Pfalz/ Rhineland Palatinate	0,000	0,000	0,330	0,330	0,2%
SL Saarland	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
SN Sachsen/Saxony	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
ST Sachsen-Anhalt/Saxony-Anhalt	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
SH Schleswig Holstein	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
TH Thüringen/Thuringia	0,000	0,000	6,140	6,140	3,6%
Alle Bundesländer All Federal States	16,433	105,307	47,251	168,991	100,0%

Tabelle 2 Regionale Zuordnung der zum Jahreswechsel 2014/15 im Bau befindlichen Verkehrstunnel

Table 2 Regional distribution of the transportation tunnels under construction at the turn of the year 2014/15

contractors involved, for their assistance in compiling the statistics for current tunnelling projects.

In the following, the results of the survey as of December 2014 are evaluated more thoroughly in various ways in order to obtain an up-to-date overview of tunnelling in Germany. In order to substantiate this, please refer to the comprehensive explanatory notes relating to the structures to be found in "Underground Construction in Germany 2010", containing a large number of examples presented in both illustrated and written form [6].

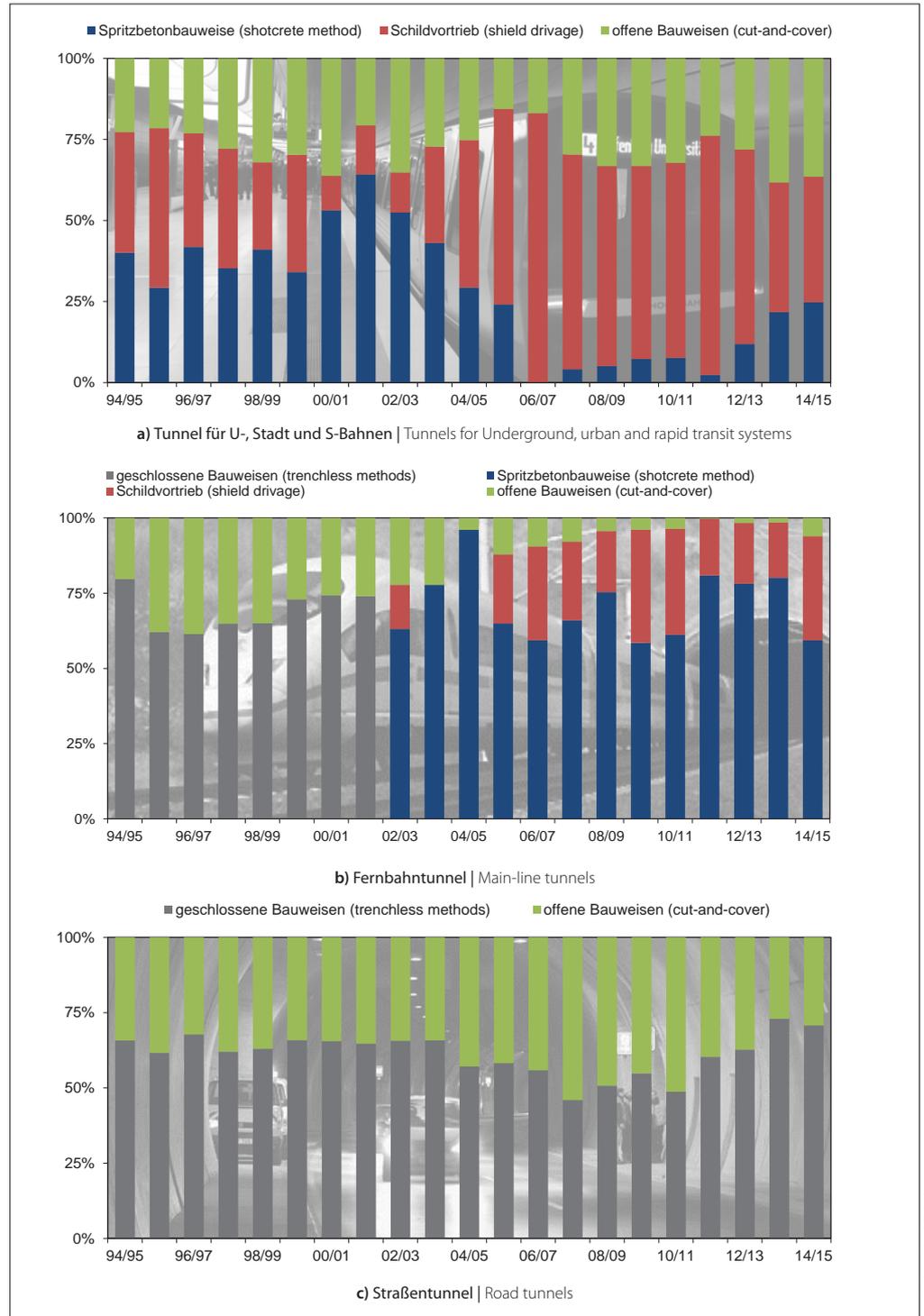
- This year, the main activities relating to **inner-urban rail tunnelling** (Table section US) took place in Stuttgart, Düsseldorf and Karlsruhe, where in each case some 3.5 km of urban and rapid transit tunnels were under construction at the turn of the year 2014/2015. Roughly 2.6 km of Underground tunnels were driven in Berlin, around 2.2 km in Nuremberg. Further tunnel projects amounting to less than 2 km are underway in Dortmund and Hamburg. The length-related proportion of trenchless construction methods with regard to inner-urban rail tunnel construction amounted to 10.4 km at the end of 2014, accounting for about 64 % of the total national construction volume for Underground, urban and rapid transit rail systems (62 % the previous year). Of this total, almost 25 % was accounted for by shotcreting methods (22 % the previous year) and roughly 39 % (40 % the previous year) by shield driving. **Fig. 3a** provides a survey of the percentages accounted for by the various tunnelling methods. In this context, the diagram in **Fig. 4a** shows the length-related proportion of the various construction methods in Underground, urban and rapid transit rail construction during the last 20 years.
- The **main-line rail tunnels** listed in Part B largely relate to works in conjunction with tunnelling projects in the Greater Stuttgart 21 area (**Fig. 2**). Of the tunnelling projects currently being implemented (a total of 105 km), almost 46 km are accounted for by the major project "Stuttgart 21 rail hub" and some 41 km by the new Wendlingen–Ulm rail route. In each case, some 8 km of tunnel are being produced in conjunction with the upgraded Hanau–Nantebach line and the upgraded/new Karlsruhe–Basle section. The tunnels on the new Ebensfeld–Erfurt line have for the most part been completed in their carcass state so that they drop out of these statistics, although the route itself is yet to become operational. These main-line rail tunnel projects predominantly employ the shotcreting method (60 %) with TBMs used for a further 35 % of the excavated volume (**Fig. 4b**).
- **Road tunnel construction** (Part S of the table), like the two other transportation tunnel sectors, has been subject to pronounced contracting fluctuations in recent years. This becomes clearly evident from the award curve in **Fig. 5** and above all, from the graphics pertaining to the length-related percentages of the awarded projects in **Fig. 6**. The ratio of road tunnels built by mining techniques and by cut-and-cover stands at roughly 3:1 (please see Fig. 4c). In this connection, shotcreting predominates in the majority of cases as far as mined tunnels are concerned.

Die im Tabellenteil B aufgeführten **Fernbahntunnel** betreffen zu einem wesentlichen Teil die Tunnelbaumaßnahmen im Großraum Stuttgart (**Bild 2**). Von den derzeit laufenden Baumaßnahmen (insgesamt 105 km) entfallen knapp 46 km auf das Großprojekt „Bahnknoten Stuttgart 21“ und ca. 41 km auf die NBS Wendlingen–Ulm. Jeweils ca. 8 km Fernbahntunnel sind im Zuge der ABS Hanau-Nantenbach sowie der ABS/NBS Karlsruhe–Basel im Bau. Die Tunnel der NBS Ebensfeld–Erfurt sind größtenteils im Rohbau fertiggestellt und entfallen somit aus dieser Statistik, obwohl die Strecke selbst noch nicht in den Betrieb übergegangen ist. Die Fernbahntunnel werden zu 60 % in Spritzbetonbauweise erstellt, bei 35 % des aktuellen Auffahrvolumens kommen Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) zum Einsatz (**Bild 4b**).

Der **Straßentunnelbau** (Tabellenteil S) unterlag in den letzten Jahren ebenso wie die beiden anderen Verkehrsbereiche starken Vergabeschwankungen. Dies lässt sich aus der Vergabekurve in **Bild 5** und vor allem aus der Blockgrafik zu den längenbezogenen Anteilen der Verkehrsträger am Vergabevolumen in **Bild 6** ableiten. Das Verhältnis der geschlossenen zu den offenen Bauweisen im Straßentunnelbau beträgt etwa 3 : 1 (**Bild 4c**). Bei den geschlossenen Bauweisen kommt fast ausschließlich die Spritzbetonbauweise zur Anwendung.

In den Tabellenteilen V und A für die Ver- und Entsorgungstunnel sind – wie eingangs ausgeführt – nur solche mit größerem Durchmesser aufgelistet. Die kleinsten hier erfassten Querschnitte weisen einen Durchmesser von etwa 1 m auf, die größten einen von 3 bis 4 m. Alle zum Jahreswechsel erfassten Ver- und Entsorgungstunnel werden

In the V and A sections of the table, relating to supply and disposal tunnels, only those of larger diameter – as initially explained – are listed. The smallest cross-sections dealt with are roughly 1 m in diameter, the largest around 3–4 m. All the supply and disposal tunnels processed at the turn of the year are driven by trenchless means. In the case of waste disposal tunnels, pipe-jacking continues to prevail as it has in previous years. Furthermore, in compiling drain/sewer statistics, it



4 Anteile der Bauweisen im Verkehrstunnelbau der letzten 20 Jahre, bezogen auf die Auffahrlänge
Methods applied for transportation tunnel construction during the last 20 years, related to driven length

Jahreswechsel Turn of the year	2014/15				2013/14 (zum Vergleich / to compare)				2012/13 (zum Vergleich / to compare)			
	Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]	
ZUS: U-, Stadt-, S-Bahn Underground, urban and rapid transit system	48,243	(14,506)	4.295,0	(1.214,0)	36,104	(4,900)	3.234,0	(904,0)	32,604	(0,000)	2.667,0	(0,0)
ZB: Fernbahn Main-line railway	46,565	(2,200)	5.253,0	(275,0)	64,725	(0,9230)	6.657,0	(59,0)	77,936	(0,000)	9.063,0	(0,0)
ZS: Straßen Road	117,572	(11,223)	17.894,0	(1.539,0)	130,593	(5,161)	20.155,0	(609,0)	141,610	(9,149)	21.094,0	(677,0)
Verkehrstunnel Traffic tunnels	212,380	(27,929)	27.942,0	(3.028,0)	231,422	(10,991)	30.046,0	(1.572,0)	252,150	(9,149)	32.824,0	(677,0)
ZA: Abwasser Sewage	0,000	(0,000)	0,0	(0,0)	0,000	(0,000)	0,0	(0,0)	0,000	(0,000)	0,0	(0,0)
ZV: Versorgung Utility lines	4,200	(4,200)	1,4	(1,4)	0,000	(0,000)	0,0	(0,0)	0,410	(0,410)	1,4	(1,4)
ZSo: Sonstiges Others	5,630	(0,000)	499,0	(0,0)	5,630	(0,000)	499,0	(0,0)	5,630	(0,000)	499,0	(0,0)
Gesamt Total	222,210	(32,129)	27.942,0	(3.029,0)	237,052	(10,991)	33.324,0	(1.572,0)	258,190	(9,559)	33.324,0	(678,0)
ZGS: Grundsanieerung von Tunneln Redevelopments of tunnels	13,771	(5,282)			12,732	(6,108)			12,709	(0,945)		

Die Klammerwerte geben die zum betrachteten Jahreswechsel neu erfassten Tunnelbaukilometer bzw. m³ Ausbruchvolumen an
The values in brackets relate to the newly compiled tunnel construction km and m³ of excavated volume at the given turn of the year

Tabelle 3 Auffahrlänge und Ausbruchvolumen der jeweils zum Jahreswechsel projektierten Tunnel (künftiger Bedarf)

Table 3 Driven length and excavated volume of the tunnels projected at the turn of the year (future requirement)

unterirdisch erstellt. Bei den Abwassertunneln überwiegt von den Bauverfahren her – wie in den Vorjahren – die Rohrvorpressung. Generell ist zu der Zusammenstellung der Abwassertunnel außerdem anzumerken, dass es sich hier nur um größere Hauptsammler handelt. Der weitaus größere Anteil, meist in offener Bauweise oberflächennah erstellter Sammler mit kleineren Querschnitten ist hier nicht aufgeführt, da er im Allgemeinen nicht zum Tunnelbau gerechnet wird.

Tabelle 2 und **Bild 7** geben Auskunft über die regionale Verteilung der laufenden Tunnelbauprojekte. Auf die drei Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern und Hessen entfällt knapp 90 % des bundesweiten Tunnelbauvolumens.

Wertet man für die Verkehrstunnel aus der Statistik der letzten Jahre die jeweils zum Jahreswechsel neu erfassten Auffahrlängen und Ausbruchvolumina vergleichend aus, so ergibt sich ein aufschlussreiches Bild über den Vergabeverlauf. Bild 5 lässt in diesem Zusammenhang den herausragenden Einfluss der Aus- und Neubaustrecken der DB AG erkennen und zeigt unverändert deutlich die Unstetigkeit in der Vergabe des Tunnelneubaus durch die öffentliche Hand. Im Bereich der Fernbahntunnel folgt auf einen steilen Vergabeanstieg (bedingt vor allem durch die „blockweise“ Vergabe im Bereich der DB-Schnellfahrstrecken) in

should be pointed out that only main collectors are included here. The considerably greater part accounted for by drains of smaller cross-section, mostly driven close to the surface by means of cut-and-cover, is not listed here, as this is generally not classified as tunnelling.

Table 2 and **Fig. 7** provide details of the regional distribution of ongoing tunnelling projects. Around 90 % of the volume of tunnels being built is accounted for by the three federal states of Baden-Württemberg, Bavaria and Hesse.

If one compares the newly obtained driven lengths and excavated volumes at the turn of the year for transportation tunnels based on the statistics of recent years, this provides a revealing picture of how contracts are awarded. Fig. 5 clearly shows the important influence of the DB's upgraded/new lines and displays the continuing fickleness on the part of public authorities in awarding new contracts. With regard to main-line tunnels, following a steep increase in awarding contracts (mainly on account of the commissioning of "blocks" for the DB high-speed routes) the resultant years experienced an equally pronounced dip (please see Fig. 6). Currently awards are reaching a new high with regard to the activities in conjunction with the major projects "Stuttgart 21 rail hub" and the new Wendlingen-Ulm rail line. Fig. 5 also displays the average annual "completion rate", which amounts to around 30 km for all transportation tunnels over a period of 20 years.

den darauffolgenden Jahren meist ein ebenso steiler Rückgang (vgl. auch Bild 6). Aktuell bildet sich eine neue Vergabespitze aus, bedingt durch die Aktivitäten im Zuge der Großprojekte Bahnknoten Stuttgart 21 und NBS Wendlingen–Ulm. Aus Bild 5 ist auch die mittlere jährliche „Fertigungsrate“ ersichtlich, die für alle Verkehrstunnel und über einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet bei etwa 30 km liegt.

2 Projektiertes Tunnelbauvolumen (künftiger Bedarf)

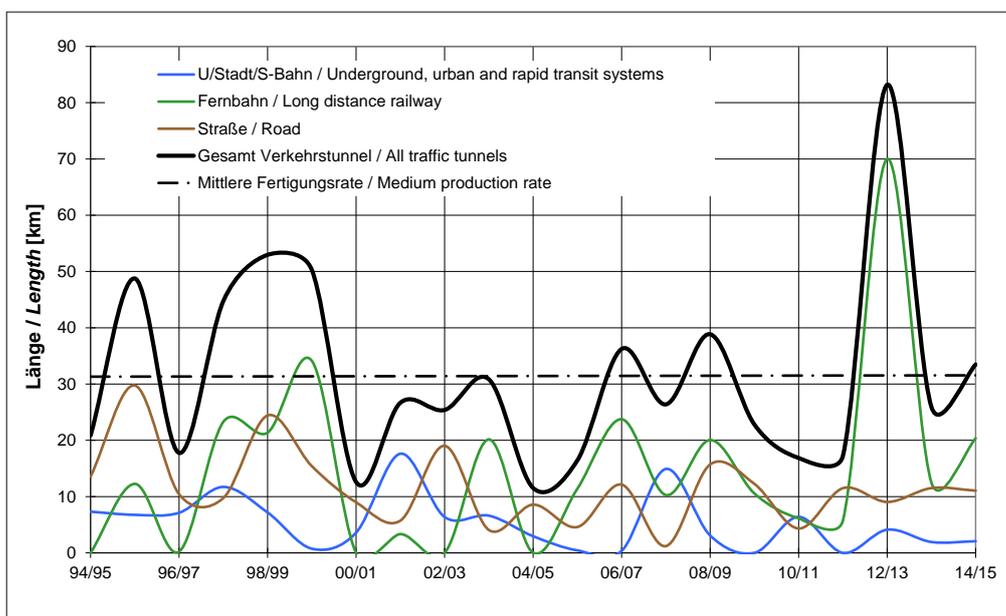
Das Ergebnis der Umfrage zu den konkret geplanten und in naher Zukunft zur Vergabe anstehenden Tunnelprojekten ist für die bauausführende Industrie und die Planungsbüros naturgemäß von besonderem Interesse. Es ist für den Vergabezeitraum ab 2015 in **Tabelle 3** dargestellt.

Bei einer Bewertung des Zahlenmaterials in Tabelle 3 fällt auf, dass sich das Planungsvolumen bei den **Verkehrstunneln** durch Vergabeeffekte insgesamt weiter abschwächt. Bei den **U-, Stadt- und S-Bahntunneln** ist eine starke Zunahme der Projektierungen zu verzeichnen, wobei die öffentliche Hand auf der anderen Seite in kaum nennenswertem Umfang Projekte vergeben hat (vgl. auch Tabelle 1). Dies ist in erster Linie auf die weiter angespannten kommunalen Finanzhaushalte zurückzuführen. Unter den geplanten Projekten ragt nach wie vor das Planvolumen der Stadt München mit knapp

2 Planned Tunnelling Projects (Future Requirements)

The results of the survey relating to confirmed tunnel projects and those due to be awarded in the near future are naturally of special interest to the construction industry and consultants. **Table 3** shows the award period starting in 2015.

Examination of the data in Table 3 clearly indicates that the planning volume for **transportation tunnels** has shown a further slight decrease. There has been a considerable increase in the number of **Underground, urban and rapid transit tunnels** without the state actually commissioning a substantial number of projects (please also see Table 1). This can mainly be attributed to the dearth of public funds. In this context, the remaining planned volume for the city of Munich, comprising just about 30 km, is conspicuous among the projects



Quelle/credit: STUVA

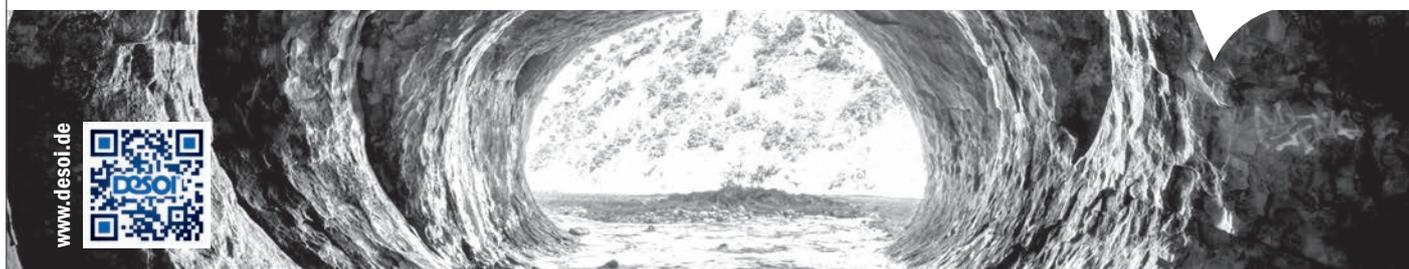
5 Vergabeverlauf im Verkehrstunnelbau der letzten 20 Jahre, bezogen auf die Auffahrlänge
Course of awards in tunnel construction during the last 20 years, related to driven length

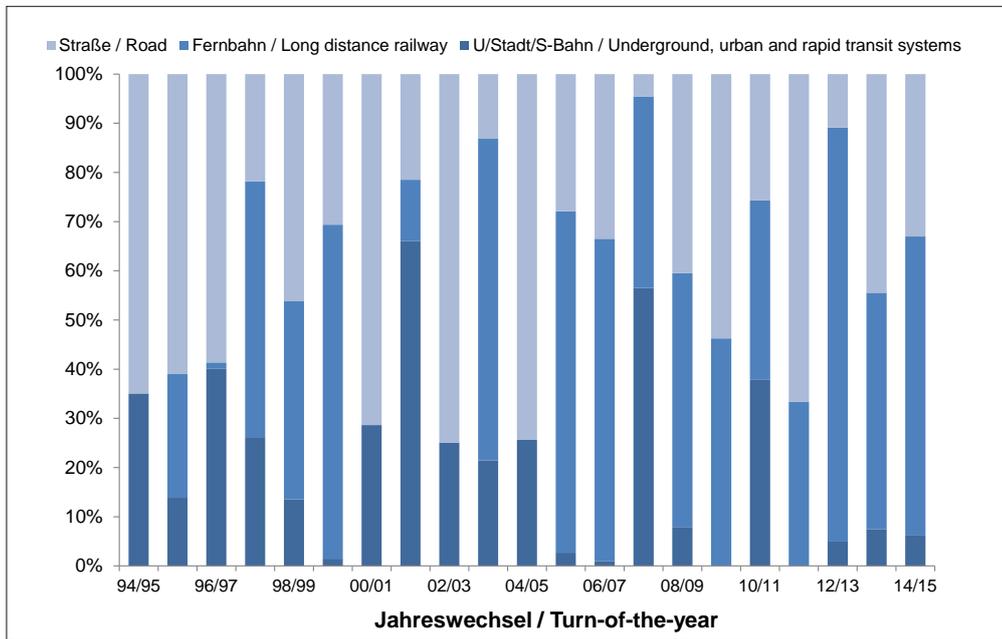
DESOI GmbH
Gewerbestraße 16
D-36148 Kalbach/Rhön

Tel: +49 6655 9636-0
Fax: +49 6655 9636-6666
info@desoi.de | www.desoi.de

DESOI[®]
Hersteller von Injektionstechnik

INJEKTIONSTECHNIK IM TUNNELBAU





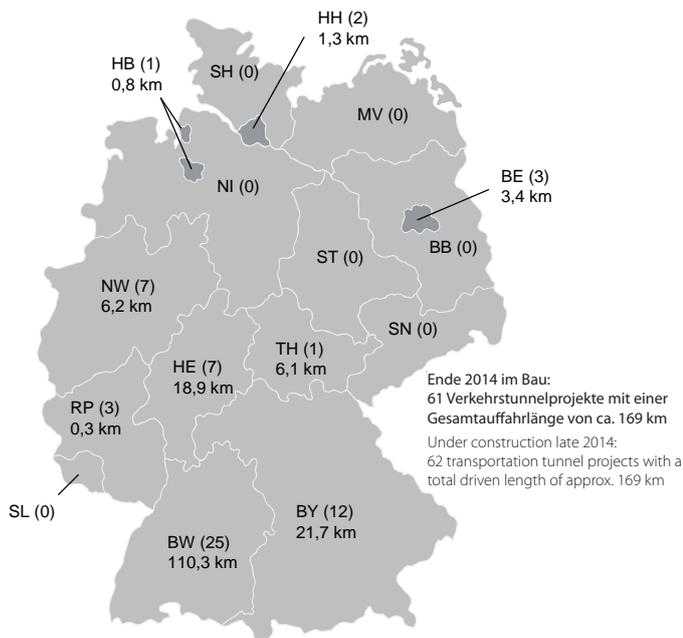
6 Vergabemäßige, auf die Länge bezogene Anteile der Verkehrsträger im Verkehrstunnelbau der letzten 20 Jahre
 Contract-related and length-related data relating to clients for transportation tunnels constructed during the last 20 years

30 km heraus. In Frankfurt am Main sind ca. 6,5 km Tunnelstrecke für Stadtbahn und S-Bahn geplant. Weitere Tunnelbaumaßnahmen mit insgesamt jeweils weniger als 3 km Länge sind in den Städten Stuttgart, Nürnberg, Hamburg, Berlin, Düsseldorf und Dortmund vorgesehen.

still planned. Around 6.5 km of tunnel are planned for urban transportation projects in Frankfurt am Main. Further tunnel construction schemes, albeit accounting for less than 3 km in each case, are scheduled for the cities of Stuttgart, Nuremberg, Hamburg, Berlin, Düsseldorf and Dortmund.

Regarding the planned volume of **main-line rail tunnels**, it should be noted that the bulk is accounted for by the tunnels approved for the new Wendlingen-Ulm rail line (driven length: 18 km). Some 8 km of tunnel are planned in conjunction with the new Rhine/Main – Rhine/Neckar route and the upgraded Nuremberg–Ebensfelde section. A further 5 km of main-line tunnel are

still to be awarded for the Stuttgart 21 rail hub project. The planned volume of projected **road tunnels** has again decreased slightly, which can mainly be attributed to the lack of commissions (see Table 1). On account of the German state's planning requirements, the scheduled volume fell considerably in recent years.



7 Längenmäßige Zuordnung der im Bau befindlichen Verkehrstunnel auf die Bundesländer (vgl. Tabelle 2); in Klammern jeweils die Anzahl der gemeldeten Verkehrstunnelprojekte

Length-related classification according to federal states (please see Table 2) for transportation tunnel projects under construction with the number of registered transportation tunnel projects given in brackets



8 Längenmäßige Zuordnung der geplanten Verkehrstunnel auf die Bundesländer (vgl. Tabelle 4); in Klammern jeweils die Anzahl der gemeldeten Verkehrstunnelprojekte

Length-related classification of planned transportation tunnel projects according to federal states (please see Table 4) with the number of registered transportation tunnel projects given in brackets

Quelle/Credit (3): STUVA

Beim Planvolumen an **Fernbahntunneln** ist festzustellen, dass der überwiegende Teil mit einer Vortrieblänge von knapp 18 km auf bereits planfestgestellte Tunnelbauwerke im Zuge der NBS Wendlingen–Ulm entfällt. Weitere jeweils ca. 8 km Tunnel sind im Zuge der NBS Rhein/Main–Rhein/Neckar und der ABS Nürnberg–Ebensfelde geplant. Weitere 5 km Fernbahntunnel warten im Projekt Bahnknoten Stuttgart 21 auf die Vergabe.

Das Planvolumen bei den **Straßentunneln** hat sich weiter moderat verringert, was in erster Linie auf Vergabeeffekte zurückzuführen ist (vgl. Tab. 1). In Folge der geänderten Bedarfsplanungen des Bundes hatte sich das Planvolumen bereits in den Vorjahren deutlich verringert.

Die in Tabelle 3 aufgeführten knapp 118 km an geplanten Straßentunneln haben in der Regel mindestens das Stadium der Planfeststellung erreicht. Das trifft in jedem Fall für die Tunnel im Zuge der Bundesfernstraßen, d. h. für alle in der Baulast des Bundes stehenden Projekte zu. Weitere Straßentunnel mit einer Gesamtlänge von knapp 80 km sind angedacht. Für einen Teil dieser Projekte ist die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) bereits abgeschlossen bzw. die Linienfestlegung erfolgt. Ihre Realisierung ist aber noch nicht gesichert, weder in zeitlicher noch in finanzieller Hinsicht.

The almost 118 km of planned road tunnels listed in Table 3 have at least generally reached the planning approval stage. This applies principally to the tunnels on federal trunk roads, i.e. those for whose construction the federal government is responsible. Further road tunnels totalling almost 80 km in length are also under consideration. For a number of these projects, the environmental impact assessment (EIA) has already been concluded or the route alignment has been finalised. Their implementation is not yet totally certain, however, either in terms of scheduling or financing.

Technical details relating to the planned tunnels included in Table 3 can be found online in the relevant detailed tables [4]. Essentially, these are structured in the same manner as the statistics on tunnel projects which are in the process of implementation, as presented in Section 1. The same approach was selected to identify and differentiate the individual tunnel projects. However, the letter "Z" has been added to make quite clear that the tunnel construction scheme in question is a "future" one. As a consequence, no details are provided concerning the responsible construction companies, whereas these can be found in the statistics on current tunnel projects.

Generally speaking, as far as assessing the detailed data relating to future tunnel projects is concerned, it must be observed that



Gipfeltreffen der Untertagbauer

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

Donnerstag, 4. Februar 2016
Freitag, 5. Februar 2016

Reservieren Sie jetzt
Ihren Platz am bui-Treff



www.bui-expo.ch



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)234/5 88 73-73
Fax +49 (0)234/5 88 73-10
info@techno-bochum.de
www.techno-bochum.de

 **TechnoBochum**

Technische Einzelheiten zu den in Tabelle 3 erfassten Tunneln gehen aus den zugehörigen Online-Detailtabellen [4] hervor. Sie sind vom Grundsatz her in gleicher Weise gegliedert wie die in Kapitel 1 erläuterten Tabellen der in Ausführung befindlichen Tunnelprojekte. Für die kennzeichnende und unterscheidende Nummerierung der einzelnen Tunnelprojekte wurde dieselbe Systematik gewählt. Ergänzt ist nur der jeweils vorangestellte Kennbuchstabe „Z“ zur Verdeutlichung, dass es sich um „zukünftige“ Tunnelbaumaßnahmen handelt. Dementsprechend fehlen auch Angaben zu den ausführenden Baufirmen, wie sie in der Statistik der laufenden Tunnelprojekte enthalten sind.

Allgemein ist bei einer Bewertung der Detailangaben zu den künftigen Tunnelbauprojekten zu beachten, dass sich im Zuge der Planfeststellung bzw. der Vergabe z. B. aufgrund von Sondervorschlägen Änderungen vor allem in der Frage des anzuwendenden Vortriebsverfahrens ergeben können. Hierauf wurde von verschiedenen Bauherren ausdrücklich hingewiesen. Änderungen können sich natürlich auch bezüglich der voraussichtlichen Anfangs- und Endtermine der Bauausführung einstellen.

Für die Bauindustrie und die planenden Ingenieure ist bezüglich der künftigen Tunnelprojekte wiederum von besonderem Interesse, in welcher Region diese sich schwerpunktmäßig befinden. Entsprechende Angaben enthalten **Tabelle 4** und **Bild 8** mit einer Gliederung nach den Bundesländern.

3 Geplante Tunnelsanierungen

Bei alten Eisenbahntunneln stehen in den kommenden Jahren zum Teil umfangreiche Teil- und Vollsaniierungen an. Diese Maßnahmen erfordern in der Regel ganz besondere organisatorische und logistische Überlegungen, vor allem, wenn sie bei laufendem Bahnbetrieb durchgeführt werden sollen [7]. Beispiele bereits durchgeführter Vollsaniierungen sind der Frauenberger Tunnel und der Kupferhecktunnel auf der Nahstrecke Bingen–Saarbrücken sowie die Tunnel Langenau und Hollerich auf der Lahnstrecke Wetzlar–Niederlahnstein bei Nassau. Diese Strecken gingen in den Jahren 1860 bzw. 1862 in Betrieb. Neben den laufenden Grundsaniierungen/Profilerverweiterungen über eine Gesamtlänge von derzeit etwa gut 6 km sollen in näherer Zukunft weitere knapp 9 km grundsaniert werden.

Auch bei den Straßentunneln sind zunehmend Saniierungen und Nachrüstungen erforderlich, wobei oft eine Verbesserung der sicherheitstechnischen Situation angestrebt wird, indem z. B. ein Flucht- oder Rettungstollen nachträglich parallel zu einer bereits bestehenden Röhre erstellt wird [8]. Zum Umfragezeitpunkt wurden etwa 3 km Straßentunnel saniert bzw. nachgerüstet. Die Saniierung bzw. Nachrüstung weiterer knapp 5 km Straßentunnelstrecke ist konkret geplant. Einzelheiten zu laufenden Grundsaniierungen sind in den Online-Tabellen der STUVA im Tabellenteil „GS“ bzw. „ZGS“ für geplante Grundsaniierungen zusammengestellt. 

Bundesland Federal state	Tunnellängen Length [km]				Anteil Shares [%]
	ZUS	ZB	ZS	Gesamt	
BW Baden-Württemberg	2,804	26,304	34,986	64,094	30,2%
BY Bayern/Bavaria	32,348	7,502	28,325	68,175	32,1%
BE Berlin	2,086	0,000	2,200	4,286	2,0%
BB Brandenburg	0,000	0,000	0,150	0,150	0,1%
HB Bremen	0,000	0,000	1,592	1,592	0,7%
HH Hamburg	2,300	0,000	0,900	3,200	1,5%
HE Hessen/Hesse	6,495	12,759	18,093	37,347	17,6%
MV Mecklenburg-Vorpommern/ Mecklenburg-West Pomerania	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0%
NI Niedersachsen/ Lower Saxony	0,000	0,000	2,320	2,320	1,1%
NRW Nordrhein-Westfalen/ North Rhine Westphalia	2,210	0,000	8,450	10,660	5,0%
RP Rheinland-Pfalz/ Rhineland Palatinate	0,000	0,000	2,452	2,452	1,2%
SL Saarland	0,000	0,000	1,500	1,500	0,7%
SN Sachsen/Saxony	0,000	0,000	0,300	0,300	0,1%
ST Sachsen-Anhalt/Saxony-Anhalt	0,000	0,000	0,457	0,457	0,2%
SH Schleswig Holstein	0,000	0,000	13,668	13,668	6,4%
TH Thüringen/Thuringia	0,000	0,000	2,179	2,179	1,0%
Alle Bundesländer All Federal States	48,243	46,565	117,572	212,380	100,0%

Tabelle 4 Regionale Zuordnung der zum Jahreswechsel 2014/15 projektierten Verkehrstunnel (künftiger Bedarf)

Table 4 Regional distribution of the transportation tunnels projected at the turn of the year 2014/15 (future requirement)

alterations can occur during the planning approval and award stages, above all, due to special proposals, relating primarily to the tunneling method. Various clients expressly pointed this out. Alterations can of course, also result with respect to the probable starting and completion dates for projects.

It is also of interest for the construction industry and the consultants involved to be aware of the regions for which implementation of the planned tunnel projects is mainly scheduled. **Table 4** and **Fig. 8** show the relevant details, categorised by federal state.

Literatur/References

- [1] <http://www.ita-aites.org>
- [2] Haack, A.: Tunnelbauvolumen in der Bundesrepublik Deutschland; Straßen- und Tiefbau 33 (1979) 10, S. 33–40
- [3] Haack, A.; Schäfer, M.: Tunnelbau in Deutschland: Statistik (2013/2014), Analyse und Ausblick; Tunnel 33 (2014) 8, S. 16–27
- [4] <http://www.stuva.de/?id=statistik>
- [5] Aktuelle statistische Angaben des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zum Tunnelbau im Zuge der Bundesfernstraßen (Stand Frühjahr 2015)
- [6] Unterirdisches Bauen Deutschland 2010 – Underground Construction Germany 2010; Hrsg. von der STUVA und dem Deutschen Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) zur STUVA-Tagung 2009 in Hamburg, Dez. 2009
- [7] Sachstandsbericht „Sanierung von Eisenbahntunneln“; erstellt vom STUVA-Arbeitskreis „Tunnelsanierung“; Hrsg.: DB AG, ÖBB AG, SBB AG, STUVA e.V.; 1. Dez. 2011; Bauverlag BV GmbH, Gütersloh.
- [8] Sachstandsbericht „Instandsetzung von Straßentunneln“; erstellt vom STUVA-Arbeitskreis „Tunnelinstandsetzung“; Hrsg.: ASFINAG, ASTRA, STUVA e.V.; 1. Dez. 2015; Ernst & Sohn Verlag GmbH, Berlin.



Quelle/credit: STUVA

Nach 36 Jahren verabschiedet sich Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack altersbedingt aus der Autorenschaft für die jährliche Statistik über laufende und künftig geplante Tunnelbauvorhaben. Ihm sei an dieser Stelle ein herzlicher Dank für die intensive und kontinuierliche Arbeit in dieser Sache über all die Jahre ausgesprochen. Die Statistik liefert wesentliche Kenndaten über den Tunnelbaumarkt in Deutschland und ist als eine wichtige Informationsquelle für Bauherren, Planer und die Bauindustrie etabliert. Als langjähriger Co-Autor werde ich

versuchen, die Tradition in gleichbleibend hoher Qualität fortzusetzen. Dies schließt Neuerungen nicht aus – für Hinweise und Anregungen wenden Sie sich bitte direkt an den Autor.

For age reasons, Prof. Alfred Haack is stepping down from the team responsible for the annual statistics on current and projected tunnel projects. Let us take the opportunity at this point to thank him for his intensive, ongoing work in this field over the years.

These statistics supply essential parameters on the German tunnelling market and represent an important source of information for clients, consultants and the construction industry. As long-standing co-author I shall endeavour to continue the tradition with the same high quality. This does not preclude innovations and I would welcome pointers and suggestions, so please get in touch.

Dipl.-Bibl. Martin Schäfer (m.schaefer@stuva.de)

3 Tunnel Modernization Plans

To an increasing extent, partial and complete refurbishing schemes are now being scheduled for old rail tunnels in the years ahead. Generally speaking, such measures call for special organizational and logistical provisions, particularly if these projects are to be implemented without causing disruption to rail traffic [7]. Recent examples of this are provided by the complete renovation of the Frauenberg and Kupferheck tunnels on the Nahe valley line between Bingen and Saarbrücken as well as the Langenau and Hollerich tunnels on the Lahn valley line between Wetzlar and Niederlahnstein at Nassau. These lines were originally opened in 1860 and 1862 respectively. In the near future, comprehensive modernisation and/or cross-sectional enlargement of some 9 km of tunnel is scheduled in addition to the around 6 km already accomplished.

Refurbishing and retrofitting is increasingly becoming more essential for road tunnels as well. Often the aim is to improve safety in technical terms, by subsequently adding an evacuation or rescue tunnel parallel to the existing bore [8]. At the time of the survey roughly 3 km of road tunnel were in the process of being redeveloped or retrofitted. Modernization or retrofitting of a further 5 km or so of road tunnel has been definitely planned. Details on ongoing renovation schemes are compiled in the table section “GS” – or “ZGS” for future renovations – of STUVA’s online tables. 

Detaillierte Tabellen der zum Jahreswechsel 2014/15 im Bau befindlichen Tunnelprojekte können auf den Internet-Seiten der STUVA abgerufen werden: www.stuva.de/?id=statistik

Detailed tables for the tunnel projects under construction at the turn of the year 2014/2015 can be obtained from STUVA’s internet pages: www.stuva.de/?id=statistik

ELA Container GmbH, Zeppelinstraße 19–21, 49733 Haren (Ems)
Tel +49 5932/506-0 Fax +49 5932/506-10
info@container.de www.container.de



ela[container]

Österreich

64. Geomechanik Kolloquium und Eurock 2015 in Salzburg

Zum mittlerweile vierten Mal wurde das European Rock Mechanics Symposium (Eurock) der International Society for Rock Mechanics (ISFRM) in Salzburg abgehalten. Die Eurock 2015 fand gemeinsam mit dem 64. Geomechanik Kolloquium der Österreichischen Gesellschaft für Geotechnik (ÖGG) vom 7. bis zum 10. Oktober 2015 statt. Die Leitung des Kolloquiums unter dem Titel „Future Developments in Rock Mechanics“ im Kongresshaus „Salzburg Congress“ hatte Prof. Dr. Wulf Schubert von der TU Graz als Vorsitzender der ÖGG.

Die Besucherzahlen der Gesamtveranstaltung spiegelten das gestiegene Interesse an den geotechnischen Wissenschaften wider: Inklusiv der Aussteller kamen mehr als 1400 Teilnehmer aus 50 Ländern nach Salzburg. Das Symposium Eurock /Geomechanik Kolloquium am 8. und 9. Oktober zählte 1116 Besucher – davon fast 80 % aus dem Sprach- und Wirtschaftsraum DACH (Deutschland, Österreich, Schweiz).

Eröffnung

In seinem Eröffnungsvortrag stellte Prof. Dr. Wulf Schubert den titelgebenden zukünftigen Entwicklungen der Felsmechanik eine persönliche Sicht auf Gegenwart und Vergangenheit gegenüber. Und das durchaus auch mit einem kritischen Blick: Die Annäherung an die Materie durch Labor-Experimente, das Spielerische von Versuch und Irrtum sei im Vergleich mit heutigen numerischen Modellen und Simulationen augenscheinlich nicht mehr allzu „sexy“, vermerkte Schubert, der auf 40 Jahre Erfahrung in seinem Fachgebiet zurückblicken kann. „Wir haben heute gutes Werkzeug an der Hand, aber wir sollten dennoch nicht glauben, damit nun tatsächlich die Realität abzubilden.“

Auf der einen Seite habe es große Fortschritte in der Baugrunduntersuchung gegeben, mit sehr gutem Datenmaterial; die Kehrseite sei aber eine Tendenz, die Interpretation der Daten übermäßig zu vereinfachen, sagte Schubert. Hier müsse eine

Austria

64th Geomechanics Colloquium and Eurock 2015 in Salzburg

For the fourth time now, the European Rock Mechanics Symposium (Eurock) of the International Society for Rock Mechanics (ISFRM) was held in Salzburg. Eurock 2015 took place together with the 64th Geomechanics Colloquium of the Austrian Society for Geomechanics (ÖGG) from 7 to 10 October 2015. The management of the Colloquium under the title “Future Developments in Rock Mechanics” in the “Salzburg Congress” was in the hand of the chairmen of the ÖGG, Prof. Dr. Wulf Schubert from the TU Graz.

The visitor numbers of the combined event reflected the increased interest in geotechnical sciences; including exhibitors, more than 1400 participants from more than 50 countries came to Salzburg. The Eurock Symposium /Geomechanics Colloquium on 8 and 9 October welcomed 1116 visitors – of whom almost 80 % came from the DACH (Germany, Austria, Switzerland) language and economic area.

Opening

In his opening speech, Prof. Dr. Wulf Schubert compared the overall topic “Future Developments in Rock Mechanics” with his personal

view of the present and future, with a partially critical viewpoint: approaching the matter through laboratory experiments, with hands-on application of trial and error, no longer seems particularly “sexy” in comparison with modern numerical models and simulations, remarked Schubert, who can look back on 40 years of professional experience. “We have good tools today but we should not believe we are modelling reality.”

On the one hand, there has been great progress in ground investigation, producing very good data, but the downside is a tendency to oversimplify the interpretation of the data, said Schubert. What is needed here is a well functioning guideline for rock mechanics and tunnelling as an internationally valid basis for underground construction – an undertaking that still requires a lot of work.

Also after 30 years of significant improvements to monitoring processes, we still have to take to heart “that we only have bits



Prof. Dr. Wulf Schubert begrüßte mehr als 1400 Teilnehmer zur Eurock 2015 und dem 64. Geomechanik Kolloquium

Prof. Dr. Wulf Schubert greeted more than 1400 participants to Eurock 2015 and the 64th Geomechanics Colloquium



Das Fachprogramm bot den Besuchern eine große Auswahl mit 90 Fachvorträgen in elf Themengruppen

The specialist programme offered visitors a great selection of 90 talks in eleven sessions

funktionierende Richtlinie für die Felsmechanik und den Tunnelbau geschaffen werden, als international gültige Grundlage für die Planung von Untertagbauten – ein Unterfangen das noch sehr viel Arbeit benötigen werde.

Auch nach 30 Jahren mit bedeutenden Verbesserungen der Monitoringverfahren müsse man noch immer beherzigen „das wir nur Teilinformation haben – nicht das Gesamtbild“, so Schubert weiter. Sorgfalt im Monitoring und entsprechende Sicherheitsvorkehrungen seien essentiell wichtig für die Anpassung an veränderliche Voraussetzungen.

Vortragsthemen

Die Konferenz befasste sich in 90 Vorträgen mit insgesamt elf Themengruppen.

Langzeitverhalten von Ingenieurbauwerken im Fels: Die Lebensdauer und Wartungsfreundlichkeit dieser Bauwerke spielen in zunehmendem Maß bereits in der Planungsphase wichtige Rollen. Deshalb wurde über Erfahrungen von bereits bestehenden Bauwerken und Planungsstrategien hinsichtlich einer langfristigen Gebrauchstauglichkeit in zehn Beiträgen berichtet.

Tunnelbau unter schwierigen Bedingungen: Schwierige geotechnische Verhältnisse und komplexe Randbedingungen stellen immer höhere Anforderungen an die Realisierung von Tunnelbauprojekten. Dazu wurden zwölf Beiträge gebracht und diskutiert.

Massenbewegungen: Diese beeinflussen oft Siedlungsgebiete, Industriestrukturen und Hohlraumbauwerke. Über die zugrundeliegenden Mechanismen, Einflüsse von geologischen Verhältnissen, Niederschläge und Bergwasser, Steinschlag, Bergsturz sowie über Beobachtungen, Modellierungen, Risikobeurteilung usw. wurde in 16 Beiträgen berichtet.

Felsmechanische Aspekte beim Ausbruch von Hohlraumbauten: Der Einfluss der Gesteins- und Gebirgsparameter auf die Leistung von Spreng- und Schneidetechniken wurde in 18 Beiträgen eingehend behandelt.

of information but not the whole picture“, added Schubert. Meticulous monitoring and the associated safety measures are absolutely essential to enable adaptation to changed conditions.

Subjects of Sessions

The conference was concerned with 90 lectures in eleven session.

Long-term behaviour of civil structures in rock: the lifetime and ease of maintenance of these structures are already becoming increasingly important at the design stage. Therefore ten speakers reported on experience with existing structures and design strategies concerning long-term serviceability.

Tunnelling under challenging conditions: difficult geotechnical conditions and complex constraints pose ever greater challenges for the implementation of tunnel projects. Twelve contributions were devoted to this subject and discussed.

Mass movements: these often affect inhabited areas, industrial structures and underground structures. 16 contributors talked about the fundamental mechanisms, the influences of geological conditions, precipitation and formation water, rock fall, landslide as well as observations, modelling, risk assessment etc.

Rock mechanical aspects of excavation: the influence of rock and rock mass parameters on the performance of blasting and cutting methods was dealt with in detail in 18 contributions.

Monitoring and safety management: measurements are of great significance in the observation method and have been considerably developed in recent years. Progressive methods of monitoring, data evaluation and assessment were the subject of 13 talks.

Determination of rock and rock mass properties: the investigation of fractured or extremely brittle material, the transfer of material parameters into rock mass characteristics and the application of investigation results in design work were described in detail in 27 contributions.

Rock mechanical aspects of nuclear waste repositories: key questions in the design of deep nuclear waste disposal sites relate to the



70 Unternehmen präsentierten auf der dreitägigen Ausstellung im Salzburg Congress Produkte und Dienstleistungen
70 companies presented their products and services at the three-day specialist exhibition in the Salzburg Congress

Geotechnische Überwachung und Sicherheitsmanagement:

Messungen bilden einen bedeutenden Teil der Beobachtungsmethode und wurden in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt. Fortschrittliche Methoden zur Überwachung, Datenauswertung und Erläuterungen waren Thema in 13 Beiträgen.

Bestimmung von Gesteins- und Gebirgseigenschaften: Die Untersuchung von zerschertem oder äußerst sprödem Material, die Überführung der Materialparameter in Gebirgskennwerte und die Anwendung der Untersuchungsergebnisse in der Planung wurden in 27 Beiträgen ausführlich dargelegt.

Felsmechanische Aspekte von nuklearen Endlagern: Kernfragen bei der Planung tiefliegender nuklearer Endlager beziehen sich auf die Wahl des Wirtsgesteins, die optimale Tiefe der Lagerstätten hinsichtlich dem Schutz vor langfristiger Erosion, die Hohlraumstabilität, Ausdehnung und hydraulische Durchlässigkeit. Darauf und insbesondere auf die geologischen Gefährdungsbilder und bautechnischen Risiken während des Baus und Betriebs wurde in 15 Beiträgen eingegangen.

Mikromechanik der Gesteine: 23 Beiträge berichteten über Bruch- und Schädigungsmechanik von Gesteinen, Laborversuche und numerische Simulationen, Materialgesetze, Kurz- und Langzeitverhalten, Lebensdauerprognosen und geomechanische Analysen.

Modellierung in Gesteins- und Gebirgsformationen: Trotz der Fortschritte bei der Modellierung von geotechnischen Ingenieurbauwerken stellen die Ermittlung der Eingangsparameter sowie die richtige Wahl des Modellierungsansatzes weiterhin zentrale Fragen dar. Deshalb wurde auf den Modellierungsprozess, die Überprüfung während der Bauausführung und entsprechende Rückrechnungen in 35 Beiträgen eingegangen.

Felsmechanische Aspekte im Bergbau: Da der Bergbau in immer größeren Teufen vordringt, gewinnen Aspekte der Sicherheit und der Kosten zunehmend an Bedeutung. Diskutiert wurde über EDV-Programme für die Planung von Bergbauten und die Eigenschaften der durchörterten Gesteine in zwölf Beiträgen.

choice of the host rock, optimal depth of storage regarding protection from long-term erosion, stability of the cavity, extent and hydraulic permeability. These were investigated in 15 talks with particular attention to geological hazard scenarios and construction technology risks during construction and operation.

Micromechanics of rocks:

23 contributions reported on the fracture and damage mechanics of rocks, laboratory tests and numerical simulations, constitutive laws, short- and long-term behaviour, lifetime forecasts and geomechanical analyses.

Modelling in rock and rock masses: despite the progress in modelling of geotechnical engineering structures, the determination of input parameters and the correct choice of a modelling approach still remain central questions. Therefore 35 contributions were devoted to the modelling process, checking during the construction phase and appropriate back-calculations.

Mining rock mechanics: since mining is being undertaken at ever greater depths, aspects of safety and cost are becoming increasingly significant. Twelve contributions discussed IT programs for the design of mining structures and the properties of the rocks encountered.

Young researcher's session: Exceptional research results from young scientists and engineers less than 32 years old were presented in eleven practically-based contributions.

Workshops, Exhibition and Excursions

Seven practical workshops were offered on the day before the Colloquium and gained 423 participants; the workshops covered photogrammetric methods for geological mapping, the state of technology of design approaches in compliance with EC7, two different numerical simulation methods, construction contract models, grouting technology and the resource-efficient reuse of tunnel spoil. A three-day exhibition accompanied the Congress; 70 companies presented their products and services. On the day after the Colloquium, there were excursions to destinations including the Koralm Tunnel, contract KAT3, and to the Obervermuntwerk II pumped storage hydro power plant.

Prize Awards

Prof. Dr. Wulf Schubert awarded the Leopold Müller Prize to the engineer Dr. Thomas Pilgerstorfer (Geoconsult ZT GmbH) for exceptional scientific work in the field of geotechnical engineering. For his prize-winning thesis "Mechanical Characterization of Fault Zones", Pilgerstorfer was already awarded the title of doctor of technical sciences by the TU Graz in 2014.

Session für junge Wissenschaftler: Hier wurden herausragende Forschungsergebnisse junger Wissenschaftler und Ingenieure im Alter von unter 32 Jahren in elf Beiträgen mit praktischem Bezug präsentiert.

Workshops, Ausstellung und Exkursionen

Am Tag vor dem Kolloquium wurden sieben praxisorientierte Workshops angeboten, die insgesamt 423 Teilnehmer fanden; die Workshops behandelten photogrammetrische Methoden für die geologische Kartierung, den Stand der Technik von EC7 konformen Bemessungsansätzen, zwei verschiedene numerischen Simulationsmethoden, Bauvertragsmodelle, Injektionstechnik und die ressourceneffiziente Nutzung von Tunnelausbruch. Eine dreitägige Fachausstellung begleitete den Kongress; 70 Unternehmen präsentierten hier ihre Produkte und Dienstleistungen. Am Tage nach dem Kolloquium gab es unter anderem Exkursionen zum Koralmtunnel, Baulos KAT3, und zum Pumpspeicherkraftwerk Obervermuntwerk II.

Preisverleihungen

Prof. Dr. Wulf Schubert verlieh Dipl.-Ing. Dr. techn. Thomas Pilgerstorfer (Geoconsult ZT GmbH) für herausragende wissenschaftliche Arbeiten im Bereich der Geotechnik den Leopold Müller Preis. Für seine hier ausgezeichneten Abhandlung „Mechanical Characterization of Fault Zones“ war Pilgerstorfer 2014 an der TU Graz der Dokortitel in den technischen Wissenschaften verliehen worden.

Als beste Präsentationen der diesjährigen Konferenz wurden zwei Vorträge ausgezeichnet: „General renovation, escape and safety passageways via the supply air duct at the Arlberg Road Tunnel“, gehalten von Dipl.-Ing. Josef Tschofen (Jäger Bau), sowie „Monitoring the ground in order to optimize support: Ground support elements equipped with optical frequency domain reflectometry technology“, präsentiert von Bradley Forbes (Queen's University, Kingston, Kanada).

Den Preis für die beste Präsentation der jungen Wissenschaftler erhielt Barbara Bock von der Ruhr-Universität Bochum; ihr Thema lautete „Characterization of Basalt for stability assessment of an abandoned underground mine in Mendig, Germany“.

Geomechanik Kolloquium 2016

Das 65. Geomechanik Kolloquium wird am 13. und 14. Oktober 2016 im Salzburg Congress stattfinden; am 12. Oktober wird dort zudem der 10. Österreichische Tunneltag veranstaltet. Weitere Informationen zum Kolloquium 2016 finden sich auf der Homepage der ÖGG. 

Marvin Klostermeier, Redakteur/Editor tunnel; Dipl.-Ing. Gunther Brux, Freier Journalist/freelance journalist, Frankfurt am Main, Deutschland/Germany



Quelle/Credit (2): Chris Hofer

Dr. Thomas Pilgerstorfer (rechts) nahm von Prof. Dr. Schubert den Leopold-Müller-Preis für seine wissenschaftliche Arbeit im Fachgebiet der Geotechnik entgegen

Dr. Thomas Pilgerstorfer (right) accepted the Leopold Müller Prize from Prof. Dr. Schubert for his scientific work in the field of geotechnical engineering

Two contributions were declared the best presentations at this year's conference: "General renovation, escape and safety passageways via the supply air duct at the Arlberg Road Tunnel", held by Dipl.-Ing. Josef Tschofen (Jäger Bau), and "Monitoring the ground in order to optimize support: Ground support elements equipped with optical frequency domain reflectometry technology" presented by Bradley Forbes (Queen's University, Kingston, Canada).

The prize for the best presentation by a young scientist was awarded to Barbara Bock from the Ruhr University, Bochum; her subject was "Characterization of Basalt for stability assessment of an abandoned underground mine in Mendig, Germany".

Geomechanics Colloquium 2016

The 65th Geomechanics Colloquium will take place on 13 and 14 October 2016 in the Salzburg Congress; in addition, the 10th Austrian Tunnel Day will be held on 12 October. Further information about the Colloquium 2016 can be found on the ÖGG homepage. 

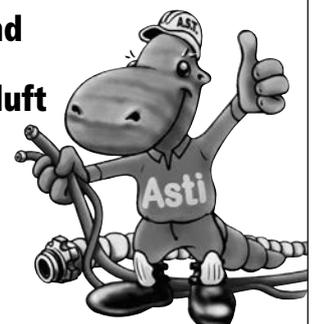
A.S.T. Bochum

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



Tunnelsanierung mittels aktiver Brandbekämpfungs- anlagen – Teil 1

Technische und ökonomische Randbedingungen

Der Zustand einiger Straßentunnel in Europa entspricht nicht mehr den aktuellen Sicherheitsanforderungen. Aufgrund der notwendigen Sanierungen sind in vielen Fällen erhebliche Belastungen für die gesamte Infrastruktur durch baubedingte Schließungen zu erwarten. Dieser Beitrag untersucht die Möglichkeit der Tunnelsanierung unter Berücksichtigung einer aktiven Brandbekämpfungsanlage zur Verringerung solcher Schließungen. Die Analyse betrachtet nicht nur die Installationskosten für bauliche und anlagentechnische Maßnahmen, sondern vergleicht die volkswirtschaftlichen Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungskonzepte in einem ganzheitlichen Überblick.

Upgrading Tunnels through active Fire-Fighting Systems – Part 1

Technical and economic marginal Conditions

A number of road tunnels in Europe no longer comply with current safety requirements. Substantial impacts on the overall infrastructure resulting from tunnel closure due to construction are inevitable in many cases owing to the refurbishment measures that have become necessary. This report examines the possibility of upgrading tunnels by installing an active fire-fighting system devised to reduce such closures. In this connection, the analysis not only considers the installation costs for structural and technical measures but as well compares the economic effects of different refurbishment concepts in a holistic appraisal.

Armin Feltmann, Dirk Sprakel; FOGTEC Brandschutz GmbH & Co. KG; Köln/Cologne; Deutschland/Germany
Dipl.-Ökonom Hans Adden, Dr.-Ing. Götz Vollmann, Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes; Ruhr Universität Bochum; Lehrstuhl für Tunnelbau,
Leitungsbau und Baubetrieb/Institute for Tunnelling and Construction Management; Bochum; Deutschland/Germany
Michael Klinger, M. Sc.; IFAB GmbH; Berlin; Deutschland/Germany

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren sind auf europäischer sowie auf nationaler Ebene neue Richtlinien zur Tunnelsicherheit mit gestiegenen Anforderungen hinsichtlich des Sicherheitsniveaus in Kraft getreten oder befinden sich in Vorbereitung. Dies betrifft insbesondere den baulichen und den betrieblichen Brandschutz in Straßentunneln: Bei gleichbleibenden bzw. gestiegenen Bemessungsbrandgrößen – also Faktoren wie Branddauer, zeitliche Entwicklung des Brandes und seine maximale Temperatur – haben vor allem die Anforderungen an den konstruktiven Brandschutz spürbar zugenommen [1].

Demzufolge genügen einige Straßentunnel im baulichen Bestand den aktuellen Anforderungen der Regelwerke nicht mehr oder nur noch unzureichend. Dies gilt beispielsweise im Hinblick auf die Betondeckung der Innenschalenbewehrung und die in

1 Introduction

In recent years new guidelines for tunnel safety with stricter demands relating to safety levels have been introduced or are under preparation both nationally and throughout Europe. This particularly affects structural and operational fire protection in road tunnels. Given the same or increased design fires – in other words factors such as fire duration, chronological development of the blaze and its maximum temperature – essentially structural fire protection requirements have perceptibly risen [1].

Consequently, some road tunnels fail to satisfy the current demands set in the codes of practice in structural terms or only do so inadequately. This applies for instance to the concrete covering for the inner shell reinforcement and the new requirements for the addition of PP fibres in the ZTV-ING, Part 5, to prevent spalling of the uppermost concrete layers in the event of fire.

der ZTV-ING, Teil 5 geforderte Zugabe von PP-Fasern zur Verhinderung von Abplatzungen der obersten Betonschichten im Brandfall.

Sanierungsmaßnahmen an diesen Bauwerken, die beispielsweise in Folge von Bauwerkschädigung und -alterung notwendig werden, und die dann den existierenden Bestandsschutz auflösen können, werfen daher oft das Problem der Richtlinienkonformität auf. Dies ist verbunden mit teilweise umfangreichen Umbauten

an der Bauwerksstruktur. Dies erhöht nicht nur die reinen Kosten für die Sanierung selbst, sondern führt mitunter auch zu erheblichen Verfügbarkeitsproblemen mit zeit- und kostenintensiven Rückkoppelungen in den umliegenden infrastrukturellen Netzabschnitt.

Zunehmend werden daher bauherrenseitig auch indirekt anfallende, volkswirtschaftliche Kosten ermittelt, die als Sekundäreffekte bei Instandsetzungsarbeiten und insbesondere bei (Teil-)Sperrungen von Infrastrukturobjekten anfallen. Derartige Kosten können die direkt anfallenden Sanierungskosten übersteigen und müssen daher Bestandteil einer ganzheitlichen ökonomischen Berechnung sein.

In diesem zweiteiligen Artikel soll die Möglichkeit der Sanierung eines repräsentativen Stadttunnels mittels einer aktiven ortsfesten Brandbekämpfungsanlage (BBA) untersucht werden. Die zugrundeliegende Fragestellung zielt dabei auf die Möglichkeit einer Dämpfung der direkten Sanierungskosten, bei gleichzeitiger Verkürzung der Instandsetzungsdauer und hieraus resultierenden sekundären Effekten. Die Analyse betrachtet hierbei nicht nur die Installationskosten einer BBA sondern versucht auch besagte Sekundäreffekte eines solchen Ansatzes mit einzubeziehen, nach Möglichkeit geeignet zu quantifizieren und abschließend zu bewerten. Vergleichend wird hierzu eine Gesamtkosteneinschätzung einer herkömmlichen Tunnelsanierung herangezogen. Im vorliegenden ersten Teil folgen zunächst grundsätzliche Überlegungen bezüglich der Verwendung einer ortsfesten Brandbekämpfungsanlage sowie zu den volkswirtschaftlichen Effekten einer Tunnelsperrung. Dies dient der Vorbereitung einer Modellrechnung, die im zweiten Teil des Artikels den herkömmlichen Ansatz und den modifizierten Ansatz der Sanierung mit BBA einander gegenüberstellt. Als Untersuchungsgegenstand dient dabei ein fiktiver aber in seinen Randbedingungen typischer Straßentunnel einer großen deutschen Stadt, der im Zuge der Erneuerung weitestgehend kapazitätsneutral umgebaut und umgerüstet wird. Als Voraussetzung ist dieser als sanierungsbedürftig eingestuft worden und entspricht nicht den aktuellen Sicherheitsstandards. Die betriebstechnische Instandsetzung und



Realbrandversuch im Tunnel

Full scale fire test in a tunnel

Quelle/Credit: Fogtec

Refurbishment measures for these structures can become necessary owing to structural damage or aging. If the right of continuance expires on these grounds, this often brings about the problem of conforming to the guidelines – associated in some cases with extensive structural alterations. This increases the actual costs for the refurbishment scheme quite apart from possibly causing considerable availability problems with time-consuming and cost-intensive reactions in the

surrounding infrastructural network section.

As a result, also indirectly occurring, economic costs are determined on the part of the client, which result as secondary effects during maintenance work and especially during (part-) closures affecting infrastructural objects. Such costs can exceed the directly occurring refurbishment costs and must therefore be part of a holistic economic calculation.

In this two-part report the refurbishment possibilities for a representative urban tunnel by means of an active fixed fire-fighting system (FFFS) will be examined. In this case, the basic issue relates to diminishing the direct refurbishment costs while at the same time decreasing the maintenance period and secondary effects resulting from this. Towards this end, the report looks at the installation costs for a FFFS as well as attempting to include the so-called secondary costs for such an application. Wherever possible these costs are quantified and then evaluated. An overall cost estimate for a conventional tunnel refurbishment scheme is included for purposes of comparison.

This first part of the report initially examines basic considerations relating to using a fixed fire-fighting system (FFFS) as well as the economic effects of tunnel closure. This serves the preparation of a model calculation, which compares the conventional approach to refurbishment with the modified one applying a FFFS in Part 2. Towards this end, a fictitious road tunnel in a large German city with typical marginal conditions, which must be reconstructed and reequipped as far as possible without affecting capacity, is adopted as the structure under investigation. A prior condition is that the tunnel is classified as in need of refurbishment and fails to comply with current safety standards. Technical functionality and renovation are to be undertaken on the basis of the RABT 2006 (Guideline for Furnishing and Operating Road Tunnels).

2 Fire-Fighting Systems in Tunnels

Fire-fighting systems (FFFS) on a water mist basis combat fires in tunnels by applying water via nozzles installed in the ceiling area. The intention is that the water should be sprayed in tiny droplets



Quelle/Credit (2): Fogtec

Aktivierung der Brandbekämpfungsanlage (BBA) auf Wassernebelbasis
Activating the water mist-based fire-fighting system (FFFS)

Erneuerung soll auf Basis der RABT 2006 (Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln) vollzogen werden.

2 Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln

Brandbekämpfungsanlagen (BBA) auf Wassernebelbasis bekämpfen Brände in Tunneln durch das Ausbringen von Wasser über im Deckenbereich installierte Düsen. Das Wasser sollte dabei in möglichst kleinen Tropfen versprüht werden, damit eine in Relation zur Wassermenge möglichst große Reaktionsoberfläche zur Kühlung zur Verfügung steht. So können sowohl Flüssigkeits- wie auch Feststoffbrände bekämpft werden. Aktuelle Beispiele für Wassernebel-BBA in Straßentunneln sind der Virgolo-Tunnel (Bozen), Tyne Crossing (Newcastle), der Tunnel Dartford (London), die A86 (Paris), die M30 (Madrid) und der österreichische Arlbergtunnel [8], [9].

Wie die benannten Beispiele zeigen, werden aktive BBA in einigen Ländern bereits seit vielen Jahren in Tunneln installiert um Personen in der Selbstrettungsphase zu unterstützen, Feuerwehren und Rettungskräften einen besseren Zugang zum Brandherd zu ermöglichen und um das Tunnelbauwerk vor Betonabplatzungen zu schützen. Dies ist insbesondere in Japan, Australien und in den USA der Fall. In diesen Ländern werden allerdings überwiegend Sprinklersysteme installiert, die mit großen Wassermengen Brände in Tunneln bekämpfen.

In Europa hingegen werden als Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln überwiegend Hochdruck-Wassernebelsysteme

so that an as large as possible reaction area is available for cooling with respect to the amount of water. In this way, both liquid as well as solid fires can be combated. The Virgolo Tunnel (Bolzano), Tyne Crossing (Newcastle), the Dartford Tunnel (London), the A86 (Paris), the M30 (Madrid) and the Austrian Arlberg Tunnel provide current examples for water mist FFFS [8], [9]. As the cited examples indicate, active FFFS have been installed in tunnels in several countries for many years in order to support people during the self-rescue phase, facilitate better access to the fire seat for responders and protect the tunnel structure against concrete spalling. This applies especially in Japan, Australia and the USA. However, in these countries mainly sprinkler systems are installed, which combat tunnel fires using great amounts of water.

In Europe on the other hand, mainly high-pressure water mist systems are installed in tunnels to fight fires. These systems have been tested extensively in major fire tests within the scope of German and European research projects such as UPTUN (Upgrading of Existing Tunnels), SOLIT and SOLIT² (Safety of Life In Tunnels) and have proved their worth on many occasions [2], [3]. These systems are devised particularly for use in the rugged conditions prevailing in tunnels and distinguish themselves especially through their effectiveness in fighting fires, substantially reducing smoke gas quantities as well as effective cooling, even in close proximity to the fire seat.

In many cases, FFFS are utilized in order to compensate existing deficits in tunnels. An inadequately dimensioned ventilation system can be cited as an example here: by applying a water mist

installiert. Diese Anlagen sind in Großbrandversuchen im Rahmen von deutschen und europäischen Forschungsprojekten wie UPTUN (Upgrading of Existing Tunnels), SOLIT und SOLIT² (Safety of Life in Tunnels) ausgiebig getestet worden und haben Ihre Wirksamkeit vielfach unter Beweis gestellt [2], [3]. Die Systeme sind speziell für den Einsatz in der rauen Umgebung von Tunneln entwickelt worden und zeichnen sich insbesondere durch eine effektive Brandbekämpfung, deutliche Reduzierung von

Rauchgasmengen sowie durch eine effiziente Kühlung, auch in unmittelbarer Nähe des Brandherdes, aus.

In vielen Fällen werden BBA eingesetzt, um existierende Defizite in Tunneln zu kompensieren. Als Beispiel lässt sich hier eine nicht ausreichend dimensionierte Lüftungseinrichtung nennen: Durch den Einsatz einer Wassernebel-BBA kann die Rauchgasmenge im Brandfall derart reduziert werden, dass deutlich geringere dimensionierte Lüftungseinrichtungen zur Rauchgasabführung ausreichen.

Ein weiteres Beispiel ist der passive Brandschutz. Da insbesondere Wassernebel-BBA Temperaturen auch an der Tunneldecke deutlich reduzieren, können theoretisch passive Brandschutzmaßnahmen kompensiert werden. Durch derartige Kompensationsmaßnahmen lassen sich in vielen Fällen Kostenvorteile realisieren – bei gleichem oder sogar höherem Sicherheitsniveau. Speziell dieser Ansatz ist für die im zweiten Teil folgende Modellrechnung von Bedeutung. Im Zuge des SOLIT²-Projektes wurden bereits die Möglichkeit der Kompensation unterschiedlicher Maßnahmen und die risikospezifische wie ökonomische Vergleichsbetrachtung von Ausstattungsvarianten eingehend untersucht. Die Autoren empfehlen für eine vertiefte Betrachtung der hierbei entwickelten Methodik die Konsultation von [10] und [11].

In einigen Ländern ist der Einbau aktiver BBA in Tunneln bestimmter Kategorien obligatorisch, in anderen Ländern können BBA als kompensatorische Maßnahme eingesetzt werden. Im Falle der US-amerikanischen Tunnelrichtlinie NFPA 502 (*Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways*), welche in vielen Ländern der Welt angewendet wird, sind diese Vorteile (Kompensation von baulichem und betrieblichem Brandschutz) explizit aufgeführt [4]. Die österreichische Richtlinie RVS 09.02.51, welche ausschließlich Wassernebel als Technologie vorsieht, zieht bei Einsatz einer BBA eine ganze Reihe von Kompensationsmaßnahmen nach vorhergehender Prüfung in Betracht [5].

Die derzeit noch gültige RABT 2006 ermöglicht bei Nachweis eines gleichwertigen oder höheren Schutzes den Einsatz innovativer Technik, wie etwa Brandbekämpfungsanlagen [6]. Die neue RABT



Der Wassernebel der BBA bringt den Brandherd unter Kontrolle

The FFFS's water mist brings the fire seat under control

FFFS the smoke gas quantity can be reduced to such an extent in the event of fire that ventilation units with considerably smaller dimensions suffice to remove the smoke gas.

A further example is passive fire protection. As water mist FFFS in particular considerably reduce temperatures also on the tunnel ceiling, theoretically passive fire protection measures can be compensated for. Cost advantages result in many cases thanks to such compensation measures – given the same or even a higher safety level. This

approach is of particular significance for the model calculation that follows in Part 2. In the course of the SOLIT² project the possibility of compensation of various measures and a risk-specific as well as economic comparative study of furnishing alternatives was examined at length. For further scrutiny of the methods developed here the authors advise consulting [10] and [11].

In some countries installing FFFS in tunnels of certain categories is obligatory, in other countries FFFS can be installed as compensatory measures. In the case of the US Standard for Road Tunnels, Bridges and Other Limited Access Highways (NFPA 502), which is applied in many countries of the world, these advantages (compensation of structural and operational fire protection) are explicitly listed [4]. A whole series of compensation measures after prior scrutiny is considered by the Austrian RVS 09.02.51 guideline, which solely advocates water mist as a technology when installing a FFFS [5]. The currently valid RABT 2006 enables the application of innovative technology such as fire-fighting systems to be used after proof that protection will be of an equivalent or higher standard is provided [6]. The new RABT 2015, which is to be published shortly, explicitly allows FFFS to be applied in certain cases [7].

3 Economic Costs of a Tunnel Closure

Tunnels as core elements of a transport infrastructure represent geographic bottlenecks that are hard to circumvent should they have to be partially or completely closed. As a result, securing high availability is a central demand posed on tunnel structures quite apart from assuring the safety of road users. As more than two-thirds of private and goods transportation in Germany is carried by road, even a temporary closure of a tunnel brings about long-lasting negative effects especially in busy, inner-urban and densely-populated regions. As a consequence, economic evaluation of a construction or refurbishment scheme required to be carried out on the tunnel demands a holistic approach. Cost and investment calculation methods must be supplemented with cost-benefit analysis methods including a value benefit analysis if necessary, which must then be integrated in a life cycle cost analysis. A business assessment of the

2015, welche in Kürze veröffentlicht werden soll, ermöglicht explizit den Einsatz von BBA in bestimmten Fällen [7].

3 Volkswirtschaftliche Kosten einer Tunnelsperrung

Tunnelbauwerke stellen als Kernelemente der Verkehrsinfrastruktur im Falle einer beschränkten oder vollständigen Sperrung nur aufwändig zu umgehende geografische Engpässe dar. Die Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit stellt daher, neben der Gewährleistung der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer, eine zentrale Anforderung an Tunnelbauwerke dar. Da über zwei Drittel des Personen- und Güterverkehrs in Deutschland über die Straße abgewickelt werden, hat bereits ein zeitlich begrenzter Ausfall eines Tunnelbauwerks gerade in verkehrsintensiven, innerstädtischen und dichtbesiedelten Regionen nachhaltige negative Auswirkungen. Die wirtschaftliche Bewertung einer durchzuführenden Bau- oder Sanierungsmaßnahme am Tunnelbauwerk erfordert daher eine ganzheitliche Sichtweise. Diese beinhaltet die Ergänzung der Verfahren der Kosten- und der Investitionsrechnung durch Methoden der Nutzen-Kosten-Analyse, gegebenenfalls auch der Nutzwertanalyse, die dann letztlich in eine Lebenszykluskostenanalyse zu integrieren sind. Die betriebswirtschaftliche Erfassung der direkten Kosten wird damit um eine volkswirtschaftliche Komponente, die Erfassung der externen Kosten, erweitert.

Zu den direkten Kosten zählen die Investitionskosten für Errichtungs- Umbau- und Erweiterungsarbeiten sowie die (Folge-) Kosten für Betrieb, Wartungs- und Sanierungsarbeiten. Zu den externen (volkswirtschaftlichen) Kosten zählen insbesondere alle Kosten, die im konkreten Anwendungsfall mit der durch die Tunnelsperrung notwendigen Verkehrsumlenkung verbunden sind. Externe Kosten, auch als ökologische oder soziale Kosten bezeichnet, liegen außerhalb des Betrachtungsobjekts – in diesem Fall das Tunnelbauwerk – und werden damit nicht im internen Rechnungswesen der bauausführenden Firma bzw. des einzelwirtschaftlichen (insbesondere des privaten) Tunnelbetreibers erfasst.

Bei öffentlichen Ausschreibungen für Tunnelneubau- und Umbauprojekte sowie bei umfangreichen Sanierungsmaßnahmen sind volkswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Untersuchungen hingegen üblich, teilweise gesetzlich verpflichtend. Die Untersuchungen dienen den staatlichen Institutionen als Grundlage für eine transparente Darstellung der Planungs- und Bewertungsverfahren und nicht zuletzt der Rechtfertigung von Entscheidungen gegenüber der Öffentlichkeit, mit dem Ziel eine möglichst breite Akzeptanz für das Projekt zu erlangen.

Nutzen-Kosten-Analysen bestimmen die (volkswirtschaftliche) Wirtschaftlichkeit eines Projektes als Quotient des volkswirtschaftlichen Nutzens zu den volkswirtschaftlichen Kosten. Ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) größer 1.0, so gilt das Vorhaben als volkswirtschaftlich sinnvoll, ist der Quotient kleiner 1.0, so ist es nicht effizient und führt zu einem gesamtwirtschaftlichen Wohlstandsverlust. Tatsächlich aber ist die Zielgröße NKV bei Zugrundelegung der Excess Burden Theorie in Verbindung mit dem

direct costs is thus expanded by an economic component, evaluating the external costs.

The direct costs include investment costs for setting up, conversion and extension as well as (follow-up) costs for operation, maintenance and refurbishment work. The external (economic) costs include particularly all costs, which are associated in each concrete case of application with the traffic diversions resulting from closing the tunnel. External costs also known as ecological or social costs, are located outside the object under appraisal – in this case the tunnel – and thus are not included in the internal accounting system of the responsible contractor or the (private) tunnel operator.

However, economic cost-benefit analyses are normal, in some cases legally necessary for public tenders for new tunnel construction and renovation projects as well as refurbishment schemes. Such analyses serve state institutions as the basis for a transparent presentation of the planning and evaluation methods and last but not least for justifying decisions to the general public, with the aim of attaining as widespread acceptance as possible for the project.

Cost-benefit analyses determine the (economic) feasibility of a project as a quotient of the economic benefit compared with the economic costs. Should the benefit-cost ratio (BCR) be greater than 1.0 then the project is considered to be economically acceptable. Should the ratio fall below 1.0 it is not efficient thus leading to a macroeconomic welfare loss. In actual fact, the target parameter BCR should be interpreted even more narrowly based on the excess burden theory in conjunction with the Pareto criterion. Accordingly, seen from a macroeconomic viewpoint projects are only then efficient providing their BCR lies substantially above 1.0. The excess burden effect known from the welfare theory shows that, given absolutely equal amounts of costs and benefits, income and substitution effects resulting from state fiscal measures can lead to the economic costs of taxation being greater than the benefit of an additional state expenditure in the case of economic subjects. In keeping with the Pareto optimality criterion it is not feasible to increase the welfare of an individual economic subject without reducing the position of at least one other economic participant at the same time. The excess burden approach and Pareto principle applied to the present object of investigation thus ultimately signifies that the impact on economic subjects (toll charges) outweighs a corresponding relief (shorter travelling times) of other economic participants.

A project case (constructing a tunnel/accomplishing a refurbishment scheme) is established methodically to compare the external costs with a zero case (no tunnel built/no refurbishment). The resultant costs and benefits represent the difference between the two cases.

The deliberations relating to the cost and benefit components of the benefit-cost evaluation method are diverse and ultimately depend on the investigation target. It is essential to establish standardized evaluation approaches for subsequent application in practice. A worthwhile method is provided by the modified benefit-cost approach for the German Federal Infrastructure Plan 2015 that has still to be completed based on the evaluation methods applied for the Federal Infrastructure Plan 2003. (Part-) final reports relating to

Pareto-Kriterium noch enger zu fassen. Hiernach sind aus gesamtwirtschaftlicher Sicht Projekte nur dann effizient, wenn ihr NKV deutlich über 1.0 liegt. Der aus der Wohlfahrtstheorie bekannte, als Excess Burden (Zusatzlast der Besteuerung) bezeichnete Effekt weist aus, dass Einkommens- und Substitutionseffekte aufgrund staatlicher Fiskalmaßnahmen bei den Wirtschaftssubjekten dazu führen können, dass bei absolut gleichhohen Beträgen von Kosten und Nutzen die volkswirtschaftlichen Kosten einer Besteuerung größer als der Nutzen einer zusätzlichen Staatsausgabe sind. Nach dem Pareto-Optimalitätskriterium ist es nicht darstellbar, durch eine Ressourcenverteilung die Wohlfahrt eines einzelnen Wirtschaftssubjektes zu erhöhen, ohne gleichzeitig die Position zumindest eines anderen Wirtschaftsteilnehmers zu reduzieren. Excess Burden Ansatz und Pareto-Kriterium auf den vorliegenden Untersuchungsgegenstand übertragen, bedeutet somit im Ergebnis, dass die Belastung von Wirtschaftssubjekten (Mautgebühren) schwerer wiegt als eine entsprechende Entlastung (verkürzte Fahrzeiten) anderer Wirtschaftsteilnehmer. Methodisch wird zur Ermittlung der externen Kosten ein Planfall (Realisierung eines Tunnelbaus/Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme) mit einem Nullfall verglichen (kein Bau des Tunnels/keine Sanierung). Die dann ausgewiesenen Kosten und Nutzen stellen die Differenzen zwischen den zwei Fällen dar.

individual research projects are already available. The methods, the calculation steps and the results of the modified benefit-cost analysis have been published in an extensive study [12].

Table 1 displays exemplarily a section of the possible individual components of the benefit of a tunnel distinguished according to life phases. Tunnel failure causes can result from unaccountable one-off renovation schemes or refurbishment or maintenance operations occurring at regular intervals. Fire incidents, natural disasters or attacks by terrorists are unforeseeable disruptive events. The benefit components cited in relation to incidents deviate strongly. Locational advantages account for the essentially positive benefits of construction projects, traffic disruptions the basically negative ones. The anticipatory internalization of external cost parameters within the framework of a holistic profitability evaluation of all measures to be carried out can already lead during the planning process to changes in course of the future extent/scheduling of construction and in turn, organization of construction. The following measures are cited as examples for reducing the economic costs:

- Combining several part-projects to form a single overall project by bringing forward various measures already scheduled for the future
- Complete closure of the structure for a short period during off-peak times (holidays) instead of lengthy partial closure, setting up night construction sites

Phase	Ereignisse <i>Incidents</i>	Positiver Nutzen <i>Positive benefit</i>	Negativer Nutzen <i>Negative benefit</i>
Planungsphase <i>Planning phase</i>		Beschäftigungseffekte <i>Employment effects</i>	
Bauphase <i>Construction phase</i>	Allgemein <i>General</i>	(Regionale) Beschäftigungseffekte durch Bauinvestitionen <i>(Regional) employment effects through building investments</i>	Verkehrsbehinderungen <i>Traffic obstructions</i> Umweltbelastungen (Lärm, Staub, Abgas) <i>Environmental impacts (noise, dust, fumes)</i>
Betriebsphase <i>Operational phase</i>	Allgemein <i>General</i>	Regionale Standortvorteile durch Fahrzeitverkürzungen, Transportzeitersparnisse im Güterverkehr <i>Regional location advantages through shorter travelling times, transport time saved in goods traffic</i> Erhöhung der allgemeinen Verkehrssicherheit (Reduktion der Unfallzahlen) <i>Increasing overall traffic safety (reducing accident figures)</i> Entlastung der Umwelt (Abgasbelastung, Lärmreduktion) <i>Relieving the environment (fume impact, reducing noise)</i> Wohnumfeldverbesserung <i>Improving residential conditions</i>	
	Wartung <i>Maintenance</i> Regelmäßige Sanierung <i>Regular refurbishment</i>	Künftige Kosteneinsparungen <i>Future cost savings</i>	Verkehrsbehinderungen <i>Traffic obstructions</i> Unfallzahlen <i>Accident figures</i>
	Störereignisse (Brand, Naturkatastrophen, Terrorismus) <i>Incidents (Fire, natural disasters, terrorism)</i>		Verkehrsbehinderungen <i>Traffic obstructions</i> Unfallzahlen <i>Accident figures</i>

Tabelle 1 Nutzen eines Tunnelbauwerks in Abhängigkeit von unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklus

Table 1 Benefits of a tunnel depending on various life cycle phases

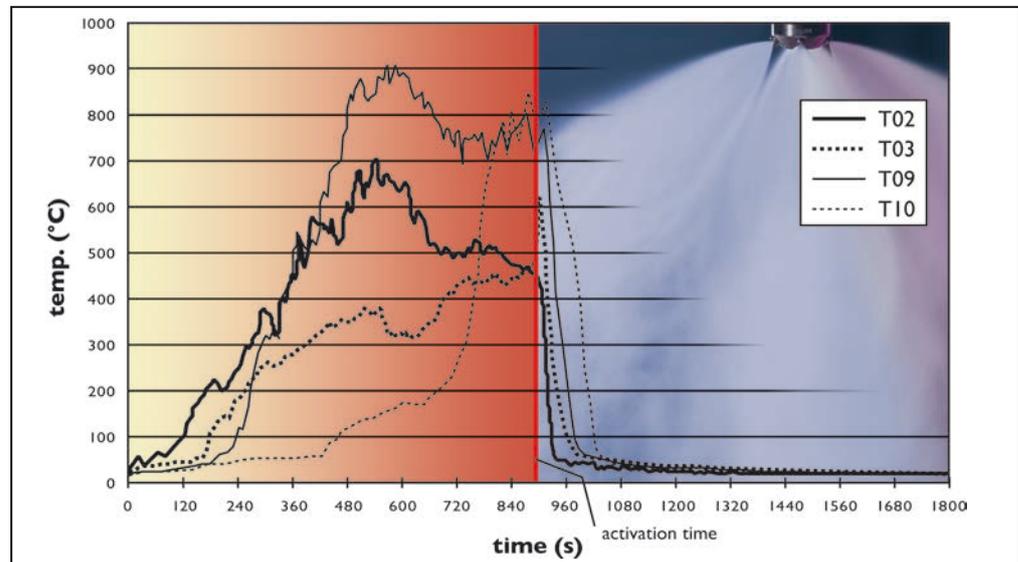
Die Darstellungen zu den Nutzen- und Kostenkomponenten der NK-Bewertungsmethodik sind vielfältig und nicht zuletzt abhängig vom Untersuchungsziel. Notwendig ist für den späteren praktischen Einsatz die Ermittlung standardisierter Bewertungsansätze. Ein zielführender Ansatz ist der auf Basis der Bewertungsmethodik des Verkehrswegeplans 2003 modifizierte Nutzen-Kosten-Ansatz des in seiner Gesamtheit noch zu erstellenden deutschen Bundesverkehrswegeplan 2015. (Teil-)Endberichte zu einzelnen Forschungsprojekten liegen bereits vor. Die Methodik, die Berechnungsschritte und die Ergebnisse der modifizierten Nutzen-Kosten-Analyse sind in einer umfangreichen Untersuchung veröffentlicht [12].

Tabelle 1 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt der nach Lebensphasen differenzierten möglichen Einzelkomponenten des Nutzens eines Tunnelbauwerks. Ausfallursachen von Tunnelbauwerken können vom Eintritt her zeitlich einschätzbare einmalige Umbauarbeiten oder in regelmäßigen Zeitintervallen auftretende Sanierungs- bzw. Wartungsmaßnahmen sein. Zeitlich nicht vorhersehbare Störereignisse sind Brandereignisse, Naturkatastrophen oder terroristische Anschläge. Die Bedeutung der in Bezug auf die Ereignisse angeführten Nutzenkomponenten differiert stark. Standortvorteile machen den grundsätzlichen positiven, Verkehrsbehinderungen den grundsätzlich negativen Nutzen von Bauvorhaben aus.

Die antizipative Internalisierung externer Kostengrößen im Rahmen einer ganzheitlichen Wirtschaftlichkeitsbewertung aller durchzuführenden Maßnahmen kann bereits im Planungsprozess zu Ablaufänderungen im künftigen Bauumfang/-ablauf und damit in der Bauorganisation führen. Als Beispiele zur Reduktion der volkswirtschaftlichen Kosten werden folgende Maßnahmen genannt:

- Zusammenfassung mehrerer Teil- zu einem Gesamtvorhaben durch zeitliches Vorziehen einzelner erst in der Zukunft anstehender Maßnahmen
- Statt langer Teilspernung kurzzeitige Vollsperrung des Bauwerks in verkehrsärmeren Zeiten (Urlaubszeiten), Einrichten von Nachtbaustellen

Zur rechnerischen Ermittlung der im Fall einer Tunnelsperrung negativen Nutzeneffekte muss eine Vielzahl von Bewertungsansätzen für jede einzelne Auswirkung des Ereigniseintritts



In Europa werden als Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln überwiegend Hochdruck-Wassernebelsysteme installiert. Die Systeme zeichnen sich unter anderem durch eine effiziente Kühlung aus, auch in unmittelbarer Nähe des Brandherdes

In Europe mainly high-pressure water mist systems are installed in tunnels to fight fires. Amongst other things, these systems distinguish themselves especially through their effectiveness in cooling, even in close proximity to the fire seat

To calculate the negative benefit effect incurred by a tunnel closure a large number of evaluation criteria for each individual impact of the event occurring must be included. This is already shown by the example of the quantitative and monetary evaluation of longer travelling times and congestion resulting from traffic being diverted:

- additional operating costs: car/lorry per km
- negative use of traveling time: fictitious hourly rate per affected traveller
- additional emission costs: monetary value of an additional tonne of CO₂
- possibly additional accident costs: cost rates for damage to persons and property

The complex determination of the benefit effects indicates on the one hand that standardization of the means of calculation and the evaluation approaches is essential. Furthermore, the scientific debate has still to conclude definitively what actually should be included in the category for external costs. It is disputed for example whether the accident and congestion costs should not be separated from the external costs.

As economic feasibility studies are more complicated than commercial ones – mainly owing to the monetarization of the mostly qualitative model determinants and resultant causes – conceivably result ranges for target parameters exist, which can be used merely to confirm preconceived opinions relating to a project. In addition, the susceptibility of the calculations to the assumptions they are based on is critical. The defined model assumptions for the calculations (for instance traffic predictions, price levels for cost parameters, evaluation periods, estimations of utilization periods for structural elements) can always become problematic.

herangezogen werden. Dies zeigt schon das Beispiel der quantitativen und monetären Bewertung längerer Fahrzeiten und Staus infolge einer Verkehrsumlenkung:

- zusätzliche Betriebskosten: PKW/LKW pro Kilometer
- negativer Reisezeitnutzen: fiktiver Stundensatz pro betroffenem Reisenden
- zusätzliche Emissionskosten: Geldwert einer zusätzlichen Tonne CO₂
- ggf. zusätzliche Unfallkosten: Kostensätze für Personen- und Sachschäden

Die aufwändige Ermittlung der Nutzeneffekte zeigt einerseits, dass eine Standardisierung für den Berechnungsweg und für die Bewertungsansätze unabdingbar ist. Zum anderen ist auch in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung noch nicht abschließend bestimmt, was in die Kategorie der externen Kosten überhaupt einzubeziehen ist. Umstritten ist etwa, ob die Unfall- und Staukosten nicht von den externen Kosten abzugrenzen sind.

Da volkswirtschaftliche Wirtschaftlichkeitsberechnungen – nicht zuletzt durch die Monetarisierung der zumeist qualitativen Modelldeterminanten und Folgeursachen – aufwändiger als betriebswirtschaftliche sind, gibt es bei den Zielgrößen unter Umständen Ergebnisbandbreiten, die dazu genutzt werden können, vorgefasste Meinungen zu einem Projekt nur zu bestätigen. Kritisch ist überdies die Anfälligkeit der Berechnungen im Hinblick auf die ihnen zugrunde liegenden Annahmen. Die gesetzten Modellannahmen für die Berechnungen (zum Beispiel Verkehrsprognosen, Preisstände bei den Kostengrößen, Untersuchungszeiträume, Schätzungen der Nutzungsdauern von Bauelementen) können stets problematisiert werden.

4 Fazit und Ausblick

Die Ausführungen zeigen, dass zum einen BBAs bereits in vielen Ländern zur Kompensation von Maßnahmen des baulichen und/oder betrieblichen Brandschutzes genutzt werden. Wichtig ist hierbei die klare Definition angestrebter Schutzziele, sowohl im Hinblick auf baulichen wie auch betrieblichen Brandschutz. Zum anderen wird deutlich, dass es sich bei der Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte um eine sehr komplexe Problemstellung handelt, die noch dazu stark von lokalen Randbedingungen des Bauwerks abhängt. Gleichwohl ist eine solche Berechnung möglich und auch implizit durch die Vorgaben des Bundesverkehrswegeplans avisiert.

Im Teil 2 des Artikels werden die Autoren die Umsetzung der hier angedeuteten Modellrechnung an einem konkreten Fallbeispiel vorstellen, wobei der Vergleich einer herkömmlichen Tunnelsanierung und einer Sanierung mittels Wassernebel-BBA durchgeführt wird. 

4 Conclusion and Outlook

These arguments show that on the one hand, FFFS are used in many countries already to compensate for structural and/or operational fire protection measures. In this case, it is essential that the protective aims strived for are clearly defined both regarding structural as well as operational fire protection. Furthermore, it becomes evident that calculation of the economic effects represents an extremely complicated problem complex, which also greatly depends on the local marginal conditions affecting the structure. At the same time, a calculation of this kind is possible quite apart from being implicitly indicated in the specifications of the Federal Infrastructure Plan.

In Part 2 of this report the authors will present the model calculation dealt with here applied to a concrete case example. Towards this end, conventional tunnel refurbishment and refurbishment using a water mist FFFS will be compared. 

Literatur/References

- [1] BMVI: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen für Ingenieurbauwerke, Teil 5: Tunnel, 2013
- [2] UPTUN consortium, Engineering Guidance for Water Based Fixed Fire Fighting Systems for the Protection of Tunnels and Sub Surface Facilities – Report 251, UPTUN WP 2.5, 2006
- [3] SOLIT² Konsortium: „Leitfaden zur ganzheitlichen Bewertung von Tunneln mit Brandbekämpfungsanlagen sowie deren Planung“, 2012
- [4] NFPA 502 (2014): Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways, National Fire Protection Association, 2014.
- [5] BMVIT: Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen (RVS 09.02.51), 2014
- [6] RABT: Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunnel, 2006
- [7] Baltzer, W.: RABT 2015 (Stand des Entwurfs vor der Länderanhörung), Präsentation, 1. Deutscher Tunnelkongress für Betriebstechnik, Sicherheit und Telematik, 2015
- [8] SOLIT² Konsortium: „Leitfaden zur ganzheitlichen Bewertung von Tunneln mit Brandbekämpfungsanlagen sowie deren Planung“, Statusanalyse (Anhang 1), 2012.
- [9] ASFINAG: Asfinag Tunnelsicherheitspaket: 1,5 Milliarden bis 2019, <https://www.bmvit.gv.at/presse/archiv/downloads/tunnelsicherheit.pdf>
- [10] Thewes, M.; Vollmann, G.; Kamarianakis, S.; Sprakel, D.; Hoffmann, T.: Decision Model for Furnishing Tunnels with safety technical Systems, Part 1: General Conditions for Transportation Tunnels. (Entscheidungsmodelle bei der Ausstattung von Tunneln mit sicherheitstechnischen Anlagen, Teil 1: Rahmenbedingungen bei Verkehrstunneln.) Tunnel - International Journal for Subsurface Construction, No. 8, 2013, pp. 38–47.
- [11] Vollmann, G.; Thewes, M.; Kamarianakis, S.; Sprakel, D.; Hoffmann, T.: Decision Model for Furnishing Tunnels with safety technical Systems, Part 2: Comparison of variations and model calculation. (Entscheidungsmodelle bei der Ausstattung von Tunneln mit sicherheitstechnischen Anlagen, Teil 2: Variantenvergleich und Modellrechnung.) Tunnel - International Journal for Subsurface Construction, No. 1, 2014, pp. 17–27.
- [12] Bundesverkehrsministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung (FE-PROJEKTNR.: 960974/2011), 2015, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/bwvp-2015-ueberpruefung-nka-endbericht.pdf?__blob=publicationFile, abgerufen am 9.November 2015.

Koordinierte Lösungen für den Ereignisfall

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit im Ereignisfall eine gute Koordination zwischen Tunnelbetreibern und Einsatzdiensten möglich ist? Mit dieser Frage beschäftigte sich das 4. Kommandanten-Forum der International Fire Academy in Balsthal, Schweiz. Die wichtigsten Thesen aus den Fachvorträgen und den Diskussionen der Feuerwehrangehörigen mit anderen Einsatzdiensten, Tunnelbetreibern, -bauern und -konstrukteuren fasst der folgende Beitrag zusammen.

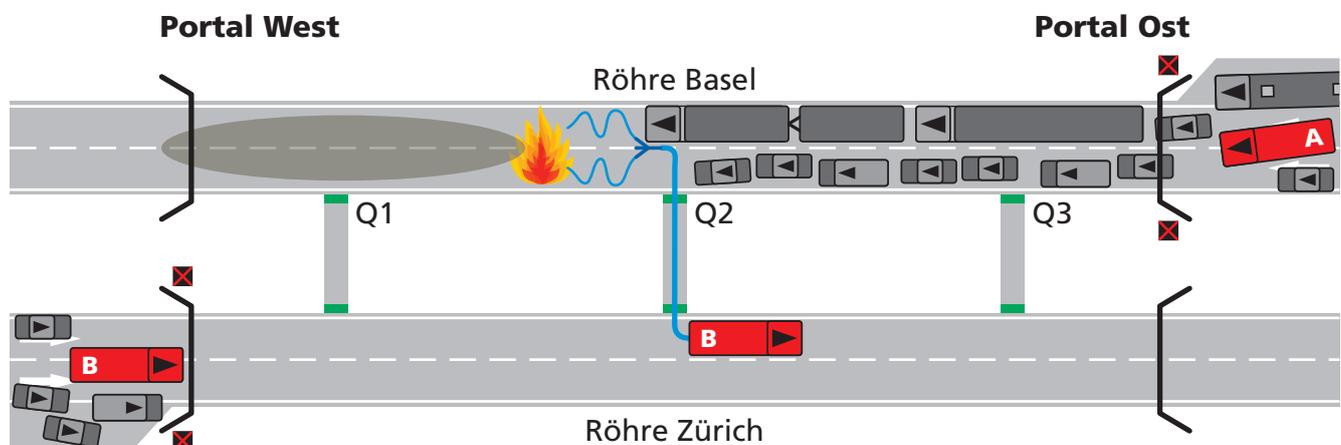
Coordinated Solutions for Incidents

What preconditions have to be provided to enable good coordination between tunnel operators and emergency services in case of an incident? This question occupied the 4th Commanders Forum at the International Fire Academy in Balsthal, Switzerland. The most important subjects from the specialist lectures and the discussions of the fire service members with other involved emergency services, tunnel owners, contractors and engineers are collected in the following article.

Urs Kummer, MSc, Geschäftsführer/CEO, International Fire Academy, Balsthal, Schweiz/Switzerland
www.ifa-swiss.ch

Viele Aspekte der Ereignisbewältigung sind in der EU-Tunnelrichtlinie grundsätzlich geregelt. Das alleine genügt jedoch nicht, denn sowohl die Einsatzbedingungen als auch die technischen und organisatorischen Möglichkeiten aller Beteiligten, wie Rettungsdienste, Tunnelbetreiber, Tunnelbauer und -konstrukteure, Aufsichtsbehörden, Sicherheitsbeauftragte oder die Polizei, können sich gravierend unterscheiden. Als notwendige Voraussetzung für eine wirkungsvolle Einsatz-Koordination wird daher die frühzeitige Klärung folgender Fragen gesehen:

Many aspects of dealing with incidents are fundamentally regulated in the EU Tunnel Directive. This alone is not sufficient, since both the assignment conditions and the technical and organisational capabilities of all involved parties, like tunnel operators, engineers, emergency services, supervisory authorities, safety officers and the police, can differ greatly. The early clarification of the following questions was seen as an essential precondition for effective coordination of fire fighting:



- 1 Der Zwei-Seiten-Angriff entwickelt sich bei vielen Feuerwehren zum Standard bei einem Brand in einem Tunnel. Durch die Anfahrt von beiden Portalen ist die Wahrscheinlichkeit groß, umgehend mit der Brandbekämpfung beginnen zu können und dadurch die Bedingungen für die Selbst- und Fremdreueung wesentlich zu verbessern

Two-sided attack is becoming the standard means of fighting fires in tunnels for many fire brigades. Entering from both portals increases the chance of being able to start fighting the fire immediately and thus considerably improves conditions for escape and rescue

- Wie sind die konkreten Aufgaben aller Beteiligten geregelt?
- Nach welcher Taktik gehen die Beteiligten vor und was benötigen sie dazu von den anderen Beteiligten?
- Was kann die Technik der Tunnelanlage leisten und was nicht?
- Was können die Beteiligten jeweils leisten und was nicht?

An den folgenden Beispielen wird die Bedeutung dieser individuellen Abstimmung deutlich.

Zwei-Seiten-Angriff bereits bei „kleinen“ Ereignissen

Das Vorgehen der Feuerwehren kann für andere erklärungsbedürftig sein – zum Beispiel der Zwei-Seiten-Angriff. Deutlich wird dies am Beispiel eines einfachen Pkw-Brandes in einem einröhrigen Tunnel: Auf der Anströmseite, auf der die Luft zum Brand strömt, und auf der Abströmseite herrschen sowohl für die Nutzer als auch für die Einsatzkräfte völlig unterschiedliche Bedingungen. Je nach Lüftungsregime der Tunnelanlage kann die Röhre auf der Abströmseite innerhalb kurzer Zeit vollständig verrauchen, was die Flucht erheblich erschwert. Hier müssen die Feuerwehreinsetzkkräfte unter Atemschutz die Flüchtenden unterstützen und gegebenenfalls aus Rauchgefahren retten. Je nach Größe des Tunnels, Anzahl der Fahrzeuge und Personen sowie Geschwindigkeit und Schichtung des Rauches können für diese ergänzende Fremdrettung Dutzende Einsatzkräfte erforderlich sein – selbst bei einem vergleichsweise geringfügigen Fahrzeugbrand.

Auf der Anströmseite sind die Nutzer weniger stark gefährdet und können sich schnell selbst in Sicherheit bringen. Auch die Einsatzkräfte kommen auf dieser weitgehend rauchfreien Seite unter Atemschutz gut voran, können den Brand rasch löschen und somit die Rauchbildung stoppen, wodurch wiederum die Bedingungen auf der Abströmseite erheblich verbessert werden. Würde die Feuerwehr nur von einer Seite angreifen, könnte sie lediglich einen Teil der notwendigen Aufgaben erfüllen. Nur wenn auf der Anströmseite sofort und mit erster Priorität durch Löschen des Fahrzeugbrandes die Rauchbildung unterbunden und auf der Abströmseite möglichst gleichzeitig mit der Suche und Rettung begonnen wird, können alle Chancen genutzt werden, die Zahl der Todesopfer und Verletzten möglichst gering zu halten (**Bild 1**).

Ein ausreichendes Aufgebot an Einsatzkräften an beiden Portalen

Falls die Zufahrt für Feuerwehrfahrzeuge auf der Anströmseite durch rückstauende Fahrzeuge blockiert ist, kann die Feuerwehr in einem Mehrröhrentunnel von der gegenüberliegenden Portalseite über die nicht betroffene Röhre bis zu dem Querschlag vorrücken, über den ein schneller Löschangriff vorgetragen werden kann. Grundsätzlich wird der Löschangriff immer von der Feuerwehr vorgenommen, die unter den aktuellen Verkehrs- und Brandbedingungen am schnellsten den Löscherfolg erzielen kann. Zum Zeitpunkt der Alarmierung ist jedoch nicht absehbar, von welcher Portalseite bzw. über welche Zugänge der Brand am schnellsten erreicht werden kann, zumal sich die Bedingungen während des Anmarschs der Feuerwehren verändern können.

- How are the defined tasks of all parties regulated?
- With what tactics do the parties proceed and what do they require from other involved parties?
- What can the equipment in the tunnel provide and what can it not?
- What tasks can each of the parties perform and what can they not?

The following examples will make the meaning of this individual coordination clear.

Attack from two Sides, even for “small” Incidents

The procedures of fire services can require explanation to outsiders – for example the two-sided attack. This can be made clear through the example of a burning car in a single-bore tunnel: on the upstream side, where the air is flowing towards the fire, conditions are completely different from the downstream side, both for the user and the fire service. Depending on the ventilation regime in the tunnel system, the tunnel on the downstream side can completely fill with smoke in a short time, which makes escape much more difficult. The firemen, wearing breathing apparatus, must assist escaping people and perhaps rescue them from smoke danger. According to the size of the tunnel, the number of vehicles and persons and the speed and layering of the smoke, dozens of firemen can be required for this supplementary rescue work – even for a comparatively trivial vehicle fire.

On the upstream side, the users are less seriously endangered and can rapidly reach safety. Firemen with breathing apparatus can also make good progress on this mostly smoke-free side, can quickly extinguish the fire and thus stop smoke formation, which then considerably improves the conditions on the downstream side.

If the fire service only attacked from one side, they could only fulfil part of the necessary tasks. It is only possible to exploit all opportunities to keep the number of dead and injured as low as possible if they start immediately on the upstream side with the priority to extinguish the fire and thus prevent smoke formation, and at the same time if possible also start search and rescue on the downstream side (**Fig. 1**).

A sufficient Number of Firemen at both Portals

In case access for fire engines is blocked on the upstream side by stopped vehicles, the fire services can gain access in a twin-bore tunnel from the other portal through the unaffected bore to a suitable cross passage, from where a rapid attack can be undertaken. Basically, the fire is always attacked by the fire brigade, who can extinguish the fire quickest under the prevailing traffic and fire conditions. At the time of the alarm, however, it is not foreseeable from which portal or through which access the fire can be reached quickest, particularly as the conditions can change while the fire services are approaching. Therefore the intended rapid success of extinguishing is only securely achievable when a sufficient number of firemen arrive from both sides. Even seemingly harmless small fires can thus, depending on the length of the tunnel, demand the callout of more than 100 firemen, even if this is hard for an outsider to understand.

Ergo ist der angestrebte schnelle Löscherfolg nur dann sicher erreichbar, wenn auf beiden Seiten eine ausreichend Anzahl von Einsatzkräften aufgebildet wird. Selbst scheinbar harmlose Kleinbrände können daher, je nach Tunnelgröße, das Aufgebot von mehr als 100 Einsatzkräften verlangen, auch wenn das für Außenstehende kaum nachvollziehbar ist.

Koordination mit dem Rettungsdienst

Ein weiteres Beispiel betrifft die Abstimmung mit dem Rettungsdienst. So fuhren Rettungskräfte bei einer Übung in einem zweiröhriigen Tunnel nicht in die rauchfreie Röhre ein, um „Gerettete“ zu versorgen, weil sie um die eigene Sicherheit fürchteten. Ein möglicher koordinativer Lösungsansatz für eine solche Situation besteht darin, dass der Rettungsdienst durch die Feuerwehr eine eindeutige Freigabe für die Einfahrt in den Tunnel erhält. Die Feuerwehr kann die Situation beurteilen und auf Grund ihrer geeigneten technischen Ausstattung die Sicherung der Rettungskräfte übernehmen (Bild 2).

Hoher Aufwand für Abstimmung in der Bauphase

Aus Sicht der Feuerwehren besteht in der Bauphase eines Tunnels besonders großer Abstimmungsbedarf – und dies in mehrfacher Hinsicht. Ein zentraler Faktor ist dabei die Kapazität der jeweiligen Feuerwehr. Während der Bauphase verändern sich die möglichen Einsatzbedingungen kontinuierlich. Da die Ortskenntnis von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Bewältigung eines Tunneleinsatzes ist, entsteht für eine Feuerwehr ein extrem hoher Aufwand in der Einsatzvorbereitung. Im Grunde müsste das Wissen über die aktuelle Tunnelsituation in kurzen zeitlichen Abständen regelmäßig aktualisiert werden. Eine Berufsfeuerwehr kann diese Anforderung gegebenenfalls noch bewältigen, eine kommunale freiwillige Feuerwehr verfügt hierfür jedoch in der Regel nicht über die notwendigen Ressourcen.

Solche Überlegungen führen zu der Forderung von Baufirmen und Feuerwehren, das Sicherheitskonzept unbedingt vor der Ausschreibung eines Bauprojektes zu klären. Nur so kann das Konzept als Teil der Ausschreibung auf die tatsächlichen Möglichkeiten der zuständigen Feuerwehren abgestimmt werden. In den Diskussionen beim Kommandanten-Forum stellte sich deutlich heraus, dass die Forderungen von Feuerwehren bezüglich ihrer eigenen Ausstattung sowie der Sicherheitsausstattung des Tunnels für Baufirmen nicht grundsätzlich problematisch sind. Schwierigkeiten ergeben sich allerdings, wenn diese Forderungen zu spät thematisiert werden: Geschieht dies erst unmittelbar



Quelle/Credit: Martin Gruber, gb&t GmbH

- 2 Koordination zwischen Feuerwehr und Rettungsdienst: Wann kann das Rettungsdienst-Team bei einem Brand in einen zweiröhriigen Tunnel in die nicht betroffene Röhre einfahren, um Verletzte zu versorgen? Auch diese Frage sollte bereits vor dem Ereignisfall geklärt sein

Coordination between fire and ambulance services: In case of a fire in a twin-bore tunnel, when can an ambulance drive into the unaffected bore to care for injured victims? In order to ensure safe collaboration in case of an incident, this question should also be clarified in advance

Coordination with the Rescue Service

Another example is coordination with ambulance services. Ambulances during an exercise in a twin-bore tunnel did not drive into the smoke-free bore in order to look after “rescued” victims because they were concerned about their own safety. One possible coordination solution for such a case is that ambulances are given an unambiguous approval to drive into the tunnel by the fire service. Fire services can evaluate the situation and can ensure the safety of the ambulance crews with their technical equipment (Fig. 2).

Need for Discussion in the Construction Phase

In the view of fire services, there is a great need for discussion in the construction phase of a tunnel – from many points of view. One central factor is the capacity of the relevant fire brigade. During the construction phase, the possible deployment conditions change continuously. Since local knowledge is of decisive importance to successfully deal with a callout in a tunnel, this means an extremely high level of deployment preparation for a fire brigade. Basically, knowledge about the current situation in the tunnel must be regularly updated at short intervals. A professional fire brigade will if necessary be able to overcome these challenges but a voluntary fire brigade will not normally have the appropriate resources.

Such considerations lead to demands from contractors and fire brigades to clarify the safety plan before tendering a project. Only so can the safety plan be included in the tender documents, coordinated with the actual capacity of the responsible fire brigades.

During the discussions at the Commanders Forum, it became clear that the demands of fire brigades regarding their own equipment and regarding the safety equipment in the tunnel are not fundamentally a problem for contractors. There are however difficulties when these demands are dealt with too late; if this only occurs immediately before the start of construction or before the opening of the tunnel respectively, then dissent about finance is inevitable.

Exact Information about exceptional Cases

Discussions about the working conditions for emergency services in tunnels are often based on normal conditions. In case of an incident, however, conditions may be exceptional but foreseeable, and can be discussed and analysed in advance. This was made clear through the example of an incident report about a fire on a tunnel boring machine: while in normal operation only ten possibly endangered people have to be reckoned with, many more than 20 people may be in the danger area during maintenance work, which makes the task

vor Baubeginn bzw. vor Inbetriebnahme eines Tunnels, ist Dissens über die Finanzierung programmiert.

Genauere Informationen über den Normalzustand hinaus

Häufig orientiert sich der Austausch über die Arbeitsbedingungen für Einsatzkräfte in einem Tunnel am Normalzustand. Im Einsatz aber kann ein vorhersehbarer Ausnahmezustand herrschen, der sich durchaus vorab besprechen und analysieren lässt. Dies wurde am Beispiel eines Einsatzberichtes über den Brand einer Tunnelbohrmaschine deutlich: Während im Vortrieb mit weniger als zehn möglicherweise gefährdeten Personen gerechnet wird, können sich bei

Wartungsarbeiten weit mehr als 20 Personen im Gefahrenbereich befinden, was die Einsatzbedingungen erheblich verschlechtert. Solche außergewöhnlichen Situationen sind ebenfalls planbar, sofern die Feuerwehren nicht nur über den erwarteten Normalzustand informiert werden, sondern auch über mögliche seltene Konstellationen, technische Fehler oder Situationen, die durch Fehlfunktionen hervorgerufen werden können. Neben der eigenen Ortskenntnis der Feuerwehren sind bei allen Tunnelleinsätzen Experten hilfreich, die die Tunnelanlage genauestens kennen. Sie können als „Lotsen“ den Einsatz unterstützen und auf Ausstattungen und technische Kapazitäten aufmerksam machen. Solche Lotsen bewähren sich nicht nur bei Tunneln in der Bauphase, sondern auch im Betrieb. Als Beispiel wurde über einen Gefahrguteinsatz berichtet: Aufgrund eines Bremsmanövers im Tunnel war auf einem Transporter die Ladung verrutscht; ein Tank mit Formaldehyd-Lösung schlug leck, giftige Dämpfe traten aus, und mehrere Personen wurden verletzt. Geistesgegenwärtig lenkte der Fahrer den Lkw aus dem Tunnel hinaus, hielt aber direkt hinter dem Portal auf einer Brücke an. Hier bestand die Gefahr, dass das Formaldehyd einen Fluss verunreinigen könnte. Also fuhr die Feuerwehr den Lkw wieder einige Meter weit in den Tunnel hinein, um dessen geschütztes Entwässerungssystem zum Auffangen der freigesetzten Lösung zu nutzen. Solche Aktionen setzen eine sehr enge Zusammenarbeit aller Beteiligten voraus. Ersichtlich wurde im Forum, dass nicht nur die Feuerwehren über ihr Vorgehen informieren sollten, sondern dass sie auch viele Hintergrundinformationen von Konstrukteuren und Betreibern der Tunnelanlagen benötigen. Offen ist beispielsweise die Frage, wie Feuerwehren am wirksamsten zum Schutz des Bauwerks beitragen können. Die International Fire Academy lehrt, Decken und Wände



Quelle/Credit: International Fire Academy

- 3 Mitglieder des Stabs arbeiten sowohl bei einem Einsatz als auch bei einer Übung (Foto) auf der Basis von Informationen, die sie von anderen Einsatzkräften erhalten. Daher eignen sich Stabsrahmenübungen sehr gut, um die Führung einer Lage zu trainieren, ohne die Mannschaft für eine Vollübung aufbieten zu müssen

Staff members work on the basis of information received from other emergency services, both at an incident and at an exercise (photo). Therefore staff exercises are ideal to train the leaders without having to call out all the crews for a full-scale exercise

of the emergency services considerably more difficult. Such exceptional conditions can however be planned for, as long as the fire brigade is not only informed about the expected normal situation but also about conceivable special circumstances, technical faults or situations, which could be caused by breakdowns.

In addition to the local knowledge of the fire brigade, experts with exact knowledge of the tunnel system are also helpful for all tunnel incidents. They can support the deployment by “piloting” and can point out equipment and technical capacities. Such pilots are not only useful during the construction phase but also in operation. One example was related about a hazardous goods incident: due to a braking manoeuvre in the tunnel, the load on a truck slipped, a tank with formaldehyde solution leaked, poisonous vapours escaped and several people were injured. With quick thinking, the driver drove the truck out of the tunnel but stopped immediately past the portal on a bridge. To prevent the leaking formaldehyde solution from polluting a river running under the bridge the fire brigade had to drive the truck a few metres back into the tunnel in order to exploit its protected drainage system to collect the escaping solution. Such actions demand very good collaboration between all parties.

It became clear at the Forum that not only the fire brigades should inform about their activities, but that they also need much background information from designers and operators of the tunnel system. For example, the question often remains: how can the fire brigade contribute most effectively to the protection of the structure? The International Fire Academy teaches to cool the ceilings and walls – primarily to protect emergency personnel and delay the propagation of the fire. What however is the effect of this quenching on the heated concrete? Can the possible damage to the structure be further reduced by appropriate extinguishing technologies?

zu kühlen – primär um Einsatzkräfte zu schützen und die Brandausbreitung zu verzögern. Wie aber wirkt sich das Abschrecken des erhitzten Betons aus? Können die möglichen Bauwerksschäden durch entsprechende Löschtechniken weiter reduziert werden?

Kommunikation im Vorfeld schafft Klarheit im Ernstfall

Die Referenten des Kommandanten-Forums waren sich in einem Punkt einig: Alle Beteiligten bei einem möglichen Tunnelleinsatz sollten miteinander kommunizieren, schon lange bevor sie mit einem Ernstfall konfrontiert werden. Die gegenseitigen Erwartungen müssen geklärt und die Vorgehensweisen aufeinander abgestimmt sein. Die verantwortlichen Personen sollten sich unbedingt persönlich kennen und den Austausch über die Kompetenzen und Interessen der jeweils anderen suchen. Dies kann die Handlungsabstimmung im Einsatz beschleunigen und zu besseren Lösungen beitragen.

Als ideale Möglichkeit für einen solchen Austausch wurden Stabsrahmenübungen mit allen Verantwortlichen empfohlen (**Bild 3**). Im Vergleich zur Vollübung können diese Übungen ohne Sperrung der Tunnelanlage, ohne Mannschaften und Figuranten durchgeführt werden, da Stäbe auch im Ereignisfall nur aufgrund von eingehenden Informationen die Lage erfassen und kontrollieren müssen. Für die Reflexion der Übungen wurde ein zweistufiges Vorgehen empfohlen: zunächst die Auswertung innerhalb der einzelnen Organisationen, im Anschluss daran ein übergreifender Austausch.

Sowohl seitens der Feuerwehren als auch der Tunnelmanager und Sicherheitsbeauftragten wurde der Nutzen großer Vollübungen im Verhältnis zum damit verbundenen Aufwand in Frage gestellt. Es herrschte Einigkeit, dass Stabsrahmenübungen, Begehungen, Detailübungen und eingehende Tests der erwarteten Ereignisketten mehr bringen als aufwändige Großübungen. So wurden beispielsweise bei einer Tunnel-Begehung alle Notrufeinrichtungen getestet, mit dem Ergebnis, dass nicht alle Notrufe dort aufliefen, wo es erwartet und als sinnvoll erachtet wurde. Auch die Beschriftungen wichtiger Einrichtungen in Tunneln erwiesen sich als unvollständig, was im Ernstfall zu Zeitverlusten führen kann (**Bild 4 a + b**). Ergänzende Beschilderungen, wie zum Beispiel die Nummerierung von Querschlägen, können die Orientierung und Kommunikation von Einsatzkräften deutlich unterstützen und ebenfalls zu einer gelingenden Koordination beitragen.

Dokumentation als wesentliches Entwicklungselement

Die Analyse von Tunnelereignissen zeigte, wie sehr die Dokumentation von Einsätzen zur Entwicklung der Taktik und eines zielführenden Vorgehens beitragen kann. Feuerwehrangehörige bestätigten, dass es trotz aller Vorbereitung bei großen, seltenen Ereignissen oft zu unvorhergesehenen Situationen kommt. Um diese für künftige Ereignisse auswerten zu können, ist eine gute Dokumentation erforderlich. Dazu ist es sinnvoll, frühzeitig zu prüfen, wie die Feuerwehren bei der Dokumentation durch die



Quelle/credit: F. Embert-Kreiser

- 4 Koordination braucht eindeutige Begriffe und Bezeichnungen. Eine fehlende Beschriftung für die Löschwasser-Entnahmestelle in einer Übung führte zu Zeitverlust durch unnötiges Suchen der Anschlussstelle. Das Hinweisschild wurde anschließend umgehend angebracht

Coordination requires clear terms and descriptions. The lack of labelling of an extinguishing water hydrant led to lost time due to unnecessary searching for water. The information sign was then provided immediately

Communication in Advance creates Clarity in Case of Emergency

The speakers at the Commanders Forum were all agreed on one point: all parties involved with a conceivable tunnel incident should communicate with each other long before they are confronted with an emergency. The expectations of each side should be clarified and procedures have to be discussed and coordinated. The responsible people should definitely know each other personally and open conversations about the competences and interests of the others. This can accelerate the discussion of action in case of an incident and contribute to better solutions.

Staff exercises were recommended as an ideal way of bringing about such exchanges (**Fig. 3**). In contrast to full-scale exercises, these can be performed without closing the tunnel, without crews or people playing parts, since the staffs also have to comprehend and control the situation in case of an incident, only based on the incoming information. For the debriefing of the exercise, a two-stage procedure is recommended: first evaluation inside each organisation and then an exchange between organisations.

Both fire services and the tunnel managers and safety officers questioned the use of full-scale exercises in relation to the associated cost. There was agreement that staff exercises, site visits, detail exercises and in-depth tests of the expected incident chains are more helpful than extensive large-scale exercises. For example, during a site visit, all the emergency call positions were tested, with the result that not all calls arrived where they were expected and had been considered appropriate. The signage of important fittings in the tunnel also turned out to be incomplete, which could lead to wasted time in case of an incident (**Fig. 4 a + b**). Supplementary signage like the consecutive numbering of cross-passages can greatly support the orientation and communication of emergency service personnel and also contribute to successful coordination.

Tunneltechnik oder andere Einsatzkräfte sowie dritte unterstützt werden können und welche Informationen für sie relevant sind.

Fazit

Tunneleinsätze sind seltene und oft komplexe Ereignisse mit hohem Abstimmungsbedarf. Neben einer sehr genauen Ortskenntnis ist für alle Mitwirkenden das Wissen um die Vorgehensweisen, die Bedürfnisse und die Kapazitäten der anderen Beteiligten wichtig. Das frühzeitige persönliche Kennenlernen der Verantwortlichen, Stabsrahmenübungen sowie Begehungen, Detailübungen und die Überprüfung von technischen Elementen verbessern die Kooperationsfähigkeit im Einsatzfall maßgeblich. Die Dokumentation von Ereignissen bietet sich als wichtiges Hilfsmittel an, um Taktiken und Techniken für zukünftige Einsätze zu überprüfen und fortzuentwickeln. Hierfür muss im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen eine geeignete Methodik herausgearbeitet werden. 

Documentation as an essential Element

The analysis of tunnel incidents showed how much the documentation of deployments can contribute to the development of tactics and practical procedures. Fire brigade members confirm that despite all preparation, unforeseen situations often occur during large, rare incidents. In order to evaluate these for the benefit of future incidents, good documentation is required. This makes it sensible to investigate at an early stage how the fire brigades can be supported in documentation by the tunnel systems or other emergency services and third parties and what information is relevant for them.

Conclusion

Tunnel deployments are rare events with a great need for preparation and often complex challenges. In addition to precise local knowledge, knowledge about the procedures, needs and capacities of other involved parties is important. Early personal contact among the responsible parties, staff exercises, site visits, detailed exercises and the checking of technical elements can considerably improve cooperation capability in case of an incident. The documentation of incidents is an important aid to check and further develop tactics and methods for future incidents. For this purpose, a suitable methodology has to be worked out within the framework of available resources. 

The solution for data management and excavation monitoring

- ▶ Reporting
- ▶ 24/7 Notifications
- ▶ Segment QA/QC
- ▶ Geotech
- ▶ Data Mining
- ▶ Consumables
- ▶ Shift Reports
- ▶ Real-time



Targeted assistance for TBM projects in all situations, saving valuable time in routine work and providing a multi-functional tool at the same time – these are the main tasks and core features of Tunnelling Process Control (TPC).

TPC saves you time and money in every project phase. | tpc.tunnelsoft.com



 BABENDERERDE ENGINEERS



We assist TBMs in difficult situations.

Troubleshooting Worldwide.

www.babeng.com

Lüftung und Entrauchung

Beständige Tunnelklappen aus rostfreiem Stahl

Nach einer Reihe folgenschwerer Tunnelbrände um die Jahrtausendwende legten 2004 die EU-Tunnelrichtlinie sowie die Richtlinie für Ausstattung und Betrieb von Straßentunneln (RABT) 2006 explizite Standards für Neubauten und für die sicherheitstechnische Nachrüstungen vorhandener Tunnel fest.

Gezielte Entrauchung

Zu den damit verbundenen Maßnahmen gehören automatische Brandmelde- und Videoüberwachungssysteme sowie vor allem komplexe Brandschutz- und Lüftungsanlagen. Zentrale Elemente dieser Systeme sind Tunnelklappen aus Edelstahl Rostfrei zur Be- und Entlüftung sowie zur Entrauchung.

Sie tragen maßgeblich dazu bei, die Zeitspanne zur Selbstretung zu verlängern und eine schnellere Brandbekämpfung zu ermöglichen. Sobald Brandmelder Rauch bemerken, öffnen sich ferngesteuert in unmittelbarer Nähe des Brandherds zwei bis drei Tunnelklappen, während alle anderen Lüftungsklappen hochdicht verschlossen werden. Gleichzeitig stellen sich die Absaugventilatoren automatisch auf höchste Leistungsstufe um. So wird der Wirkungsgrad der Entrauchung im Umkreis von 200 m zum konkreten Brandort maximal ausgeschöpft, und nicht betroffene Tunnelabschnitte werden vor giftigen Gasen und Rauch geschützt. Anzahl und Anordnung der Tunnelklappen müssen auf die jeweiligen Tunnelparameter ausgelegt werden. Berücksichtigung finden hierbei Eigenschaften wie Länge, Anzahl der Röhren, Verkehrsdichte und -art, Steigung oder Gefälle, Anteil von LKW und Gefahrguttransporten. Um eine effiziente Entrauchung zu gewährleisten, werden die Klappen im Abstand von circa 50 m zueinander in einer betonierten Zwischendecke installiert.

Extreme Belastung

Im Brandfall müssen Tunnelklappen bis zu 120 Minuten lang einer Temperatur von 400 °C, heißen Rauchgasen und Löschwasser voll funktionsfähig standhalten. Doch auch im Normalbetrieb stellen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen, aggressive, schwefelige Abgase sowie Vibrationen, Staub, Schmutz und Streusalz höchste Anforderungen an die eingesetzten Komponenten und Werkstoffe. Herausforderungen, die Edelstahl Rostfrei mit Qualitätssiegel erfüllt: Gängige Werkstoffgüte für

Ventilation and Smoke Extraction

Durable Tunnel Dampers of stainless Steel

After a number of tunnel fires with serious consequences around the turn of the millennium, the EU tunnel directive of 2004 and the German guidelines for the equipment and operation of road tunnels (RABT) 2006 laid down explicit standards for new tunnels and upgrading of safety equipment in existing tunnels.

Targeted smoke extraction

The associated measures include automatic fire detection and video surveillance systems as well as above all complex fire protection and ventilation systems. Central elements of such installations are tunnel dampers of stainless steel to control air supply and extraction and also smoke extraction.

These make an essential contribution to extending the time available for escape and enabling prompt fire fighting. As soon as smoke detectors detect smoke, two to three tunnel dampers in the immediate vicinity of the source of the fire open by remote control, while all other dampers are closed completely airtight. At the same time, the extract fans automatically switch to maximum power. This exploits the maximum effectiveness of smoke extraction in a zone of 200 m around the actual fire location, and unaffected tunnel sections are protected from poisonous gases and smoke. The number and arrangement of the tunnel dampers has to be designed for the relevant tunnel parameters, taking into account properties like length, number of bores, traffic density and type, uphill or downhill gradient, number of trucks and dangerous goods transporters. In order to ensure efficient smoke extraction, dampers are installed at a spacing of about 50 m from each other in a concrete intermediate slab.

Extreme exposure

In case of a fire, tunnel dampers have to resist a temperature of 400 °C, hot smoke gases and fire extinguishing water for up to 120 minutes and maintain full function. But even in normal operation, temperature and moisture fluctuations, aggressive, sulphurous exhaust gases and vibration, dust, dirt and de-icing salt pose great challenges for the components and materials used. Challenges, which stainless steel with quality mark fulfil: the usual material grade for the required extreme corrosion, heat and pressure resistance of tunnel dampers with their associated bearings and sealing elements is non-rusting and acid-resistant 1.4571 steel. Its good forming and welding capabilities are also reasons for its use regarding economic production and precise processing. For load-bearing construction elements such as nuts and bolts, higher grades are specified. Thanks to their low maintenance demand, long lifetime and the highest degree of temperature and corrosion resistance, tunnel dampers of non-rusting stainless steel can perform their function reliably over decades. 

Mago-Tunnelbau-
Dämmplatten
Lastverteilungsplatten
für den Tunnelbau



In folgenden Objekten erfolgreich eingesetzt:

Katzenberg-Tunnel, Efringen-Kirchen,
City-Tunnel, Leipzig
Finne-Tunnel, Weimar
Kaiser-Wilhelm-Tunnel, Cochem
U-Bahn-Linie 4, Hamburg
Brenner-Zulaufstrecke Nord
Sluiskil-Tunnel, Terneuzen (NL)
Stadtbahn-Tunnel, Karlsruhe
Boßlertunnel, Wendlingen-Ulm
Koralmtunnel KA T3, Steiermark

Fordern Sie Prüfzertifikate und Zeugnisse an:

www.holz michael.de
info@holz michael.de
Telefon: (+49) 0441/88591-98 Fax: -99

die geforderte extreme Korrosions-, Hitze- und Druckbeständigkeit von Tunnelklappen und den dazugehörigen Lager- und Dichtelementen ist rostfreier und säurebeständiger 1.4571-Stahl. Seine gute Verform- und Schweißbarkeit sprechen auch mit Blick auf eine wirtschaftliche Fertigung und präzise Verarbeitung für seinen Einsatz. Für tragende Bauteile wie Schrauben und Muttern sind höherwertige Güten vorgeschrieben. Dank Wartungsarmut, Langlebigkeit und einem Höchstmaß an Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit erfüllen Tunnelklappen aus nichtrostendem Stahl über Jahrzehnte zuverlässig ihre Funktion. 



Quelle/credit: Warenzeichenverband Edelstahl Rostfrei/Sirocco Luft- und Umwelttechnik

Stahlklappen zur Be- und Entlüftung sowie zur Entrauchung sind zentrale Elemente komplexer Brandschutz- und Lüftungsanlagen in Tunneln

Steel dampers for air supply and extraction as well as smoke extraction are a central element of fire protection in tunnels

 **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

tunnel eMagazine



TO ORDER

CALL US

+49 5241 80-90884

OR SEND US AN EMAIL

customer-service@bauverlag.de

Subscribe
NOW!

tunnel

Official Journal of the STUVA

5. Stuttgarter Tunnel-Baurechtsseminar

Ausschreibungen und Vertragsfragen im Tunnelbau
IBZ Eulenhof, Universität
Stuttgart, Deutschland
20.01.2016

Kontakt:

Institut für Baubetriebslehre
Tel.: +49 711/685 66-145
Fax: +49 711/685 66-967
ibl@ibl.uni-stuttgart.de
www.ibl.uni-stuttgart.de/
stbs2016.html

2. Fachmesse bui – Brünig Untertag Innovation

Brünig Park Lungern, Schweiz
04.–05.02.2016
Tel.: +41 41/679 77-99
Fax: +41 41/679 77-75
bui@bruenigpark.ch
www.bui-expo.ch

Microtunnelling Short Course

University of Colorado,
Boulder, CO, USA
09.–11.02.2016

Contact:

Benjamin Media
Tel.: +1 330/467 7588
Fax: +1 330/468 2289
vminer@benjaminmedia.com
www.benjaminmedia.com

23. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium/ 23rd Conference on Geotechnics in Darmstadt

Technische Universität
Darmstadt, Germany
10.03.2016
Tel.: +49 6151/16 22 49
Fax: +49 6151/16 66 83
fischer@geotechnik.
tu-darmstadt.de
www.geotechnik.
tu-darmstadt.de

6th International Symposium of Tunnels and Underground Structures in South-East Europe

Urban Underground Structures in Karst
Radisson Blu Resort,
Split, Croatia
16.–18.03.2016

Contact:

Symposium Secretariat;
Ms Sanela Kovačević
Tel.: +385-1-6130-063
Mobile: +385-99-6130-063
sanela.kovacevic@hubitg.com
www.itacroatia.eu

7th International Symposium on Tunnel Safety and Security

Montreal Marriott Chateau
Champlain, Montreal, Canada
16.–18.03.2016

Contact:

AQTr; Josiane Lamarre
Tel.: +1 514/523 6444-326
logistique@AQTr.qc.ca
www.istss.se/en

Bauma 2016

31st Trade Fair for Construction, Building Material, Mining Machines, Construction Vehicles and Equipment
Messe München/Munich,
Germany
11.–17.04.2016

Contact:

Aussteller/Exhibitors
Tel.: +49 89 949-20267
Fax: +49 89 949-20269
exhibiting@bauma.de
Besucher/Visitors
Tel.: +49 89 949-11348
Fax: +49 89 949-11349
info@bauma.de
www.bauma.de

2. Felsmechanik-Tag

Felsmechanische Fragestellungen beim Bahnprojekt Stuttgart–Ulm
WBI-Center, Weinheim
(Bergstr.), Deutschland
14.04.2016
Tel.: +49 6201/25990
wbi@wbionline.de
www.felsmechanik.eu

World Tunnel Congress 2016

Uniting the Industry
Moscone Center,
San Francisco, California, USA
22.–28.04.2016
Tel.: +1 303/948-4200
meetings@smenet.org
www.wtc2016.us

13th International Conference Underground Construction Prague 2016

(+ 3rd Eastern European Tunnelling Conference, EETC)
Clarion Congress Hotel,
Prague, Czech Republic
23.–25.05.2016

Contact:

Guarant International spol. s r. o.
Tel.: +420/284 001 444
Fax: +420/284 001 448
ps2016@guarant.cz,
www.ucprague.com
www.ita-aites.cz

Roads, Bridges and Tunnels Fair

Congresium, Ankara, Turkey
26.–28.05.2016
Tel.: +90 312 440 41 55
Fax: +90 312 440 41 54
iletisim@road2tunnel.com
www.road2tunnel.com

Eurock 2016

ISRM International Symposium: Rock Mechanics & Rock Engineering – From the Past to the Future
Perissia Hotel & Convention
Center, Ürgüp, Cappadocia,
Turkey
29.–31.08.2016

Contact:

Asterya Events Management
Tel.: +90 312/2101545
Fax: +90 312/4409525
info@eurock2016.org
www.eurock2016.org

34. Baugrundtagung

mit Fachausstellung Geotechnik
Stadthalle Bielefeld,
Deutschland
14.–17.9.2016

Kontakt:

Wissenschaftl. Tagung
Deutsche Gesellschaft für
Geotechnik
Tel.: +49 201/78 27 23
Fax: +49 201/78 27 43
service@dggt.de
www.dggt.de
Fachausstellung
Interplan AG
Telefon: +49 40/32 50 92-41
Telefax: +49 40/32 50 92-44
baugrundtagung@interplan.de
www.baugrundtagung.com

InnoTrans 2016

International Trade Fair for Transport Technology
(+ International Tunnel Forum, STUVA)
Messe Berlin, Germany
20.–23.09.2016
Tel.: +49 30/3038-2376
Fax: +49 30/3038-2190
innotrans@messe-berlin.de
www.innotrans.com

Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	37
Babendererde Engineers GmbH, Bad Schwartau/D	www.babeng.com	51
BASF SE, Ludwigshafen/D	www.ugc.basf.com	U3
bui Brüning Untertag Innovation, Lungern/CH	www.bui-expo.ch	31
CREG TBM Germany GmbH, Erkelenz/D	www.creg-germany.com	U4
DB International GmbH, Berlin/D	www.db-international.de	07
Desoi GmbH, Kalbach/D	www.desoi.de	29
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	33
Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, Stadtlohn/D	www.duecker.de	09

Advertisers	Internet	Page
HeidelbergCement AG, Heidelberg/D	www.heidelbergcement.com	05
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D	www.hoelscher-wasserbau.de	09
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.ms-dresden.de	03
Michael GmbH, Oldenburg/D	www.holz-michael.de	52
Relux Informatik AG, Münchenstein/CH	www.relux.com	21
Sika Services AG, Zürich/CH	www.sika.com	13
Swiss Tunnel Congress 2016, Luzern/CH	www.swisstunnel.ch	BL
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	31

bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 34. Jahrgang / 34th Year
www.tunnel-online.info

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

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

Chefredakteur / Editor in Chief:
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:
Ursula Landwehr
Phone: +49 5241 80-1943
E-Mail: ursula.landwehr@bauverlag.de
Gaby Porten
Phone: +49 5241 80-2162
E-Mail: gaby.porten@bauverlag.de

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

Anzeigenleiter / Advertisement Manager:
Erdal Top
Phone: +49 5241 80-2179
E-Mail: erdal.top@bauverlag.de
(verantwortlich für den Anzeigenteil/
responsible for advertisement)
Rita Srowig
Phone: +49 5241 80-2401
E-Mail: rita.srowig@bauverlag.de
Fax: +49 5241 80-62401
Maria Schröder
Phone: +49 5241 80-2386
E-Mail: maria.schroeder@bauverlag.de
Fax: +49 5241 80-62386

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

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

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

USA/Canada:
Detlef Fox, D. A. Fox Advertising Sales, Inc.
5 Penn Plaza, 19th Floor, New York, NY 10001
Phone: 001-212-896-3881,
Fax: 001-212-629-3988,
E-Mail: detleffox@comcast.net

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

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

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

Bezugspreise und -zeit / Subscription rates and period:

Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr/
Tunnel is published with 8 issues per year.
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten)/
Annual subscription (including postage):
Inland / Germany € 161,00
Studenten / Students € 97,00
Ausland / Other Countries € 171,00
Einzelheft / Single Issue € 26,00
(inklusive Versandkosten / including postage)
eMagazine € 98,50

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

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

Combined subscription for Tunnel + THIS including postage:
€ 212,20 (outside Germany: € 218,80).

(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit 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 consent of the publishers is liable to punishment. This also applies for recording and transmission in the form of data. The general terms and conditions of the Bauverlag are to be found in full at www.bauverlag.de

Druck/Printers:
Merkur Druck, D-32758 Detmold

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



SAFE, EFFICIENT, RELIABLE, DURABLE, PERFORMING
SUSTAINABLE, ECONOMICAL, GROUND SUPPORTING
GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING, DESIGN
OPTIMIZING, FLEXIBLE, STRONG, WORKABLE, LOW
REBOUND, WATER STOPPING, GROUND SUPPORTING
SAFE, PERFORMING, EFFICIENT, STRONG, WORKABLE
RELIABLE, FLEXIBLE, DESIGN OPTIMIZING, DURABLE
ECONOMICAL, GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING
SUSTAINABLE, WATER STOPPING, WATERPROOFING
RELIABLE, FLEXIBLE, DESIGN OPTIMIZING, LOW REBOUND
ECONOMICAL, GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING
SUSTAINABLE, GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING



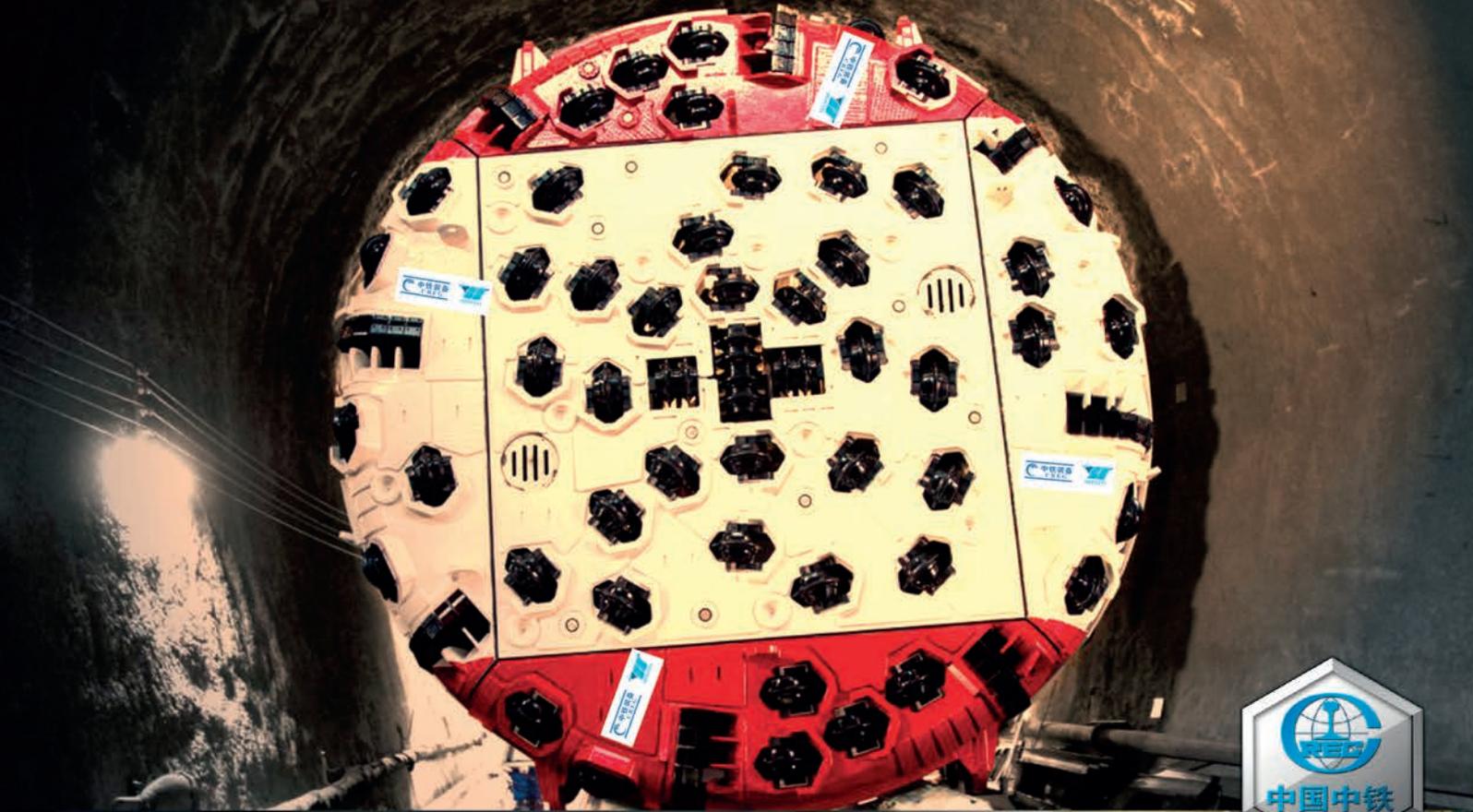
I NEED SAFE AND EFFICIENT TUNNELING.

Safety and performance are BASF's first priorities in tunneling. This calls for specialized engineering support, application know-how and state of the art chemistry. BASF can fulfill your needs with its Master Builders Solutions. Whether you are looking for ground support & consolidation, an efficient TBM or waterproofing, our leading global expertise in sprayed concrete, injection, mechanized tunneling solutions and membrane technology will help you build your tunnel safely and economically.

For more information please visit www.ugc.basf.com

 **BASF**

The Chemical Company



Ø 8.03m CREG Gripper TBM

— Water Transfer Tunnel —

Geology is composed of limestone, granite, siltstone and tuff with rock strength of 40–140 MPa. The cutter head, equipped with 19” cutters, is designed to suit with the large variety of different rock conditions. The state of the art designed TBM is adapted to the project conditions and has an excellent performance despite of several fault zones and large quantity water inflow.

In 15th August the TBM has reached a performance of 738m per month and in the first three months it excavated a distance of more than 2000m.



+ China:

Contact: cregoverseas@crectbm.com

Phone: +86 371 60608837

Address:

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

+ Asia & Africa:

Contact: enquiries@cte-limited.com

Phone: +603 7954 0314

Address:

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

+ Europe&Latin American:

Contact: info@creg-germany.com

Phone: +49 2431 9011 533

Address:

CREG TBM Germany GmbH
Jülicherstraße 10–12
41812 Erkelenz
Germany

Website: www.crectbm.com