TUME-info

1 February

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2017

Stuttgart–Ulm Rail Project: Imberg Tunnel | 6
Pipe Jacking beneath Rail Tracks – special Demands | 22
ITA Awards and TUCSS Symposium in Singapore | 38



bau verlag
Wir geben Ideen Raum

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

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

Kompetenz in industriellen Netzwerken.

Tunnel 1/2017 Inhalt Contents

tunnel 1/17

Offizielles Organ der STUVA www.stuva.de



Unter dem Begriff Rohrvortrieb werden verschiedene Verfahren zur Herstellung von Rohrleitungssträngen subsumiert. Die üblichen Vortriebsverfahren für größere Durchmesser (Großrohrvortrieb) basieren auf Grundprinzipien, die zwar eine klare Abgrenzung zum maschinellen Tunnelbau ermöglichen, aber auch wesentliche Gemeinsamkeiten beinhalten

The term pipe jacking embraces various methods for producing pipeline strings. The common driving methods for larger diameters (large-diameter pipe jacking) are based on principles, which enable a clear distinction to be drawn with mechanised tunnelling but nevertheless exhibit substantial common features

Quelle/credit: DB Netz AG

(Seite/page 22)

Title

Neubaustrecke Wendlingen–Ulm, Tunnel Imberg: Die in offener Bauweise erstellten Abschnitte bestehen aus einer Ortbetonschale, die aus bewehrtem Beton C35/45 als wasserundurchlässige Betonkonstruktion hergestellt wurde. Das Titelbild zeigt den Baubeginn des südlichen Tunnelabschnitts in offener Bauweise

New Wendlingen–Ulm rail link, Imberg Tunnel: The cut-and-cover sections consist of an in situ concrete shell, which was created from reinforced concrete C35/45 as a watertight concrete structure. The cover picture shows the start of construction at the cut-and-cover construction section South

Quelle/credit: DB Projekt Stuttgart-Ulm

(Seite/page 6)

Nachrichten / News

Hauptbeiträge	/Main Articles
---------------	----------------

Bahnprojekt Stuttgart–Ulm: Tunnel ImbergStuttgart–Ulm Rail Project: Imberg Tunnel *Dr.-Ing. Stefan Kielbassa, Dipl.-Ing. Thomas Perlwitz, Mag. Martin Tröscher*

Besondere Anforderungen für den Rohrvortrieb unter Bahngleisen
Special Demands for Pipe Jacking beneath Rail Tracks
Dipl.-Ing. Dennis Edelhoff MBA, Dipl.-Ing. Carsten Peter, Dipl.-Ing. Georg Padberg

2

6

22

36

38

49

Fachtagungen / Conferences

Forum Tunnelbau, Aachen: Technische, vertragliche und finanzielle
Herausforderungen bei Großprojekten
Forum on Tunnelling in Aachen: Technical, contractual and financial
Challenges of major Projects

ITA Awards 2016 in Singapur

TUCSS Tunnelbau-Symposium in Singapur 44

STUVA-Nachrichten / STUVA News

TUCSS Tunnelling Symposium in Singapore

Informationen / Information

Veranstaltungskalender / Event Calendar63Impressum / Imprint64

Nachrichten News Tunnel 1/2017

Deutschland

Martin Herrenknecht empfängt Werner-von-Siemens-Ring

Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht nahm am 13. Dezember 2016 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften den Wernervon-Siemens-Ring als eine der höchsten ingenieurtechnischen Auszeichnungen entgegen. Die Stiftung Wernervon-Siemens-Ring hebt Martin Herrenknechts Innovationskraft bei der Entwicklung von Tunnelbohrmaschinen hervor und ehrt die technische Pionierleistung bei der Umsetzung wegweisender ingenieurbaulicher Großprojekte im maschinellen Tunnelbau. Seit 100 Jahren geht der Wernervon-Siemens-Ring für herausragende Lebensleistungen an Erfinder- und Unternehmerpersönlichkeiten.

"Erfinder, Gründer, Technikpionier und Unternehmer"

Rund 250 Gäste aus Wissen-

schaft, Wirtschaft und Politik nahmen an der Preisverleihung in der Akademie der Wissenschaften teil. Die Festrede hielt Nobelpreisträger und Chemiker Prof. Dr. Stefan Hell. Vizekanzler und Bundesminister für Wirtschaft und Energie Sigmar Gabriel würdigte in seinem Grußwort die Leistung von Martin Herrenknecht: "Damit bei uns auch in Zukunft Maßstäbe mit innovativen Produkten gesetzt werden, brauchen wir starke Forschungseinrichtungen, starke Unternehmen und einen regen Austausch. Als Erbauer der größten Tunnelbohrmaschinen der Welt ist Dr. Martin Herrenknecht in diesen Bereichen ein Vorbild: Er ist Erfinder und Gründer, Technikpionier und Unternehmer und mit dem Erfolg seines Unternehmens einer der Repräsentanten für die wirtschaftliche Stärke dieses Landes."

Prof. Dr.-Ing. E.h. Manfred Nußbaumer M. Sc., Mitglied des Stiftungsrats der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring und ehemaliger Vorstandsvorsitzender der Ed. Züblin AG, bescheinigte dem Unternehmer und Ingenieur aus Baden-Württemberg in seiner Laudatio besonderen Pioniergeist., Immer wieder haben Sie Neuland beschritten. Bei jeder Zusammenkunft war ich beeindruckt, mit welcher Energie Sie Ihre Ziele verfolgten und über welches

Germany

Martin Herrenknecht receives the Werner von Siemens Ring



Rund 250 Gäste waren bei der Verleihung des Werner-von-Siemens-Ringes anwesend. Unter ihnen der Bundesminister für Wirtschaft und Energie Sigmar Gabriel, Stiftungsrats-Vorsitzender Prof. Dr. Joachim Ullrich, Ringpreisträger Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht und Laudator Prof. Dr.-Ing. E.h. Manfred Nußbaumer M. Sc. (v. l.)

Around 250 guests were present at the Werner von Siemens Ring award ceremony. They included the German Federal Minister for Economic Affairs and Energy Sigmar Gabriel, Chairman of the Foundation Council Prof. Dr. Joachim Ullrich, ring prizewinner Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht and laudatory speaker Prof. Dr.-Ing. E.h. Manfred Nußbaumer M. Sc. (from left)

Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht accepted the Werner von Siemens Ring – one of the most prestigious technical engineering awards – on December 13, 2016 in the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities. The Werner von Siemens Ring Foundation highlighted Martin Herrenknecht's innovative strength in the development of tunnel boring machines and honored his technical pioneering spirit in the realization of groundbreaking engineering projects in mechanized tunnelling. For the past 100 years, the Werner von Siemens Ring has been awarded to inventors and entrepreneurs for outstanding achievements.

"Inventor, Founder, technical Pioneer and Entrepreneur"

Around 250 guests representing the areas of science, business and politics took part in the

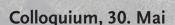
award ceremony at the Academy of Sciences and Humanities. The official speech was given by Nobel prize laureate and chemist Prof. Dr. Stefan Hell. Sigmar Gabriel, Germany's Vice-Chancellor and Federal Minister for Economic Affairs and Energy, lauded Martin Herrenknecht's achievements in his welcoming speech. "To ensure that we can also continue to set standards with innovative products in the future, we need strong research facilities, strong companies and lively exchange. As the manufacturer of the world's largest tunnel boring machines, Dr. Martin Herrenknecht is an exemplary figure in these areas: he is an inventor and founder, a technical pioneer and an entrepreneur, and with the success displayed by his company, he is one of the representatives of this country's economic strength."

In a laudatory speech about the ring bearer Martin Herrenknecht, Prof. Dr.-Ing. E.h. Manfred Nußbaumer M. Sc., member of the Foundation Council at the Werner von Siemens Ring Foundation and former chairman of the Board at Ed. Züblin AG, confirmed the pioneer spirit displayed by the entrepreneur and engineer from Baden-Württemberg. "You have repeatedly broken new ground. Every time we met, I was amazed at the energy with which you

SWISS TUNNEL CONGRESS 2017

Fachtagung für Untertagbau

Der Swiss Tunnel Congress ist die führende Veranstaltung in der Schweiz für den schweizerischen und internationalen Tunnelbau, mit tiefgehenden und umfangreichen Informationen aus erster Hand: Experten berichten auf dem diesjährigen 16. Kongress kritisch, offen und praxisnah über komplexe Problemstellungen, Erfahrungen und Lösungsstrategien bei aktuellen Tunnelbauprojekten.



Erhaltung und Erneuerung von Verkehrstunnels

Fachtagung, 31. Mai

Referate zu schweizerischen und internationalen Tunnelbauprojekten: Eppenbergtunnel, Sanierungstunnel Belchen, Gubristtunnel, Bözbergtunnel, Kollaps bei der Stadtbahn Köln, Alaskan Way, Semmering Basistunnel, Albvorlandtunnel, Oslo-Ski

Exkursionen, 1. Juni

Baustellen: Riedberg Tunnel, Belchentunnel, Eppenbergtunnel, Schlossparking Thun, Albulatunnel

Informationen zum Tagungsprogramm und Anmeldung:

www.swisstunnel.ch







FGU Fachgruppe für Untertagbau

Groupe spécialisé pour les travaux souterrains

Gruppo specializzato per lavori in sotterraneo

Swiss Tunnelling Society

Repertoire an Lösungsvarianten für das Auffahren von Tunneln Sie verfügten."

Aus den Händen von Prof. Dr. Joachim Ullrich, dem Vorsitzenden des Stiftungsrats und Präsidenten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, nahm Martin Herrenknecht seinen Werner-von-Siemens-Ring entgegen. "Es hat mich überrascht, dass ich diese Ehre erfahre. Insbesondere wenn ich auf die beeindruckende Reihe der Ringpreisträger blicke", sagte Herrenknecht. "Ohne die handfeste Unterstützung meiner Mutter bei der Unternehmensgründung, ohne das unermüdliche Verständnis meiner Familie mir als Unternehmer gegenüber, ohne das großartige Engagement meiner Ingenieure und Mitarbeiter weltweit wäre mir der Werner-von-Siemens-Ring vermutlich nicht zuerkannt worden", fuhr er fort."Wissenschaftler, Erfinder und Unternehmer haben ein besonderes Privileg und echte Verantwortung, da wir segensreichen Fortschritt bei vielen zentralen Herausforderungen herbeiführen können. Neue Tunnelinfrastrukturen und Tunnelvortriebstechnik sind zwar nur ein kleiner Ausschnitt hiervon, doch mit dieser Auszeichnung erfahren sie jetzt auch durch die Wissenschaft eine besondere Wertschätzung."

Aktuelle ingenieurtechnische Meilensteine im maschinellen Tunnelbau

In knapp 40 Jahren Unternehmensgeschichte meisterte Herrenknecht in Zusammenarbeit mit seinen Auftraggebern in über 80 Ländern mehr als 3100 Tunnelprojekte. Darunter die größten, die längsten, die kleinsten, die tiefsten – regelmäßig markieren neue Meilensteine den Fortschritt.

So zum Beispiel der ein Jahr vor Plan und im Budgetrahmen eröffnete Gotthard-Basistunnel in der Schweiz: Vier Herrenknecht-Gripper-Tunnelbohrmaschinen bohrten und sicherten acht Jahre lang mehr als 85 km neue Röhren für den Eisenbahntunnel, der im Dezember 2016 in den Regelbetrieb übergegangen ist.

Im türkischen Istanbul leisteten Mensch und Maschine bis August 2015 Pionierarbeit, um eine Tunnel-Verbindung zwischen Europa und Asien herzustellen. Der Eurasia-Straßentunnel unter dem Bosporus, der im Dezember 2016 eröffnet wurde, gilt als ingenieur- und bautechnischer Meilenstein. Nie zuvor grub ein Tunnelbohrer unter derart extremen Bedingungen: 106 m unter der Meerenge hielt der Mixschild mit 13,66 m Durchmesser einem Druck von bis zu 11 Bar trotz schwierigster Geologie sicher stand.

In Katars Hauptstadt Doha erbrachte ein Team aus internationalen Tunnelexperten mit 21 EPB-Schilden von Herrenknecht eine Pionierleistung, die alles in den Schatten stellt, was man bislang im städtischen Metrotunnelbau weltweit erreicht hat: In nur 26 Monaten erzielten die Baucrews insgesamt 76 Streckendurchbrüche auf 111 km Tunnellänge. In Hongkong ging 2015 eine Herrenknecht Supersize-TBM an den Start. Das 560 Tonnen schwere Mixschild, mit 17,6 m Durchmesser die bisher größte TBM weltweit, fertigte in weniger als acht Monaten 646 m Megatunnelröhre für einen neuen Straßentunnel unter dem Perlflussdelta.

pursued your goals and the wide range of possible solutions at your disposal for excavating tunnels."

Prof. Dr. Joachim Ullrich, the Chairman of the Foundation Council and President of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt, presented Martin Herrenknecht with his Werner von Siemens Ring. "I was surprised to receive this honour", said Herrenknecht, "especially when I consider the impressive range of ring bearers to date. "Without the substantial support given by my mother when establishing the company, without the untiring understanding of my family given to me as an entrepreneur, and without the fantastic commitment by my engineers and employees all over the world, I would most likely never have been considered for the Werner von Siemens Ring", he added. "Scientists, inventors and entrepreneurs have a special privilege and a genuine responsibility as we are capable of bringing beneficial progress to many key challenges. Although new tunnel infrastructures and tunnelling technology are only a small excerpt thereof, this award means that they will also be attributed special acknowledgement by science."

Current technical Engineering Milestones in mechanized Tunnelling

In almost 40 years of its corporate history, Herrenknecht has mastered more than 3100 tunnel projects in over 80 countries in collaboration with its customers. These include the largest, longest, smallest and deepest projects – with progress regularly marked by new milestones.

Opened a year ahead of schedule and within budget, the Gotthard Base Tunnel in Switzerland is regarded as a truly epoch-making construction. Over a period of eight years, four Herrenknecht Gripper TBMs bored and secured more than 85 km of new tubes for the new railway tunnel which went into regular operation in December 2016.

In Istanbul, Turkey, pioneer work was achieved by man and machines until August 2015 in an effort to build a tunnel link between Europe and Asia. The Eurasia road tunnel under the Bosporus, which was opened in December 2016, is regarded as a milestone in engineering and construction. Never before had a tunnel borer worked under such extreme conditions: 106 m under the strait, the Mixshield with a diameter of 13.66 m steadfastly withstood pressures of up to 11 bar despite the most difficult geological conditions.

In Doha, the capital of Qatar, a championship team of international tunnelling experts offered a superlative performance featuring 21 EPB Shields supplied by Herrenknecht. In a mere 26 months, the construction crews completed a total of 76 breakthroughs along the 111-kilometer tunnel alignments – a pioneer achievement which outshines any other metro tunnel project in the world up to now. A supersized Herrenknecht TBM started its mission in Hong Kong in 2015. Weighing in at 560 tons and with a diameter of 17.6 m, this Mixshield is the largest TBM ever built to date and completed 646 m of mega-tunnel tube for a new road tunnel under the Pearl River Delta in less than eight months.

Tunnel 1/2017 Nachrichten News 5

Schweiz

Renzo Simoni gibt Leitung der AlpTransit Gotthard AG ab

Der Schweizer Bundesrat hat am 9. Dezember 2016 Renzo Simoni, Vorsitzender der Geschäftsleitung der AlpTransit Gotthard AG (ATG), zum Staatsvertreter im Verwaltungsrat des teilprivatisierten Telekommunikationsunternehmens Swisscom bestimmt. Renzo Simoni wird deshalb Ende Juni 2017 die operative Leitung der ATG nach mehr als zehnjähriger Tätigkeit abgeben. Der Verwaltungsrat hat die Regelung der Nachfolge in die Wege geleitet.

Renzo Simoni, promovierter Bauingenieur ETH, ist seit April 2007 Vorsitzender der Geschäftsleitung der ATG – Bauherrin der NEAT-Achse Gotthard mit den Basistunneln am Gotthard und Ceneri. 1998 gegründet, beschäftigt die Tochtergesellschaft der SBB heute am Hauptsitz in Luzern und an den Außenstellen in Altdorf, Sedrun und Bellinzona rund 150 Mitarbeitende.

Unter Simonis Leitung wurde der Gotthard-Basistunnel (GBT) fertig ausgebrochen, ausgerüstet und getestet. Von 2007 bis im Anfang 2016 wurde zudem der Ceneri-Basistunnel im Spreng-



Nach mehr als zehn Jahren gibt Renzo Simoni Ende Juni 2017 die Leitung der ATG ab

After more than ten years, Renzo Simoni is stepping down as the ATG's top executive at the end of June 2017

vortrieb komplett ausgebrochen. Am 1. Juni 2016 wurde der GBT feierlich eröffnet. An diesem Tag hat die AlpTransit Gotthard den Tunnel der SBB übergeben. Seit dem 11. Dezember ist der GBT fahrplanmäßig in Betrieb.

ATG-Verwaltungsratspräsident Werner Marti dankte Renzo Simoni "für seinen großen und wertvollen Einsatz. Unter seiner Führung können wir auf eine überaus erfolgreiche Zeit in der Geschichte des Jahrhundertbauwerks zurückblicken."

Switzerland

Renzo Simoni steps down as Head of AlpTransit Gotthard AG

On December 9, 2016, the Swiss Federal Council appointed Renzo Simoni, CEO of the AlpTransit Gotthard AG (ATG), to represent the state in the governing board of the partially privatised Swisscom telecommunications company. At the end of June 2017 Renzo Simoni will vacate his role of heading the ATG after a more than ten-year long tenure. The governing board has already adopted measures to arrange for a successor.

Renzo Simoni, who graduated as a civil engineer at the Swiss Federal Institute of Technology (ETH), has chaired the ATG board since April 2007. The ATG has been responsible for building the Gotthard artery passing through the Alps together with the Gotthard and Ceneri Base Tunnels. Set up in 1998, today the SBB subsidiary employs a workforce of around 150 at its headquarters in Lucerne and its field offices in Altdorf, Sedrun and Bellinzona.

Under Simoni's guidance the Gotthard Base Tunnel (GBT) was completely excavated, furnished and tested. From 2007 to early 2016, the Ceneri Base Tunnel was also completely driven by means of drill+blast. On June 1, 2016, the GBT was ceremoniously declared open. The AlpTransit Gotthard officially handed over the tunnel to the SBB on the same day. Regular train services have been passing through the GBT since December 11.

ATG governing board chairman Werner Marti thanked Renzo Simoni: "for his great and invaluable contribution. Under his leadership, we've been able to look back on a thoroughly successful period in the history of this work of the century".



Innovativer - Kompetenter - Zuverlässiger

Gemeinsam stärker

im Tunnelbau

Schläuche · Armaturen · Zubehör für:

hoses · fittings · equipment for:

§

Pressluft compressed air Wasser water

Beton

concrete





Salweidenbecke 2 I 44894 Bochum, Germany Tel. +49 (0)234/58873-73 Fax +49 (0)234/58873-10 info@techno-bochum.de www.techno-bochum.de

Bahnprojekt Stuttgart-Ulm: Tunnel Imberg

Der Tunnel Imberg liegt auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb, die von der neuen Hochgeschwindigkeitsstrecke Wendlingen–UIm gequert wird. Über das Großprojekt und den Planfeststellungsabschnitt PFA 2.3 Albhochfläche wurde bereits im *tunnel* berichtet [1]. Mit 499 m Gesamtlänge zählt der Tunnel Imberg zu den kürzeren Tunneln des Bahnprojekts. Die Durchfahrtzeit des ICE wird nur ca. 7 Sekunden betragen.

Stuttgart-Ulm Rail Project: Imberg Tunnel

The Imberg Tunnel is located on the Swabian Alb plateau, which is crossed by the new Wendlingen–Ulm rail link. This journal has already reported on this major project and the plan approval section PFA 2.3 Alb Plateau [1]. The Imberg Tunnel is 499 m long, which means it is numbered among the shortest for the Stuttgart–Ulm rail project. The ICE will only need roughly 7 seconds to pass through the tunnel.

Dr.-Ing. Stefan Kielbassa, Leiter Projektabschnitt 7/ Manager Project Section 7 (PFA 2.3, PFA 2.4 & PFA 2.5a1),
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, Stuttgart, Deutschland/Germany

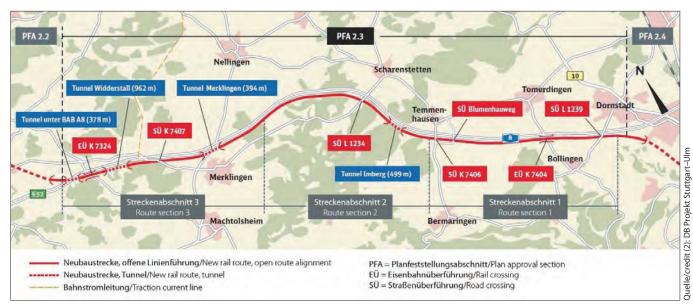
Dipl.-Ing. Thomas Perlwitz, Projektingenieur/Project Engineer Tunnel PFA 2.3 "Albhochfläche",

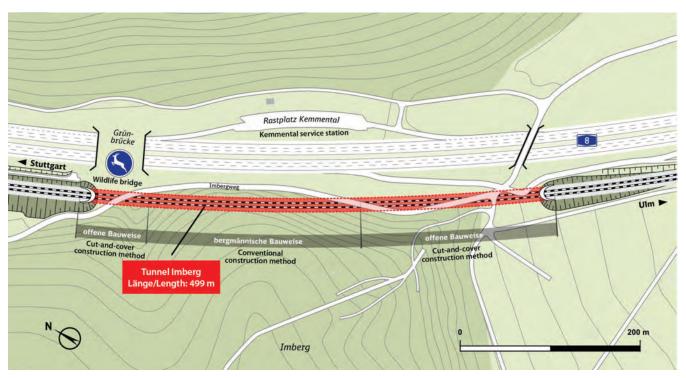
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, Stuttgart, Deutschland/Germany

Mag. Martin Tröscher, Leiter Geologie der Bauüberwachung NBS Wendlingen–Ulm PFA 2.3/ in charge of the Geology for Monitoring Construction for the new Wendlingen–Ulm line PFA 2.3, Merklingen, Deutschland/Germany

Die Lage des Tunnels im zweiten Streckenabschnitt des rund 21 km langen Planfeststellungsabschnitts ist **Bild 1** zu entnehmen. Topografische Randbedingungen definieren die Erstreckung des 220 m zentralen Bauabschnitts, der in bergmännischer Bauweise aufgefahren wird. Beiderseits daran anschließend verlängern Abschnitte in offener Bauweise den Tunnel (**Bild 2**). Auf der Südseite ist dies

The position of the tunnel in the second contract section of the around 23 km long plan approval section can be seen in **Fig. 1**. Topographical marginal conditions define the length of the 220 m central construction section, which is driven by conventional means. Cut-and-cover sections extend the tunnel at both sides **(Fig. 2)**. On the south side this is defined by the planned or rebuilt road network;





2 Lageplan Tunnel Imberg General plan of the Imberg Tunnel

Tunnel 1/2017

durch das geplante bzw. wiederherzustellende Wegenetz bedingt; auf der Nordseite muss ein stark frequentierter Wildwechsel über die Bahnstrecke geführt werden. Dieser wird im Anschluss mit einer Grünbrücke auch über die Autobahn A8 fortgesetzt.

Aufgrund des zweigleisigen Streckenverlaufs benötigt der Tunnel mit rund 140 m² einen deutlich größeren Querschnitt als die langen Tunnel des Projektes, die aus zwei eingleisigen Röhren bestehen. **Bild 3** zeigt beide Querschnitte des Imbergtunnels, in offener sowie in bergmännischer Bauweise.

Geologie

Zur Baugrunderkundung in der Entwurfsphase wurden im Bereich des Tunnels Imberg 18 Kernbohrungen abgeteuft, um ein Bild des anstehenden Gebirges zu erhalten. Die Gesteine des Weißjura auf der Schwäbischen Alb treten aufgrund ihrer Entstehung einerseits als massige Fazies in Form von Kalksteinen des Oberen Massenkalkes in Erscheinung, andererseits als geschichtete Fazies in Form von Kalk- und Mergelsteinen des Kimmeridgiums. Die massigen Gesteine sind dabei als stark verkarstungsfähig und die gebankten Gesteine als mäßig verkarstungsfähig einzustufen. Als Deckschicht über dem Weißjuragebirge treten vor allem quartäre Alblehme/Lößlehme und Hangschutt zu Tage. Der geologische Längsschnitt ist in **Bild 4** dargestellt.

Herstellung der Voreinschnitte

Die Voreinschnitte Nord (79 m lang) und Süd (200 m lang) wurden bis auf Höhe der späteren Kalottensohle zeitgleich hergestellt; der Ausbruch erfolgte mittels Bagger. Als Böschungssicherung gegen Steinschlag wurde ein Stahlnetz angebracht, das bei statischer at the north side a highly frequented game pass that crosses the track has to be catered for. Subsequently the latter will be continued in the form of a wildlife bridge over the A8 motorway.

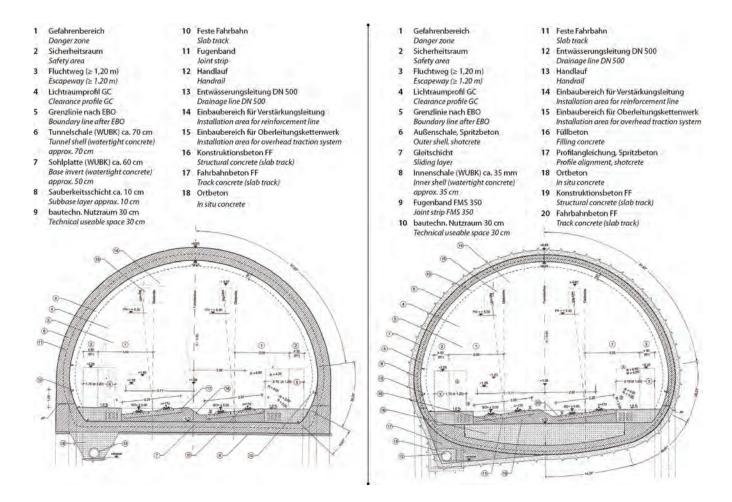
On account of the twin-track setup, the tunnel cross-section amounts to roughly 140 m², which is substantially larger than those of the longer tunnels in the project, which consist of two single-bore tubes. **Fig. 3** shows the two cross-sections of the Imberg Tunnel, for the cut-and-cover and the conventional tunnelling section.

Geology

18 core drill holes were sunk in the area designated for the Imberg Tunnel to investigate the soil during the design phase in order to obtain an overview of the prevailing rock. Due to their formation, the White Jura rocks of the Swabian Alb occur on the one hand as massive facies in the form of Upper Reef Limestones and on the other as stratified facies in the form of Kimmeridgian limestones and marls. In this connection, the massive rocks can be classified as highly prone to karstification and the stratified rocks as moderately prone. As a covering layer above the White Jura rock, there are mainly quaternary Alb loams/loess loams and talus material. **Fig. 4** depicts the geological longitudinal section.

Producing the Precuts

The precuts North (79 m long) and South (200 m long) were produced at the same time to reach the level of the future crown invert; tunnelling was accomplished by excavators. A steel mesh was set in place to secure the slope against rock bursts, which was attached to the front wall and the flanks of the precut to provide stability



3 Querschnitte Tunnel Imberg: links offene Bauweise, rechts bergmännische Bauweise Imberg Tunnel cross-sections: cut-and-cover section (left) and conventional tunnelling section (right)

Erfordernis mit Ankern an der Stirnwand und den Flanken der Voreinschnitte befestigt wurde. In Bereichen mit starker Verwitterung oder Zersetzung und dort, wo die Böschungsflanken überwiegend aus Alblehm bestanden, wurde die Oberfläche zusätzlich zu dem geankerten Stahlnetz mit Spritzbeton versiegelt.

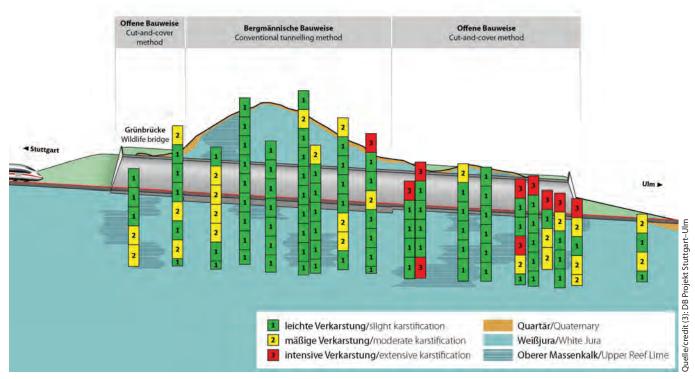
Von der Ebene der späteren Kalottensohle aus wurden die Portalsicherungskränze, die Rohrschirme und die Ortsbrustanker eingebaut sowie die Luftbogenstrecken in Gräben bis zur Verschneidung mit der Unterkante der Tunnelsohle hergestellt. Danach erfolgte der Ausbruch der Voreinschnitte bis zur späteren Strossensohle. Zur Vorbereitung des Kalottenvortriebs wurde anschließend mit Rampen wieder bis zur Kalottensohle aufgefüllt (Bild 5).

Im weiteren Verlauf wurde der Voreinschnitt Süd für den Tunnel in offener Bauweise verlängert. Hier traf man auf massiven gebankten Kalk des Kimmeridgiums und großflächige Bereiche des oberen Massenkalks. Diese Formationen lassen sich nicht mit dem Bagger lösen und wurden daher in vier Flächensprengungen mit Tiefen von je etwa 1 m gelockert. Verbliebene größere Felsstücke wurden nachträglich mit dem Meißel zerkleinert.

Zum Schutz der Baugrubensohle wurde der Ausbruch vorerst nur bis ca. 50 cm über Endtiefe ausgeführt. Erst mit Beginn der Herstellung der Sohle erfolgte der Ausbruch bis zur Endtiefe. as required. In addition to the anchored steel mesh the surface was sealed with shotcrete in areas strongly affected by weathering or alteration and at places where the embankment flanks largely consisted of Alb loam.

The portal support rings, the pipe umbrellas and face rock bolts were installed from the subsequent crown invert level along with the suspended arch sections in trenches until they intersected with the lower edge of the tunnel invert. Subsequently, the precuts were excavated until the future bench invert was reached. Then ramps were again used for filling up to crown invert level in order to prepare for the crown excavation (**Fig. 5**).

Subsequently the precut South for the tunnel was extended by means of cut-and-cover. Massive beds of Kimmeridgian lime and extensive areas of Upper Reef Limestone were encountered here. These formations cannot be tackled by excavator so that they had to be loosened through four surface blasting phases at depths of roughly 1 m. Any large pieces of rock that remained were then removed by chisel. Initially the excavation was only executed to roughly 50 cm above the ultimate depth in order to protect the construction trench invert. The excavation to arrive at the final depth was first tackled when work on the floor commenced.



4 Geologischer Längsschnitt
Geological longitudinal section

Vortrieb

Der Ausbruch im bergmännischen Vortrieb erfolgte in drei Teilquerschnitten (Kalotte, Strosse, Sohle) jeweils über die ganze Tunnellänge, bevor der nächste Teilquerschnitt aufgefahren wurde. Je nach Vortriebsklasse betrug der Ausbruchquerschnitt der Kalotte ca. 66 m², der Strosse ca. 45 m² und der Sohle ca. 33 m². Aufgrund der geologischen Voruntersuchungen wurden für den Vortrieb fünf Vortriebsklassen (VKL) mit nachstehenden Sicherungsmitteln vorgesehen (exemplarisch hier nur für den Kalottenvortrieb beschrieben):

• VKL 4-1: Ausbaubögen, bewehrter Spritzbeton 15 cm, Sys-

temankerung, Abschlagslänge 2 m

- VKL 4-2: wie zuvor beschrieben, jedoch Spritzbeton 20 cm, Abschlagslänge 1,5 m
- VKL 6-1: wie zuvor beschrieben, jedoch Spritzbeton
 25 cm, Abschlagslänge
 1,3 m, Spießschirm 90 Grad
- VKL 7-1: wie zuvor beschrieben, jedoch Abschlagslänge 1 m mit Brustkeil, 5–10 cm bewehrter Spritzbeton als Ortsbrustsicherung, Ortsbrustanker, Spießschirm 120 Grad

Tunnelling

The excavation by conventional means took place in three part-sections (crown, bench, and invert) in each case over the entire length of the tunnel prior to embarking on the next part-section. The excavated cross-section of the crown amounted to approx. 66 m², the bench approx. 45 m² and the invert approx. 33 m², depending on the excavation and support type.

Based on the advance geological investigations five excavation and support types (ST) with subsequent supporting elements were foreseen for tunnelling (described here exemplarily only for the crown drive):

- ST 4-1: support arches, reinforced shotcrete 15 cm, anchoring system, length of advance 2 m
 - ST 4-2: as described above, but with shotcrete 20 cm, length of advance 1.5 m
 - ST 6-1: as described above, but with shotcrete 25 cm, length of advance 1.3 m, spile umbrella 90 degrees
 - ST 7-1: as described above, but with length of advance 1 m with face wedge, 5–10 cm of reinforced shotcrete as face support, face bolts, spile umbrella 120 degrees



5 Aushubarbeiten am Voreinschnitt Süd (Juli 2015)
Excavation work on the precut South (July 2015)





6+7 Kalottenortsbrust in der gebankten (links) und massigen Fazies (rechts) des Weißjura

Crown face in the stratified (on the left) and massive facies (on the right) of the White Jura

• VKL 7-2: wie zuvor beschrieben, jedoch Spritzbeton 30 cm, Spießschirm ersetzt durch Rohrschirm 120 Grad

Für die Systemankerung wurden SN-Anker mit Längen von 4 bis 5 m und für die Spieße IBO-Anker mit 3 bis 4 m Länge eingesetzt, als Ortsbrustanker kamen IBO-Anker mit 10 m Länge und als Rohrschirm injizierbare Stahlrohe DN 176 zur Anwendung. Die Bilder 6 und 7 zeigen typische Ortsbrustfotos des gebankten und massigen Weißjura. Bedingt durch eine geringe Überdeckung an den Portalen, die hauptsächlich aus Auffüllung, Mutterboden und Hangschutt bestand, wurde dort die Vortriebsklasse 7-2 mit zwei überlappenden Rohrschirmstrecken zu je 15 m Länge ausgeführt. Es wurden beide Portale angeschlagen, wobei 20 Tunnelmeter der Kalotte vom Norden aufgefahren wurden. Im Gegenvortrieb wurden von Süden die restlichen 200 Tunnelmeter der Kalotte bis zum Durchschlag aufgefahren. Diese Vorgehensweise wurde angewandt, da ansonsten aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen (ab Tunnellängen einseitig geschlossener Tunnel > 200 m) der Einsatz einer Rettungswehr erforderlich gewesen wäre.

Am 27. März 2015 wurde nach Herstellung des nördlichen und südlichen Luftbogens mit dem Vortrieb aus nördlicher Richtung im Schutz der Rohrschirmstrecke begonnen. Die Geologie entsprach hier weitgehend der Prognose, und so wurde unter Einhaltung der geplanten Vortriebsgeschwindigkeiten der zweite Rohrschirm eingebaut und nach 20 Tunnelmetern der vorläufige Endstand des Nordvortriebs erreicht.

Während des Einbaus der zweiten Rohrschirmstrecke auf der Nordseite wurde die Vortriebseinrichtung zum Südvortrieb umgesetzt. Auch hier wurde der Vortrieb im Schutz eines Rohrschirms begonnen, der während der Herstellung des Voreinschnitts eingebaut worden war. Wie bereits bei der Herstellung des Voreinschnitts ersichtlich war, zeigte sich hier die Geologie weniger homogen als prognostiziert (hohe Zersetzungs- und Verwitterungsgrade sowie eine erhöhte Teilkörperbeweglichkeit des Materials). Die Trennflächen waren häufig weit geöffnet und tonig-schluffig gefüllt. Sie liefen aus dem Hangenden einfallend in Richtung Vortrieb. Der Ausbruch erfolgte fast ausschließlich mit dem Bagger. Die Firste brach teilweise bis zum Rohrschirm nach. Da die geologische Ansprache beim Bohren des zweiten

• ST 7-2: as described above, but with shotcrete 30 cm, spile umbrella replaced by pipe umbrella 120 degrees

SN bolts some 4–5 m in length were selected for the anchoring system and IBO bolts 3 to 4 m in length for the spiles, whilst 10 m long IBO bolts were used as face anchors and injectable steel pipes DN 176 for the pipe umbrella. **Figs. 6 and 7** display typical photos of the face for the stratified and massive White Jura. On account of the shallow overburden at the portals, mainly comprising fill, topsoil and debris, excavation class 7-2 with two overlapping pipe umbrella sections, each 15 m in length, was executed there.

Work started at both portals with 20 m of tunnel being excavated for the crown from the north. The remaining 200 m of the crown were tackled from the south till the breakthrough was reached. This approach was adopted for industrial safety reasons as otherwise it would have been necessary to deploy a tunnel fire service (as from tunnel lengths > 200 when excavated from one end).

On March 27, 2015, tunnelling began from the north protected by the pipe umbrella section after the northern and southern suspended arches had been produced. Here the geology largely corresponded with the prognosis so that the second pipe umbrella was installed by adhering to the projected rate of advance and the temporary final stage for the northern drive was arrived at after 20 tunnel metres.

During the installation of the second pipe umbrella section at the northern side the preparations for excavation were executed at the southern drive. Here too, the drive commenced protected by a pipe umbrella, which had been installed during the creation of the precut. As was already evident during the production of the precut, the geology here was less homogeneous than previously predicted (high degrees of conditioning or weathering as well as higher partial physical mobility of the material). The separation planes were frequently widely exposed and filled with clays and silts. They ran from the overlying strata on the dip towards the excavation. Tunnelling was practically exclusively accomplished by excavator. The roof caved in as far as the pipe umbrella in some cases.

As the rock conditions did not improve when drilling the second pipe umbrella, it was decided in agreement with the responsible experts for the tunnelling technical and geological side of things to install a

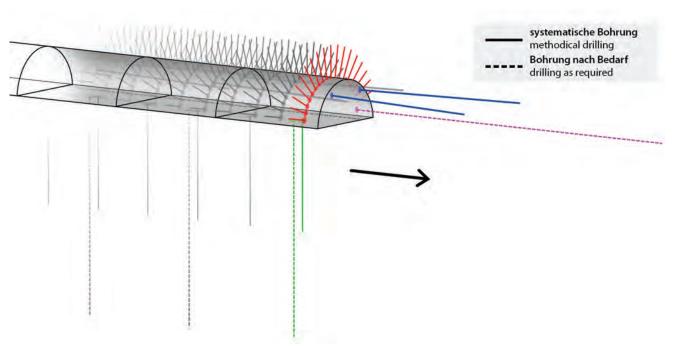
8 Karstszenarien gemäß Entwurfsplanung bzw. Bauvertrag
Karst scenarios in keeping with the design planning and construction contract

Rohrschirms keine verbesserten Gebirgsverhältnisse erkennen ließ, wurde in Abstimmung mit dem tunnelbautechnischen und dem geologischen Sachverständigen entschieden, zur weiteren Firstsicherung eine dritte Rohrschirmstrecke einzubauen. Um während der Zeit der Materialbeschaffung und Herstellung des dritten Rohrschirms keinen Vortriebsstillstand zu erzeugen, entschied man, für diese Zeit den Vortrieb von der Nordseite aus weiterzufahren. So wurde die Vortriebsstrecke vom Norden außerplanmäßig von Tunnelmeter (TM) 196 bis TM 175 verlängert. Während des Auffahrens der dritten Rohrschirmstrecke aus südlicher Richtung trat eine Verbesserung der Geologie ein, so dass bei TM 40 in die Vortriebsklasse 7-1 und bei TM 68 in die Vortriebsklasse 6-1 gewechselt werden konnte.

Bei TM 72,9 kam es nach der Abschlagssprengung zu einem Verbruch, der im Bereich der Firste bis zum rechten Ulmenbereich reichte. Ca. 40 m³ Lockergestein rutschten in den Tunnel und zerstörten die beiden letzten Ausbaubögen und die bereits eingebaute Abschlagsbewehrung. Personen kamen dabei nicht zu Schaden. Die Geologie in diesem Bereich wird als Gestein des Weißjura in gebankter und massiger Fazies beschrieben. Die Verbundfestigkeit in der gebankten Fazies erwies sich als eher mäßig. Es lagen lokale größere Spaltenfüllungen aus kiesigem Ton/Schluff vor. Das Gebirge zeigte leicht nachbrüchiges Verhalten. Die Trennflächen liefen aus dem Hangenden einfallend in Richtung Vortrieb.

third pipe umbrella to provide further roof stability. In order to ensure that no time was lost while procuring the material and producing the third pipe umbrella, it was decided to continue tunnelling from the northern side. As a result, the driven length was extended from tunnel metre (TM) 196 to TM 175 in an unscheduled move. While the third pipe umbrella section was being driven from the south, there was an improvement in the geology so that excavation class 7-1 at TM 40 and excavation class 6-2 at TM 68 could be resorted to.





9 Vortriebsbegleitende Karsterkundung Karst exploration accompanying driving

Als Konsequenz aus dem Verbruch wurde die Vortriebklasse 6-1 durch eine umlaufende Spießsicherung, Ortsbrustanker und eine zweilagige Bewehrung ergänzt und als Klasse 6-1a ohne weitere Komplikationen weitergefahren. Ab TM 115,2 verbesserte sich die geologische Situation soweit, dass die Ortsbrustanker verkürzt werden konnten. Die neue Ausbruchsklasse 6-1b wurde bis zum Durchschlag der Kalotte zum Nordvortrieb am 30. Juni 2016 beibehalten.

Während des gesamten Vortriebs wurde kein Bergwasser angetroffen. Die Ortsbrust bzw. die Entlastungsöffnungen in der Außenschale waren stets bergfeucht bis trocken. Dieser Zustand änderte sich auch während der nachfolgenden Arbeiten bis zum Einbau der Innenschale nicht. Das Ausbruchmaterial wurde größtenteils dem vertraglich vorgesehen Verwendungszweck als Bauwerkshinterfüllung sowie als Dammschüttung der NBS und der BAB A8 zugeführt.



to such an extent that the face bolts could be shortened. The new

At TM 72.9, a collapse occurred following blasting, which extended into the right-hand wall area of the roof. Approx. 40 m³ of loose rock fell into the tunnel and destroyed the last two support arches and the already installed reinforcement for the round of advance. Nobody was hurt in the incident. The geology in this zone is described as White Jura in stratified and massive facies. The bonding strength in the massive facies proved if anything to be moderate. Local major cleavage fills consisting of gravelly clay/silt prevailed. The rock revealed slight unconsolidated behaviour. The separation planes ran from the overlying strata on the dip in the direction of tunnelling. As a result of the collapse, excavation class 6-1 was augmented by an all-round spile support, face bolts and a two-layer reinforcement and tunnelling continued in excavation class 6-1a without further complications. As from TM 115.2 the geological situation improved

10 + 11 Offene Karststruktur im Tunnel (links); Verfüllung eines Karstlochs (rechts)
Open karst structure in the tunnel (left); backfilling a karst hole (right)

Tunnel 1/2017 Stuttgart-Ulm Rail Projekt 13

Karstproblematik

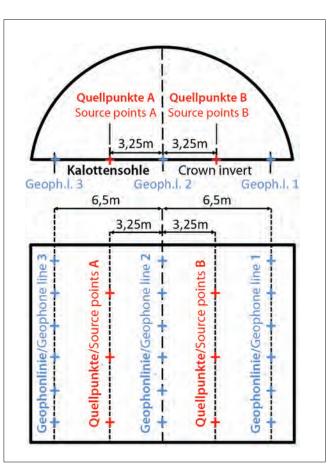
Die Gesteine des Weißjura auf der Schwäbischen Alb sind grundsätzlich verkarstungsgefährdet, wobei die massigen Gesteine als stark verkarstungsfähig und die gebankten Gesteine als mäßig verkarstungsfähig einzustufen sind. Aufgrund der auf der Alb bekannten Erscheinungsformen des Karstes war während des bergmännischen Vortriebs mit Lochkarst, Schichtkarst, sowohl unverfüllten als auch lehmverfüllten Klüften und mit spaltenförmigen sowie röhrenförmigen unverfüllten Spalten und Hohlräumen zu rechnen. Je nach Lage des Hohlraums in Bezug zum Tunnelquerschnitt waren verschiedene Szenarien prognostiziert und im Bauvertrag mit erwarteten Mengenvorgaben für sämtliche zugehörigen Leistungen berücksichtigt (Bild 8). Als Unterscheidungsmerkmale wurden Richtung und Abstand von der Ausbruchslaibung sowie die Hohlraumgröße verwendet. Generell wurden im Spannungsfeld des Gebirgstragrings, also in Tunnelnähe, schon kleinere Hohlräume als relevant bewertet, in größerem Abstand vom Tunnel lediglich größere Hohlräume. Um die Karstproblematik im Hinblick auf die Arbeitssicherheit während des Vortriebs bestmöglich zu beherrschen und die Gebrauchstauglichkeit des Tunnels zu gewährleisten, kam eine Erkundung in mehreren Phasen zur Anwendung, mit indirekten, geophysikalischen Verfahren (Gravimetrie und Seismik) sowie direkten Erkundungen anhand von Bohrungen.

Mit den eingesetzten geophysikalischen Verfahren mussten Hohlraumgrößen in Abhängigkeit von der Tiefe zweifelsfrei detektiert werden können: In 0–2 m Tiefe mussten Hohlräume bis 1,5 m Durchmesser eindeutig erkannt werden, von 2–6 m Tiefe Hohlräumgrößen bis 2,5 m, von 6–10 m Tiefe Hohlraumgrößen bis 5 m, und unterhalb von 10 m mussten Hohlraumgrößen >10 m detektiert werden können.

Erkundungskonzept für den bergmännischen Tunnel

Mit der Ortsbrust vorauseilenden Meißel- und Kernbohrungen von 15–30 m Länge erfolgte die Karsterkundung im Bereich von Firste, Kämpfer und Ulmen. Zusätzlich wurden die Bohrungen der Systemankerung zur Hohlraumerkundung herangezogen (Bild 9). Bei Auftreten von offenen, statisch relevanten Karststrukturen war eine Sanierung in Form einer kraftschlüssigen Verfüllung mittels alkalifreier Verfüllstoffe erforderlich. Das Antreffen von offenen Karststrukturen in der Kalottensohle bzw. in der Laibung hatte eine sofortige detaillierte Nacherkundung mittels gezielter zusätzlicher Bohrungen zur Folge und nach Möglichkeit auch eine nachfolgende TV-Befahrung zur Ermittlung der Hohlraumgrößen und -formen. Die Sanierungskonzepte und die verwendeten Füllstoffe - in der Regel fließfähige Betonsorten der Expositionsklasse 0 mussten zuvor von den zuständigen Behörden genehmigt werden. Bild 10 zeigt einen offenen Hohlraum, Bild 11 eine sanierte Karststruktur.

Nach Abschluss des Kalottenvortriebs wurde auf der Kalottensohle eine seismische Untersuchung durchgeführt. Um eine hochauflösende Erkundung zu gewährleisten, wurde folgende Messanordnung angewendet (siehe **Bild 12**):



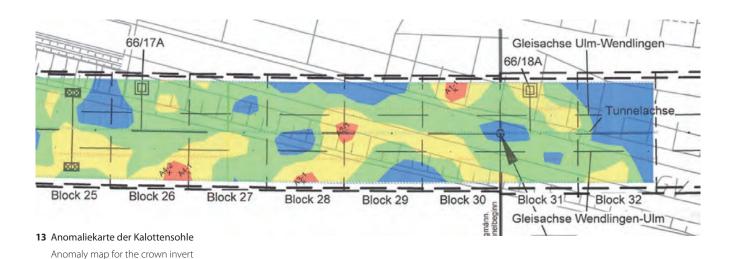
12 Seismische Untersuchung der Kalottensohle Seismic investigation of the crown invert

excavation class 6-1b was retained until the crown was broken through reaching the northern drive on June 30, 2016.

No underground water was encountered during the entire drive. The face and the relief openings in the outer shell were always ground moist to dry. This state did not change at all even during the follow-up work until the inner shell was installed. The excavated material was mainly used as structural backfill and fill for the new rail line and the A8 federal motorway.

Karst Problems

The White Jura rocks of the Swabian Alb are basically prone to karstification, with the massive rocks classified as highly prone to karstification and the stratified rocks as moderately influenced by the process. On account of the known karstic phenomena prevailing on the Alb, perforated karst, layered karst as well as unfilled and loam-filled fissures and fissure-shaped and pipe-shaped unfilled cleavages and cavities had to be reckoned with. Various scenarios were predicted depending on the position of the cavity in relation to the tunnel cross-section and taken into account in the construction contract with anticipated quantity specifications for all relevant performances (**Fig. 8**). The direction and distance from the excavated intrados as well as the size of the cavity were applied as distinguishing features. Generally speaking in the stress field of the rock bearing ring, in other words in the proximity of



- drei Geophonlinien, davon eine entlang der Tunnelachse und jeweils eine Linie 6,5 m links und rechts der Tunnelachse; der Geophonabstand betrug 2 m
- zwei Anregungslinien (Schusslinien), jeweils 3,25 m links und rechts der Tunnelachse; der Anregungsabstand betrug 4 m; zur seismischen Anregung kam ein beschleunigtes Fallgewicht zum Einsatz
- kombinierte CMP-Refraktions-Reflexionsauswertung
- Auswertung als Refraktionstomographie
- Analyse der Einzelanregungen

Als Ergebnis aus der seismischen Untersuchung und unter Zuhilfenahme der vortriebsbegleitenden ingenieurgeologischen Ortsbrustdokumentation wurde eine Anomaliekarte erstellt. Anhand dieser Anomaliekarte wurden gezielt direkte Nacherkundungen mittels Meißel- und Kernbohrungen durchgeführt, um die Ursache der Anomalien einwandfrei zu verifizieren (Bild 13). Erst nach vollständiger Nacherkundung und Bewertung der Anomaliebereiche wurden die Arbeiten für einen sicheren Vortrieb der Strosse und der Sohle fortgesetzt.

In einer zweiten Phase wurde nach Fertigstellung der Spritzbetonaußenschale die Tunnelsohle mit einer Kombination aus Gravimetrie und Seismik erkundet. Die Messgeometrie war folgendermaßen ausgelegt:

- flächendeckende gravimetrische Messpunkte im Raster 2 x 2 m; jeder Messpunkt wurde zudem geodätisch eingemessen
- zwei seismische Messlinien jeweils 4 m links und rechts der Tunnelachse. An jeder Messlinie wurden Geophone mit einer Standardfrequenz von 10 Hz im Abstand von 2 m eingebaut und Quellpunkte im Abstand von 4,0 m angeregt. Zur seismischen Anregung kam ein beschleunigtes Fallgewicht zum Einsatz.
- kombinierte CMP-Refraktions-Reflexionsauswertung
- Auswertung als Refraktionstomographie
- Analyse der Einzelanregungen

In Kombination mit den Ergebnissen aus der Kalottensohle und der ingenieurgeologischen Vortriebsdokumentation wurde

the tunnel, even smaller cavities were assessed as relevant with only larger cavities at a greater distance lent consideration.

In order to come to terms with karstic problems with regard to industrial safety during tunnelling as far as possible and to assure the tunnel's serviceability, multi-phase exploration was undertaken with indirect, geophysical methods (gravimetry and seismics) as well as with direct investigations based on drilling.

It had to be possible to detect the sizes of cavities related to their depth beyond doubt by means of the applied geophysical methods: at a depth of 0-2 m cavities with up to 1.5 m diameter had to be clearly identified, at a depth of 2-6 m cavities of 2.5 m, at a depth of 6-10 m cavities of up to 5 m, and under 10 m cavities >10 m in size had to be detected

Exploration Concept for the mined Tunnel

Karstic investigation in the vicinity of roofs, abutments and sidewalls took place accompanying chisel and core drilling of 15–30 m in length at the advancing face. In addition, the drilling of the anchoring system was also utilized to detect cavities (Fig. 9).

When open, statically relevant karst structures occurred, it was necessary to repair them by filling them with non-alkaline adherent material. If open karst structures were encountered in the crown invert or the intrados, this called for an immediate detailed follow-up investigation by means of targeted additional drilling and, if possible, subsequent monitoring with a camera to determine the cavity sizes and forms. The repair concepts and the filling materials used – normally flowable types of concrete belonging to exposure class 0 – had first of all to be approved by the responsible authorities.

Fig. 10 displays an open cavity, **Fig. 11** a repaired karst structure. A seismic investigation was carried out on the crown invert once the crown drive was concluded. The following measurement setup was applied to obtain a high-resolution interpretation (see **Fig. 12**):

- Three geophone lines, one running along the tunnel axis and in each case a line to the left and right of the tunnel axis; the gap between geophones amounted to 2 m
- Two excitation lines (emission lines), each 3.25 m to the left and right of the tunnel axis; the excitation gap amounted to 4 m; an accelerated falling weight was applied to achieve seismic excitation



14 Seismische Baugrunduntersuchung im Voreinschnitt Süd Seismic ground investigation in the precut South

wiederum eine Anomaliekarte erstellt, in der alle Bereiche mit Hohlraumverdacht verzeichnet wurden. Für die gezielte Nacherkundung dieser Bereiche kamen erneut direkte Erkundungsverfahren
mittels Meißel- und Kernbohrungen zum Einsatz. Beim Antreffen
von relevanten Hohlraumstrukturen wurden die Bohrlöcher mit
einer TV-Befahrung zur detaillierten Erkundung der Karststrukturen eingesetzt. Sofern die Kamerabefahrung keine ausreichenden
Informationen bezüglich der vertikalen Ausdehnung lieferte, stand
die Möglichkeit einer 3D Laserscan-Hohlraumvermessung (Cavity
Auto Scanning Laser System) zur Verfügung.

Die genaue Kenntnis von Karststrukturen war bezüglich der Sanierung von entscheidender Bedeutung, da die erforderlichen Maßnahmen auf die vor Ort angetroffenen Verhältnisse angepasst werden mussten. Ein unkontrollierter Verlust von Füllstoffen durch offene Spalten in die Tiefe musste verhindert und eine kraftschlüssige Verfüllung von standsicherheitsrelevanten Hohlräumen sichergestellt werden.

Erkundungskonzept für die Tunnel in offener Bauweise

Die Methodik zur Karsterkundung in den Abschnitten der offenen Bauweise glich dem Vorgehen, das in [1] für den Tunnel Widderstall und auch andernorts [2] weiterführend beschrieben ist. Nach Herstellung der Baugruben, Sicherung der Böschungen und der ingenieurgeologischen Kartierung wurden zur Erkundung die geophysikalischen Verfahren der Gravimetrie und der Seismik eingesetzt (siehe **Bild 14**).

Die Vorgehensweise zur gezielten Nacherkundung mit direkten Erkundungsmaßnahmen (Meißel- und Kernbohrungen) mit TV-Befahrung und, nach Erfordernis, mit 3D Laserscan

• Combined CMP (Common Mid Point) refraction-reflection evaluation

15

- Evaluation as refraction tomography
- Analysis of the individual excitations

An anomaly map was created from the results of the seismic investigation and with the help of the engineering geological face documentation accompanying the excavation. On the basis of this anomaly map direct and targeted follow-up investigations were executed by chisel and core drilling so that the cause of the anomalies could be verified properly (Fig. 13). Work on producing a safe excavation for the bench and the invert were only continued after the anomaly zones had been reinvestigated and evaluated in their entirety.

In a second phase, following the completion of the shotcrete outer shell, the tunnel invert was explored using a combination of gravimetry and seismics. The measurement geometry was set up as follows:

- Extensive gravimetric measuring points in a 2 x 2 m grid; each measuring point was also measured by geodetic means
- Two seismic measuring lines each 4 m to the left and right of the tunnel axis. Geophones with a 10 Hz standard frequency were installed at a distance of 2 m and source points stimulated at a distance of 4.0 m. An accelerated falling weight was applied for seismic excitation purposes





15 Einbau der seitlichen Streckenentwässerung unter der Innenschale Installing the tunnel drainage beneath the inner shell at the side



16 Sohlbetonage

Concreting the invert

Hohlraumvermessung sowie einer nachfolgenden Sanierung erfolgte in enger Abstimmung der Projektbeteiligten. Insgesamt wurden im Rahmen der Karsterkundung zehn Hohlraumstrukturen unterschiedlicher Größe und Ausdehnung festgestellt.

Die Sanierung erfolgte über den Ausbau der Bohrungen mittels Kunststoffrohren DN 80 und der Verfüllung mit fließfähigem Beton (Körnung 0–16 mm) mit einem w/z-Wert von 0,78 im Kontraktorverfahren, wobei die Verrohrung schrittweise beim Aufstieg der Betonsäule gezogen wurde. Während des Verfüllvorgangs wurde der Anstieg der Betonsäule durch Lotung kontinuierlich überprüft und durch Beobachtungen benachbarter Bohrlöcher sowie der Verfüllmengen sorgfältig dokumentiert, um den Sanierungserfolg nachzuweisen.

Offen in der Baugrubensohle zugängliche und oberflächennah detektierte Hohlräume ließen sich entweder direkt mit Beton verfüllen oder mussten zuvor mittels Bagger freigelegt werden. Als zusätzliche Erkundungsmaßnahme beim Tunnel in offener Bauweise wurde im Anschluss an die geophysikalische Erkundung das Verfahren der dynamischen Vorbelastung eingesetzt. Diese Maßnahme diente der flächenhaften Zerstörung und Homogenisierung oberflächennah anstehender, unentdeckter Karstphänomene kleinerer Ausdehnung bis in eine Tiefe von maximal 2 m und zum Nachweis der dynamischen Gebrauchstauglichkeit des Untergrundes. Für die Durchführung der dynamischen Vorbelastung kam ein Walzenzug vom Typ BOMAG BW 226 DI-41 BVC mit Polygonbandage zum Einsatz. Vertragsgemäß musste sichergestellt werden, dass durch die dynamische Einwirkung in 0,5 m Tiefe unterhalb der Lasteinleitungsebene eine resultierende Schwinggeschwindigkeit von > 150mm/s eingeleitet wurde. Vor der flächendeckenden Befahrung wurde das Verfahren anhand eines repräsentativen Probefeldes im Voreinschnitt Nord auf die anstehenden Gebirgsverhältnisse kalibriert. Im Zuge der Kalibrierung wurden drei Messstellen in unterschiedlichen Tiefen (0,5 m, 1,5 m, 3 m) errichtet und mit entsprechenden Schwinggeschwindigkeitsaufnehmern und Geophonen versehen.

- Combined CMP refraction-reflection evaluation
- Evaluation as refraction tomography
- Analysis of the individual excitations

Once again an anomaly map was produced, combined with the results for the crown invert and the engineering geological driving documentation, in which all areas suspected of having cavities were marked. Again direct exploration methods using chisel and core drilling were applied for the targeted reinvestigation of these areas. If relevant cavity structures were encountered, cameras were used in the drill holes for detailed monitoring of the karst structures. If monitoring by camera failed to provide sufficient information about the vertical extent, it was possible to resort to a 3D Cavity Auto Scanning Laser System.

The exact knowledge of karst structures was of decisive significance for the repair works, as the required measures and the conditions encountered on the spot had to be adapted. A loss of filling materials through open gaps had to be avoided quite apart from ensuring that cavities relevant for stability were filled properly.

Exploration Concept for the Cut-and-Cover Tunnels

The approach adopted for investigating karsts in the cut-and-cover sections resembled the procedure, which is described further in [1] (for the Widderstall Tunnel) and in [2]. After producing the construction trenches, securing the embankments and engineering geological mapping, gravimetry and seismics were applied to explore the geophysical methods (see **Fig. 14**).

The procedure of targeted exploration using direct investigation methods (chisel and core drilling) with camera monitoring and, if need be, with a 3D Cavity Auto Scanning Laser System as well as subsequent repair was carried out in close cooperation with those involved in the project. Altogether, ten karst structures of varying size and extent were identified within the scope of karst exploration. Repairs were carried out by fitting the drill holes with plastic pipes DN 80 and filling them with flowable concrete (grain size 0–16 mm)



17 Witterungsbedingte Zwangsunterbrechung bei der Montage des Gewölbeschalwagens

Assembling the vault formwork carriage: Forced break on account of the elements



18 Bewehrung der Innenschale Reinforcement for the inner shell

Fazit zur Karsterkundung

Insgesamt wurden im bergmännischen und im offenen Bereich folgende Maßnahmen zur Erkundung und Sanierung ausgeführt:

- 6 Kernbohrungen (d = 146 mm), ca. 112 lfm
- 136 Meißelbohrungen (d = 89mm und d = 127 mm), ca. 2040 lfm
- ca. 500 lfm. seismische und gravimetrische Messstrecke bezogen auf die Länge in Trassenachse
- ca. 280 lfm dynamische Vorbelastung bezogen auf die Länge in Trassenachse
- 11 TV-Befahrungen
- ein 3D-Laserscanner- Einsatz
- ca. 95 m³ Beton (C12/15, X0) als Verfüllstoff in offenen Hohlraumstrukturen

Die nicht planbaren Anteile davon entsprachen in etwa den Erwartungen gemäß Mengenansätzen im Bauvertrag.

Tunnelinnenschale

Nach Herstellung des unterirdischen Hohlraums und Abschluss der notwendigen Karsterkundungen und -sanierungen wurde die Innenschale des Tunnels eingebaut. Als Besonderheit war dabei die Streckenentwässerung zu berücksichtigen, die seitlich unterhalb der Innenschale liegt und die asymmetrische Ausbruchsform des Tunnels erklärt (Bild 15). Die verlegten Rohre wurden anschließend mit Spritzbeton umhüllt, so dass für die nachfolgende Innenschale ein symmetrisch ausgebildeter Tunnelquerschnitt vorlag.

Der Sohlschalwagen wurde vor dem Tunnel im Voreinschnitt Süd aufgebaut. Nach dem vollständigen Einfahren in den Tunnel folgten der Aufbau des Bewehrungswagens für das Gewölbe, des Gewölbeschalwagens und des Nachbehandlungswagens. Der Sohlschalwagen bewegte sich mit Schreittechnik durch den Tunnel, die Gewölbewagen wurden auf Schienen vorgezogen. Die Betonagen erfolgten mit einer stationären Pumpe (Bild 16 + 17). Aufgrund des geringen Bergwasseranfalls und der Kürze des

with a w/c value of 0.78 by the tremie method, with the casing being gradually removed as the concrete column rose. During the filling process the rise in the concrete column was continuously checked by plumbing and carefully documented by observing neighbouring drill holes as well as the filling capacities so that the success of the procedure could be verified.

Accessible cavities in the invert of the construction trench and cavities detected close to the surface could either be directly filled with concrete or had to be opened up in advance by excavator. The dynamic preloading method was applied as an additional investigation method for the cut-and-cover tunnel to follow up the geophysical exploration. This measure served the extensive destruction and homogenisation

of undiscovered small-scale karst phenomena prevailing close to the surface down to a depth of a maximum of 2 m and to prove the subsoil's serviceability. A BOMAG BW 226 DI-41 BVC compactor with polygonal drum was applied to undertake dynamic preloading. In keeping with the contract it was imperative that an effective vibration velocity of >150 mm/s was introduced by dynamic action at a depth of 0.5 m beneath the load application level. The method was first calibrated to the existing rock conditions on a representative test field in the precut North prior to the extensive preloading being undertaken. During the calibration process, three measuring points at various depths (0.5 m, 1.5 m and 3 m) were set up and

mogo-Tunnelbau-Spezialplatten

Lastverteilungsplatten für den Tunnelbau

maga-tunnelingspecialboards

Load distribution plates for tunnel constructions

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

Katzenberg-Tunnel, Efringen-Kirchen
City-Tunnel, Leipzig
Finne-Tunnel, Weimar
Kaiser-Wilhelm-Tunnel, Cochem
U-Bahn-Linie 4, Hamburg
Brenner-Zulaufstrecke Nord
Sluiskil-Tunnel, Terneuzen (NL)
Stadtbahn-Tunnel, Karlsruhe
Boßlertunnel, Wendlingen-Ulm
Koralmtunnel KAT 3, Steiermark
Bahn-Tunnel, Rastatt
U-Bahn-Erweiterung, Kopenhagen

Fordern Sie Prüfzertifikate und Zeugnisse an. Request for test certificates and reports. TU@michael-gmbh.com T +49 (0) 421 244 94 -90 F -92



19 Beginn Offene Bauweise Süd

Start of the cut-and-cover construction section South

provided with corresponding vibration velocity sensors and geophones.

Summing up Karst Exploration

Altogether the following exploration and repair measures were executed in the mined and cutand-cover zones:

- 6 core drill holes (d = 146 mm), approx. 112 running metres
- 136 chisel drill holes (d = 89 mm and d = 127 mm), approx. 2040 running metres
- Approx. 500 running metres of seismic and gravimetric measurement section related to the length in the route axis
- Approx. 280 running metres of dynamic preloading related to the length in the route axis
- 11 camera inspections
- One 3D Laser Scanner deployment
- Approx. 95 m³ of concrete (C12/15, X0) as filling material in open cavity structures

The non-planable parts of this total roughly corresponded to expectations in keeping with the quantities quoted in the construction contract.

Tunnel inner Shell

After concluding the underground cavity and the necessary karst investigations and redevelopments, the tunnel's inner shell was installed. In this connection, the route drainage had to be taken into consideration as a special feature, which is located at the side beneath the inner shell thus explaining the tunnel's asymmetrical form (Fig. 15). The installed pipes were subsequently enveloped with shotcrete so that a symmetrically formed tunnel cross-section existed for the subsequent tunnel shell.

Tunnels wurde in der Entwurfsplanung auf den Einbau einer Kunststoffdichtungsbahn (KDB) verzichtet. Die Tunnelröhre der bergmännischen Bauweise des Tunnels Imberg erhielt stattdessen im Zuge des zweischaligen Ausbaus eine Ortbetoninnenschale (d ≤ 35 cm), die aus bewehrtem Beton C35/45 hergestellt wurde. Die wasserundurchlässige Betonkonstruktion (WUBK) enthält zudem einen PP-Faser-Anteil von 2,0 kg/m³. Die Innenschalenblöcke haben in der Regel eine Länge von 10 m. Die Blockfugen wurden mit innenliegenden Dehnungsfugenbändern (FSM 350) abgedichtet und mit Fugeneinlagen und Abdeckbändern versehen. Für die Arbeitsfuge Sohle-Gewölbe kam ein Fugenblech (300/1,5 mm) zur Anwendung.

Zwischen der Außenschale und der Innenschale wurde eine Luftpolsterfolie eingebaut. Um ein sauberes Profil im Bereich der Sohle zu bekommen, wurde vor dem Einbau der Trennschicht ein Sohlausgleichsbeton eingebaut. Nach Fertigstellung des Gewölbes erfolgte die Demontage des Schalzuges im Voreinschnitt Nord. Die Bewehrung wurde so geplant, dass sie bis auf die Fugenbänder und Randeisen komplett durchgehend eingebaut werden konnte (Bild 18). Die Fugenbänder und Randeisen wurden, dem Betonierablauf folgend, nachträglich eingebaut. Hierdurch konnte Block an Block betoniert werden (keine Betonage im Pilgerschrittverfahren).

Die Bewehrung wurde aus vorgebogenen, dem Radius angepassten Betonstahlmatten und Rundstählen verlegt. Die Bewehrung im Gewölbe wurde mittels Tragbögen freistehend und selbsttragend ausgebildet. Entsprechend der Ausführungsplanung wurden die Bewehrungsmatten größtenteils als vorgebogene Listenmatten hergestellt und eingebaut. Zum Einsatz kamen überwiegend einaxiale Matten mit Bewehrungsanordnung jeweils in Ring- und Längsrichtung. Gegebenenfalls erforderliche Zulagebewehrung bestand aus Stabstahl. Teilweise wurden die verschiedenen Bewehrungsmaterialien, in Abhängigkeit von Einbauort, Verlegerichtung und Durchmesser, vorgebogen geliefert. Die im Zuge der Gewölbeblockherstellung eingebauten Spionrohre dienten der Entlüftung und Füllstandskontrolle. Über die verbleibenden Öffnungen erfolgte die Firstspaltverfüllung. Frühestens 28 Tage nach dem Einbringen des Betons wurde eine systematische Firstspaltverfüllung mit Zementmörtel durchgeführt, denn der Beton hat nach 28 Tagen seine Sollfestigkeit C35/45 erreicht. Dies wurde mittels der Erstprüfungen der jeweiligen Rezeptur dokumentiert.

Tunnel in offener Bauweise

Die in offener Bauweise erstellten Abschnitte des Tunnels Imberg bestehen aus einer Ortbetonschale ($d=70\,\mathrm{cm}$), die aus bewehrtem Beton C35/45 als wasserundurchlässige Betonkonstruktion (WUBK) hergestellt wurde (Bild 19). Die Tunnelblöcke haben in der Regel eine Länge von 10 m. Die Blockfugen wurden mit mittig liegenden Dehnungsfugenbändern (FSM 350) abgedichtet und mit Fugeneinlagen und Abdeckbändern versehen. Für die Arbeitsfuge Sohle-Gewölbe wurde ein Fugenblech (300/1,5 mm) verwendet. Wegen der unterschiedlichen Querschnitte der offenen

The invert formwork carriage was put together in front of the tunnel in precut South. Once it was driven completely into the tunnel, the reinforcement carriage for the vault, the vault formwork carriage and the after-treatment carriage were set up. The invert formwork carriage moved through the tunnel at snail's pace, the vault carriage was pulled along over rails. Concreting was accomplished by means of a stationary pump **(Figs. 16 + 17)**.

Owing to the low incidence of underground water and the shortness of the tunnel, it was decided to dispense with a plastic waterproofing membrane in the design planning. Instead the part of the Imberg Tunnel produced by mined means was provided with an in situ concrete inner shell (d \leq 35 cm) when the double-layer lining was installed, which was created with reinforced concrete C35/45. The watertight concrete structure also contains a PP fibre share of 2.0 kg/m³. The inner shell blocks are generally 10 m in length. The block joints were sealed by internal expansion joint strips (FSM 350) and provided with joint inserts and cover strips. A joint sheet (300/1.5 mm) was applied for the working joint between invert and vault.

An air cushion foil was installed between the outer and inner shells. Prior to inserting the dividing layer, invert levelling concrete was installed to attain a clean profile for the invert. After the vault was completed the formwork train in precut North was disassembled. The reinforcement was planned in such a way that it could be completely installed continuously with the exception of the joint strips and edge reinforcements (Fig. 18). The joint strips and edge reinforcements were subsequently installed, following up on concreting. In this way it was possible to concrete block against block (rather than concreting by the back-step method).

The reinforcement was laid using preformed reinforced concrete meshes and rebar steel adapted to the radius. The reinforcement in the vault consisted of free-standing and self-supporting arches. In keeping with the execution planning, the reinforcement meshes were largely produced and installed from preformed special meshing. Largely uni-axial meshes with reinforcing accordingly arranged in annular or longitudinal direction were used. Any additional reinforcement needed was made of steel bars. In some cases, the various reinforcing materials were supplied preformed, depending on the installation point, laying direction and diameter.

The spy pipes installed during the production of the vault blocks cater for ventilation and to check filling levels. The roof gap was filled through the remaining apertures. The roof gap was systematically backfilled with cement mortar at the earliest 28 days after the concrete was placed as the concrete had attained its specified strength C35/56 after 28 days. This was documented by the initial tests on the given mix.

Cut-and-Cover Tunnels

The cut-and-cover sections of the Imberg Tunnel consist of an in situ concrete shell (d=70 cm), which was created from reinforced concrete C35/45 as a watertight concrete structure (**Fig. 19**). Generally speaking, the tunnel blocks are 10 m in length. The block joints were sealed by centrally located expansion joint strips (FSM 350) and provided with joint inserts and cover strips. For the working joint between invert and vault a joint sheet (300/1.5 mm) was applied.



20 Lückenschluss zwischen offener und bergmännischer Bauweise Closing the gap between cut-and-cover and mined construction sections

und geschlossenen Bauweise wurden die Übergänge jeweils mit einem Passblock/Adapterblock (siehe Bild 20) angeschlossen. Nach der Freigabe der Gründungssohle erfolgte die Betonage der Sauberkeitsschicht und das Einschalen, Bewehren und Betonieren der Sohlblöcke. Der Betoniertakt der Sohlblöcke und der Gewölbeschalzug, bestehend aus dem Innenschalwagen, dem Konterschalwagen und einem Nachbehandlungsschalwagen, begannen am vorletzten Regelblock auf der Südseite und liefen bis zum Anschluss an den fertigen Tunnel der bergmännische Bauweise im Süden. Die Tunnelblöcke wurden fortlaufend und direkt aneinander stoßend hergestellt. Nach Fertigstellung der südlichen Tunnelblöcke wurde der Innenschalwagen durch den bergmännischen Teil nach Norden gezogen und dort am Ende der bergmännischen Bauweise wieder eingesetzt. Die Konterschalung wurde komplett demontiert, per LKW auf die Nordseite verbracht und dort wieder aufgebaut. Nach Betonage des letzten Regelblocks und des anschließenden Portalblocks auf der Nordseite wurde die Innenschalung wieder auf die Südseite zurückgezogen, um dort mit der wiederum per LKW transportierten Konterschalung für die Betonage des letzten Regelblocks und des Portalblocks der Südseite zur Verfügung zu stehen.

Die Hinterfüllung und Überschüttung der Tunnelbereiche der offenen Bauweise erfolgte überwiegend mit aufbereitetem

Owing to the different cross-sections of the cut-and-cover and conventional construction methods the transitions were in each case connected with an adapter block (see **Fig. 20**).

Once the tunnel foundation was approved, the sub-base was concreted and shuttering, reinforcing and concreting of the invert blocks carried out. The concreting cycle for the invert blocks and the vault formwork train, comprising the inner shell carriage, the external formwork carriage and an after-treatment formwork carriage, began at the penultimate standard block on the south side and ran until joining up with the tunnel completed by conventional means in the south. The tunnel blocks were produced consecutively and directly touching one other. After the southern tunnel blocks were completed, the inner shell carriage was moved through the mined section and activated once more in the northern cut-and-cover section. The external formwork was completely dismantled and transported to the north side by lorry, where it was reassembled. After concreting the final standard blocks and the connecting portal block on the north side, the internal formwork was relocated to the south side so that it was available there together with the external formwork, which had been returned there by lorry, to concrete the final standard blocks and the portal block at the south side,

Prepared tunnel aggregate was mainly used to backfill and cover the cut-and-cover tunnel sections. In order to avoid water pressure Tunnelausbruchsmaterial. Um den Aufbau von Wasserdruck auf die Tunnelröhre zu vermeiden, wurde die Versickerungsfähigkeit des Untergrunds zwischen dem Tunnel und den Wänden der Voreinschnitte über Versuche nachgewiesen. Bei unzureichender Versickerungsfähigkeit des Bodens (z. B. durch Sanierung von Verkarstungen) wurde dieser durch partielle Bohrungen bis in versickerungsfähige Schichten in der Durchlässigkeit ertüchtigt. Ebenso wurden die mit Spritzbeton versiegelten Wände der Voreinschnitte durch Bohrungen perforiert. Die verwendeten Kiese und Sande sind den unterschiedlichen Anforderungen an die Verdichtungsfähigkeit in den verschiedenen Hinterfüll-/ Überschüttbereichen angepasst. Sie wurden so aufbereitet, dass die Wasserdurchlässigkeiten von oben nach unten zunehmend größer werden. Hierdurch wird dem Aufbau von Wasserdruck auf die Tunnelwände entgegengewirkt.

Schlusswort

Die Arbeiten für den Tunnel Imberg wurden von der DB Projekt Stuttgart–UIm GmbH als Auftraggeber an die Arbeitsgemeinschaft Bunte-Stutz im Rahmen des Gesamtumfangs für den ca. 7 km langen mittleren Streckenabschnitt auf der Albhochfläche vergeben. Die Arge gab den Auftrag für den bergmännischen Tunnel an die Firma Marti als Subunternehmer weiter. Die Abschnitte in offener Bauweise führte die Arge als Eigenleistung aus. Der Tunnel wurde termingerecht Anfang 2017 und innerhalb des vorgesehenen Kostenrahmens hergestellt.

building up in the tunnel tube, tests were undertaken to establish the seepage capacity of the subsoil between the tunnel and the walls of the precuts. If the seepage capacity of the ground turned out to be inadequate (e.g. on account of karst being repaired), the seepage capacity was improved through selective drilling until suitable seepage layers were reached. In addition, the walls of the precuts, which had been sealed with shotcrete, were perforated by drilling. The gravels and sands which were applied have been adapted to the various requirements posed on the compaction capacity in the different backfilling/covering areas. They were prepared in such a manner that water permeabilities increase from top to bottom. In this way, the build-up of water pressure affecting the tunnel walls is counteracted.

Conclusion

The work on the Imberg Tunnel was taken over by the Bunte-Stutz JV on behalf of the DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH within the overall scope of the roughly 7 km long central route section on the Alb Plateau. The JV commissioned Messrs. Marti as sub-contractor to produce the mined tunnel. The JV carried out the cut-and-cover sections itself. The tunnel was finished according to schedule in early 2017 and within the predetermined cost framework.

Literatur/References

- [1] Kielbassa S.: Bahnprojekt Stuttgart–Ulm: Tunnel Widderstall auf der Schwäbischen Alb; Fachzeitschrift Tunnel, Heft-Nr. 05/2016, Seite 12–20.
- [2] Kielbassa S., Prischmann F., Beer N.: Bahnprojekt Stuttgart–Ulm, Karsterkundungs- und -sanierungsmaßnahmen für den Hochgeschwindigkeitsfahrweg auf der Schwäbischen Alb; Geomechanics and Tunnelling, Heft-Nr. 2 (April 2015), Seite 129–145



Profil – Buchhandlung im Bauverlag

Bauverlag BV GmbH Avenwedder Str. 55 33311 Gütersloh Tel: +49 5241 8049161 Fax: +49 5241 806016

profil@bauverlag.de www.profil-buchhandlung.de



Tunnelling Switzerland

Hrsg.: Georg Anagnostou, Heinz Ehrbar Gebunden, 450 S., zahlr. Abb. u. Fotos, durchgehend farbig 30 cm, 1985 g, englisch 2013 vdf Hochschulverlag ISBN 978-3-7281-3547-6 EUR 66,00

"Tunnelling Switzerland" stellt die Errungenschaften der letzten 15 Jahre auf allen Gebieten des Untertagbaus anhand von mehr als 90 Projekten vor. Die einzelnen Bauwerke werden jeweils auf einer Doppelseite in Wort und Bild vorgestellt. Dazu kommen Informationen zur Geologie, zu Bauherrschaft, Projektierungsbüros und Unternehmerschaft.

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

Besondere Anforderungen für den Rohrvortrieb unter Bahngleisen

Zur Herstellung von Rohrleitungsquerungen unter Gleisanlagen der Deutschen Bahn AG werden in der Regel grabenlose Bauverfahren angewendet, an die besondere Anforderungen in der Planung und Ausführung gestellt werden. Infolge projektierungsspezifischer Zwangspunkte sind Abweichungen von der einschlägigen Vorschriftenlage nicht immer vermeidbar. Stattdessen soll über separate Auflagen und Bestimmungen (UiG, ZiE) der DB Netz AG und des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) in Kombination mit erweiterten Qualitätssicherungsstrategien dasselbe Sicherheitsniveau der Baumaßnahme erreicht werden. Dabei liegt ein Schwerpunkt in der Ausführungsplanung und der Adaption des Vortriebsverfahrens auf die Projektrandbedingungen sowie im Dialog der am Bau Beteiligten.

Special Demands for Pipe Jacking beneath Rail Tracks

Generally speaking trenchless construction methods are applied for routing pipelines beneath Deutsche Bahn AG rail tracks, with special demands posed on planning and execution. Owing to constraints imposed by planning, deviations from the pertinent regulations are sometimes inevitable. Consequently, the same safety level must be reached by means of separate regulations and conditions (UIG "Corporate Approval", ZIE "Approval in individual Case") of the DB Netz AG and the German Federal Railway Authority (EBA) combined with extended quality assurance strategies. In this connection, emphasis is placed on planning the execution and adapting the driving method to the project's marginal conditions as well as on involving all those participating in construction.

Dipl.-Ing. Dennis Edelhoff MBA, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum, Deutschland/Germany Dipl.-Ing. Carsten Peter, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum, Deutschland/Germany Dipl.-Ing. Georg Padberg, Technik- und Anlagenmanagement, FuE und Regelwerk Tunnel- und Erdbau (I.NPF 22 (F)), DB Netz AG, München, Deutschland/Germany

Motivation

Mit dem Fortschreiten der infrastrukturellen Vernetzung der Städte und Gemeinden sowie der zunehmenden urbanen Bevölkerungsdichte steigt der Bedarf, die bestehenden Leitungsnetze der Telekommunikations- und Energieversorgungsunternehmen zu modernisieren und auszubauen. Die hierbei notwendigen zusätzlichen und zu erneuernden Rohrleitungen queren häufig bestehende Bahntrassen der Deutschen Bahn AG, so dass neben den Regeln der Technik auch die Auflagen des bahnspezifischen Regelwerks in der Planung und Ausführung berücksichtigt werden müssen. Die Anpassung des Rohrleitungsverlaufs ist häufig infolge trassierungstechnischer Zwangspunkte nicht möglich (z. B. durch die Lage bzw. Höhenlage bestehender oder neu zu errichtender Anschlussbauwerke) oder führt im Rahmen von Umplanungen zu erheblichen und unwirtschaftlichen Mehrkosten. Darüber hinaus erfolgt häufig eine zeitkritische Terminierung der

Motivation

The need to modernise and expand the existing line networks of the telecommunications and energy supply companies is growing in keeping with the advance in infrastructural networking of cities and municipalities as well as increasing urban population densities. Frequently, additional pipelines and those requiring renewal cross existing Deutsche Bahn AG rail routes so that codes of practice relating to the railways must also be observed in planning and execution along with engineering standards. It is often not possible to alter the course of pipelines on account of technical constraints concerning their route alignment (e.g. owing to the position or height of connecting structures that already exist or have to be built) or because of substantial and uneconomic additional costs brought on by rescheduling. Furthermore, the outcome is frequently affected by time-sensitive scheduling to get things produced, e.g. through the inclusion of thermal energy loops for future heating periods, which must also be stringently observed for political reasons.



Startschacht für Maschinenvortrieb DA 735
 Launching shaft for mechanised excavation DA 735

Fertigstellung, z. B. durch Einplanung von Heizwärmetrassen für die zukünftigen Heizperioden, die häufig auch aus politischen Gründen zwingend eingehalten werden muss.

Gegebenenfalls zu unterquerende Eisenbahntrassen müssen in der Planung von Leitungssträngen frühzeitig berücksichtigt werden. Gleiches gilt in der weiteren Planungsphase für das damit zusammenhängende bahnspezifische Regelwerk und die daraus resultierenden Auflagen.

Rohrvortrieb und grabenloser Leitungsbau

Unter dem Begriff Rohrvortrieb werden verschiedene Verfahren zur Herstellung von Rohrleitungssträngen mit den unterschiedlichsten Anforderungen und Nutzungskonzepten subsumiert. Unterschieden wird unter anderem in ein- und mehrstufige, steuerbare und nicht steuerbare sowie bemannte und unbemannte Verfahren. Die üblichen Vortriebsverfahren für größere Durchmesser (Großrohrvortrieb), die Gegenstand des vorliegenden Artikels sind, basieren auf Grundprinzipien, die eine klare Abgrenzung zum maschinellen Tunnelbau ermöglichen. Hierzu gehören insbesondere das gleichzeitige Vorpressen der Vortriebseinheit (Schild und Maschinenrohr) und des angeschlossenen Rohrstrangs aus einem Startschacht heraus (Bild 1), die stetige Schmierung und Stützung des Ringraums während des Vortriebs, der Einbau von Fertigteilrohren und das erst nachträgliche Verdämmen des Ringraums in der Endlage des Rohrstrangs.

Darüber hinaus bestehen weitere kleinere, verfahrensspezifische Unterschiede. Demgegenüber existieren jedoch wesentliche Gemeinsamkeiten hinsichtlich des Bodenabbaus (z. B. der

Rail routes which have to be undertunnelled must be taken into account at an early stage when planning pipe strings. The same applies during the further planning phase for the related rail-specific code of practice and the resultant criteria.

Pipe Jacking and trenchless Line Construction

The term pipe jacking embraces various methods for producing pipeline strings with the most varied requirements and utilisation concepts. Among other things, a distinction is drawn between single and multi-stage, steerable and non-steerable as well as manned and unmanned methods. The common driving methods for larger diameters (large-diameter pipe jacking) are based on principles, which enable a clear distinction to be drawn with mechanised tunnelling. This includes in particular the simultaneous thrusting of the driving system (shield and machine pipe) and the connected pipe string from a launch shaft (Fig. 1), the constant lubrication and supporting of the annular space during the excavation, the installation of the precast pipes followed by the grouting of the annular space once the pipe string has reached its final position.

In addition, there are a number of minor process-specific differences. At the same time, however, there are substantial common features with respect to removing the soil (e.g. application of a cutting wheel) (Fig. 2), muck disposal (e.g. by hydraulic means) and face support (e.g. fluid or EPB support). Common methods include excavations with open hood shield and excavator boom, micro-tunnelling/shield machines with fluid or EPB support as well as, constituting part of trenchless line construction, the horizontal directional drilling (HDD) method.

Einsatz eines Schneidrads) (Bild 2), der Abraumförderung (z. B. hydraulisch) und der Ortsbruststützung (z. B. Flüssigkeits- oder Erddruckdruckstützung).

Weit verbreitete Verfahren sind unter anderem Vortriebe mit offenem Haubenschild und Zughacke, Microtunnelling-/Schild-maschinen mit Flüssigkeits- oder Erddruckstützung sowie, als Teil des grabenlosen Leitungsbaus, die Horizontal-Spülbohrverfahren (HDD-Verfahren = Horizontal Directional Drilling).

Regelwerk der Deutschen Bahn AG

Das Regelwerk der Deutschen Bahn AG ist insgesamt sehr umfangreich und unterliegt einer ständigen Fortschreibung. Dabei sind häufig zahlreiche Querverweise zu weiteren DB-Vorschriften und auch zu mitgeltenden Vorschriften integriert – so zum Beispiel von der DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.) und der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.).

Für den Bereich der Querungen unter Bahngleisen sind insbesondere die Ril 836 "Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten" und die Ril 877 "Gas- und Wasserleitungskreuzungsrichtlinie" (2015) maßgebend. Entsprechend der Leitungsspezifika existieren noch die Ril 878 "Stromleitungskreuzungsrichtlinie" (2016) und die Ril 879 "Telekommunikationskreuzungsrichtlinie" (2016).

Die Erstellung von Rohrquerungen durch Dritte sowie deren Instandhaltung wird zwischen der DB Netz AG und dem Dritten im Rahmen eines Gestattungsvertrags bzw. Kreuzungsvertrags vor Baubeginn geregelt; dabei ist zuerst ein "Antrag auf grundsätzliche Zustimmung" und im Weiteren ein "Antrag auf Zustimmung einer neuen Leitungskreuzung…" zu stellen. In diesen Verträgen werden die Vertragspartner, der Kreuzungsort, die Leitungsart, das Leitungsmaterial inklusive eventueller Beschichtungen, die Schutzmaßnahmen für den Bahnkörper, die Schutzstreifen usw. möglichst detailliert beschrieben und die beizufügenden Unterlagen aufgezählt. Lückenlos ausgefüllte und widerspruchsfreie Anträge ermöglichen auch eine schnelle Bearbeitung bei der DB Netz AG.

Das grundsätzliche und oberste Ziel der Anforderungen ist die jederzeitige Gewährleistung der Betriebssicherheit und Streckenverfügbarkeit. Dafür sind unter anderem folgenden Kriterien zu erfüllen:

- "Vor Beginn der Planungen von Vortriebsarbeiten ist ein geeignetes, objektspezifisches Baugrundgutachten mit Risikobeurteilung und Prognose der zu erwartenden Oberflächensetzungen zu erstellen (Anmerkung: Dies gilt insbesondere für die Gleisbereiche), anhand dessen das Vortriebsverfahren festgelegt wird." [Ril 877.2101, Kap. 2]
- "Beim Einsatz von Rohrvortriebsverfahren ist eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B ≥ 2 x D₃ einzuhalten." [Ril 877.2101, Kap. 2]
- "Während und nach Vortriebsarbeiten ist die Gleisanlage regelmäßig bis zum Abklingen der Setzungen zu überwachen."
 [Ril 877.2101, Kap. 5]; die Häufigkeit und das Ende der Überwachungstätigkeiten ist mit dem beauftragten Geotechnischen

The Deutsche Bahn AG's Code of Practice

The Deutsche Bahn AG's code of practice is all in all very extensive and is subject to ongoing revision. In this respect, frequently numerous cross-references to further DB regulations and also related codes are integrated – as e.g. from the DVGW (German Technical and Scientific Association for Gas and Water Inc.) and the DWA (German Association for Water, Wastewater and Waste Inc.).

The directive Ril 836 "Planning, Constructing and Maintaining Earth Structures and other geotechnical Structures" and the Ril 877 "Gas and Water Line Crossing Directive" (2015) hold sway for the sector relating to crossings under rail tracks. In keeping with line specifications there are also the Ril 878 "Electricity Line Crossing Directive" (2016) and the Ril 879 "Telecommunications Crossing Directive" (2016).

The production of pipe crossings by third parties as well as their maintenance is regulated prior to the start of construction between the DB Netz AG and the third party within the framework of a licensing agreement or crossing agreement; towards this end, first of all an "application for basic approval" and then an "application for approving a new line crossing" must be tabled. In these contracts, the partners to the agreement, the location of the crossing, the type of crossing, the crossing material including possible coatings, protective measures for the track body, the protected area etc. are described in as much detail as possible and the enclosed documents are listed. Applications that have been completed properly without contradiction enable the DB Netz AG to process them speedily.

The essential and primary aim of these demands is to assure operational safety and route availability at all times. Towards this end, the following criteria must be fulfilled:

- "Prior to planning driving operations a suitable, object-specific ground report with risk assessment and a prediction of the expected surface settlements must be drawn up (NB: this applies especially for the track areas), on the basis of which the driving method is determined". [Ril 877.2101, Chap. 2]
- "A minimum soil overburden of $h_B \ge 2 \times D_a$ must be maintained". [Ril 877.2101. Chap. 2]
- "During and after driving operations the track must be monitored regularly until settlements have ceased". [Ril 877.2101, Chap. 5]; the frequency and the end of the monitoring activities must be established in conjunction with the commissioned geotechnical consultant and the coordinator for the permanent way (Alv Ob) from the DB Netz AG
- "In the event of an overcut exceeding 10 mm the annular space must be grouted"
- "HDD methods may only be executed beneath railway lines with a ballast track and locally approved speeds $V_{zG} \le 160$ km/h in accordance with this module" [Ril 877.2103. Chap. 2]
- "Gas and water pipeline crossings should not be located beneath track joints and points. [...] It is forbidden to install lines using trenchless construction methods at such locations". [Ril 877.2101, Chap. 2]; the same applies for electricity and telecommunication lines. Furthermore, geological transition zones should be avoided.



2 Maschinenrohr DA 735 mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust und Felsbohrkopf Machine pipe DA 735 with fluid-supported face and rock cutter head

Gutachter und dem Anlagenverantwortlichen Oberbau (Alv Ob) der DB Netz AG festzulegen.

- "Bei einem Überschnitt von mehr als 10 mm muss der Ringraum verpresst werden."
- "HDD-Verfahren dürfen nur unter Eisenbahnstrecken mit Schotteroberbau und örtlich zulässigen Geschwindigkeiten V_{zG} ≤ 160 km/h nach Maßgabe dieses Moduls ausgeführt werden." [Ril 877.2103, Kap. 2]
- "Gas- und Wasserleitungskreuzungen sollen nicht unter Schienenstößen und Weichen liegen. [...] Der Einbau von Leitungen mit grabenlosen Bauverfahren ist an diesen Stellen verboten."
 [Ril 877.2101, Kap. 2]; Gleiches gilt für Strom- und Telekommunikationsleitungen. Ebenfalls sollten auch geologische Wechselzonen gemieden werden.

Als weitere wesentliche Richtlinien und Vorschriften im Zusammenhang mit dem Rohrvortrieb unter DB-Gleisanlagen sind das DWA-A 125 bzw. DVGW-Arbeitsblatt GW 304 "Rohrvortrieb und verwandte Verfahren" sowie das DWA-A 161 "Statische Berechnung von Vortriebsrohren" zu nennen. Durch die "Verwaltungsvorschrift über die Bauaufsicht im Ingenieurbau, Oberbau und Hochbau" (VV BAU) werden die Verantwortlichkeiten und Beteiligungen der Überwachungsorgane definiert.

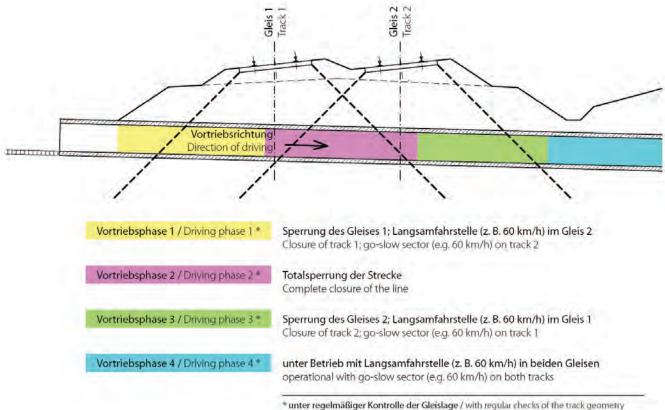
The DWA-A 125 as well as the DVGW work sheet GW 304 "Pipe Jacking and associated Methods" as well as the DWA-A 161 "Static Calculation of Jacking Pipes" must be mentioned as further essential guidelines and regulations in conjunction with pipe jacking beneath DB permanent ways. Those responsible and taking part from the monitoring organs are defined in the "Administrative Directive on supervising Construction in Civil Engineering, Permanent Railway Engineering and Structural Engineering" (VV BAU).

Scheduled protective Measures for Line Crossings

The directives Ril 836/877 provide for scheduled measures to protect rail operation, which are intended to assure operating safety and route availability. Towards this end, a distinction is drawn between protective measures on the part of the railways, which are established by the DB AG, and protective measures relating to the actual excavation, which are proposed by the utility operator. These essential protective measures include:

- Regular measurement technical monitoring of the permanent way until movements cease (change in position of the ground and the tracks or foundations).
- Immediate aligning and tamping the tracks with ballast track should the project-specific established limit values be exceeded.
 Aligning and tamping of the tracks to correct height and position

/credit: DB Netz AG



and regenialistic formation and declarate and region of the track geometry

3 Prinzipskizze: Koordination von Zugverkehr und Rohrvortrieb Schematic diagram: coordination of train services and pipe jacking

Planmäßige Schutzmaßnahmen bei Leitungsquerungen

Für den Schutz des Bahnbetriebs sehen die Richtlinien Ril 836/877 planmäßig Maßnahmen vor, die die Betriebssicherheit und Streckenverfügbarkeit gewährleisten sollen. Hierbei wird unterschieden zwischen bahnseitigen Schutzmaßnahmen, die von der DB AG festgelegt werden, und vortriebsbezogenen Schutzmaßnahmen, die durch den Leitungsbetreiber vorgeschlagen werden. Die Maßnahmen sind unter Berücksichtigung der Verfahrensart umzusetzen. Im Einzelnen zählen zu den wesentlichen Schutzmaßnahmen:

- Regelmäßige messtechnische Überwachung der Gleisanlage bis zum Abklingen der Bewegungen (Lageänderung des Baugrunds und der Gleise bzw. Fundamente).
- Sofortiges Richten und Stopfen der Gleise mit Schotteroberbau bei Überschreitung der zuvor projektspezifisch festzulegenden Grenzwerte. Ein Richten und Stopfen der Gleise zur Höhen- und Lagekorrektur ist bei dem Oberbausystem Feste Fahrbahn (FF) nicht möglich. Dieses System ist besonders setzungsempfindlich und bietet nur begrenzte Instandsetzungsmöglichkeiten. Bereits in der Einbauphase der Festen Fahrbahn werden hohe Anforderungen an den Erdkörper (absolut standfest) und an die Verdichtung des Dammschüttmaterials gestellt. Sofern Setzungen auftreten, die nicht über die Schienenstützpunkte ausgeglichen werden können und daher eine Gleislagenkorrektur erfordern, müssen geotechnische Maßnahmen in Form

is not possible in the case of the solid slab track. This system is particularly prone to settlements and only affords limited opportunities for maintenance. High demands are already posed on the embankment (absolutely stable) and on the compacting of the fill material during the installation phase. Should settlements occur, which cannot be rectified via the track support points and thus require the track to be stabilised, then geotechnical measures in the form of compensation grouting must be introduced. This can essentially be accomplished during uninterrupted services although it involves high outlay and risks.

- The setting up of speed restrictions in the form of a go-slow sector is basically feasible, however, taking route priority on the one hand and, if need be, necessary lead times (application and preparation period for operating and building instructions (Betra)) on the other, so not desirable. Detailed conditions on the necessity and effects on rail operation always have to be coordinated with the DB AG special services.
- Installation of ancillary bridges or usually small ancillary bridges.
- Choice of an installation method causing low settlements, largely influenced by steering the excavation and the applied quality assurance programme.
- Immediate pipework in the form of directly installed product pipes.
- Ground stabilisation by means of geotechnical injections.
- Backfilling the cavities around the pipe string (annular space) drawn in, applied as secondary grouting following up on the excavation. This caters for sustainable and complete filling of the

Quelle/credit: DB Netz AG

von Kompensationsinjektionen eingeleitet werden. Dies ist grundsätzlich unter dem rollenden Rad möglich, jedoch mit hohem Aufwand und Risiken verbunden.

- Das Einrichten von Geschwindigkeitsbeschränkungen in Form einer Langsamfahrstelle (La) ist grundsätzlich möglich, jedoch unter Berücksichtigung der Streckenpriorität einerseits und ggf. notwendiger Vorlaufzeiten (Antrags- und Aufstellungszeitraum für eine Betriebs- und Bauanweisung (Betra)) andererseits nicht erstrebenswert. Detailabstimmungen über die Notwendigkeit und Auswirkungen auf den Fahrbetrieb sind immer mit den Fachdiensten der DB AG abzustimmen.
- Einbau von Hilfsbrücken bzw. meistens Kleinhilfsbrücken (KHB).
- Wahl eines setzungsarmen Einbauverfahrens, maßgeblich beeinflusst durch die Vortriebssteuerung und das installierte Qualitätssicherungsprogramm.
- Sofortverrohrung in Form von direkt eingebauten Produktenrohren.
- Stabilisieren des Bodens durch geotechnische Injektionen.
- Verfüllung der vortriebs- und verfahrensbedingten Hohlräume um den eingezogenen Rohrstrang (Ringraum) als Sekundärverpressungen im Nachgang zum Vortrieb. Dies dient der dauerhaften und vollständigen Ringraumverfüllung nach Abschluss der Vortriebsarbeiten. Die Sekundärverpressungen sind mit einem geeigneten, dauerhaften und volumenstabilen Material im direkten Anschluss an den Rohreinzug durchzuführen. Dabei ist die vollständige Verfüllung des gesamten Ringspalts sicherzustellen und zu dokumentieren. Die Verfüllung muss eine Endfestigkeit von ≥ 1,0 N/mm² aufweisen.

Neben den dargestellten Schutzmaßnahmen existieren maschinen- und verfahrensimmanente sowie weitere organisatorische Möglichkeiten, die im Abschnitt "Qualitätssicherungsstrategien" beschrieben werden.

Unterquerung von Bahngleisen auf Basis objektspezifischer Regelungen

Sofern eine geplante Rohrquerung von den allgemeinen Auflagen und Regeln der DB-Richtlinien abweicht, werden durch die Fachdienste der DB AG objektspezifische Regelungen aufgestellt und im Rahmen einer Fachtechnischen Stellungnahme definiert. Diese Stellungnahme ist wesentlicher Bestandteil der sogenannten Unternehmensinternen Genehmigung (UiG). Sofern elementare, sicherheitsrelevante Aspekte bei der geplanten Leitungsquerung nicht eingehalten werden können (bauaufsichtlich relevante Regelungen sind in den Ril entsprechend markiert durch einen sogenannten senkrechten "EBA-Balken" am Rand der Ril), erfolgt durch Ansprache der DB Netz AG die Beteiligung der Zentrale des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA). Im Rahmen einer "Zustimmung im Einzelfall" (ZiE) erteilt die Zentrale des EBA mit der Auflage, weitergehende Nebenbestimmungen einzuhalten, die Zustimmung zur geplanten Haltung. Damit sind die bauordnungsrechtlichen Voraussetzungen zur Ausführung geschaffen. Die Bearbeitungsdauer der jeweiligen Genehmigung bzw. Zustimmung umfasst

annular space following the conclusion of the driving operations. Secondary grouting must ve carried out with a suitable, durable and volumetrically stable material directly after the pipes have been drawn in. In this regard, care must be taken to ensure and document that the entire annular gap has been filled. The backfill must possess an ultimate strength of $\geq 1.0 \text{ N/mm}^2$.

Apart from the preventive measures that were presented, mechanised and process-specific as well as further organisational opportunities exist, which are described in the section devoted to "Quality Assurance Strategies".

Undertunnelling Railway Tracks based on object-specific Regulations

Should a planned pipe crossing deviate from the general directives and regulations contained in the DB guidelines, object-specific regulations are drawn up by the DB AG special services and defined within the scope of a technical appraisal. This appraisal represents an important element of what is known as "Corporate Approval" (UiG). Should elementary, safety-related aspects fail to be observed in the case of the planned line crossing (regulations relevant for the construction authorities are normally marked correspondingly in the Ril by a so-called vertical "EBA bar" in the margin of the Ril), the Federal Railway central office becomes involved at the behest of the DB Netz AG. Within the scope of "Approval in an individual Case" (ZIE) the EBA central office issues the permit for the planned string under the provision that further reaching ancillary clauses must by adhered to. In this way, the prerequisites of construction law allowing for execution have been created. The amount of time required for processing the given permit or approval lasts several months, so that an application and the related compilation of the necessary documents must be undertaken at an early stage of the project.

Common Safety Method

A Corporate Approval for a line crossing is only awarded providing that the required deliberations on the CSM (Common Safety Method) have been undertaken together with the application for the awarding



Quelle/credit: Google Maps

4 Rohrvortriebstrasse DN 2500 mit Hydroschildmaschine unter Bahngleisen

DN 2500 pipe jacking section with hydroshield machine beneath railway tracks

mehrere Monate; daher sollte eine Antragstellung und die damit einhergehende Zusammenstellung der notwendigen Unterlagen frühzeitig im Projektablauf erfolgen.

Common Safety Method

Eine UiG für eine Leitungsquerung wird nur erteilt, wenn mit dem Antrag auf Erteilung einer UiG auch die erforderlichen Betrachtungen zum CSM-Verfahren (Common Safety Method) durchgeführt wurden. Bei Anwendung dieser Gemeinsamen Sicherheitsmethode erfolgt die Evaluierung und Bewertung von Risiken gemäß Artikel 6. Absatz 3. Buchstabe a der Richtlinie 2004/49/EG bzw. Ril 451.0100. Hierbei wird die Baumaßnahme im Hinblick auf Sicherheitsrelevanz und Signifikanz (Kriterienbewertung im Hinblick auf Eintrittswahrscheinlichkeit und Ausfallfolgen) geprüft. Da die Unterguerung von Eisenbahninfrastruktur immer sicherheitsrelevant ist (ein Systemausfall führt zu einer Gefährdung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung), entscheidet die Bewertung der Signifikanz (z. B. über die Anwendung des standardisierten "Signifikanztest Bau"), ob aufgrund eines hohen Risikopotentials ein weitergehendes sogenanntes Risikomanagementverfahren (RMV) angewendet werden muss oder ob, bei Vorliegen eines nur geringen Risikos, die Bewertung abgeschlossen ist. Sofern kein RMV angewendet werden muss, erfolgt der Ausstieg aus dem Bewertungsverfahren. Für die Umsetzung der Baumaßnahme ist dann die sogenannte "Eigene Sicherheitsmethode" anzuwenden, in der die Gefährdungsermittlung dargestellt und durch Definition von Maßnahmen die Beherrschbarkeit der Gefährdung dargelegt wird.

Weitere Auflagen, Prüfungen und Nachweise

Über die Auflagen/Hinweise der UiG und der Nebenbestimmungen der ZiE wird regelmäßig die Mitwirkung eines vom EBA anerkannten Geotechnischen Gutachters (Sachgebiet Geotechnik, Tätigkeitsbereich Tunnelbau) festgelegt. Hierdurch soll die Einhaltung der entsprechenden Auflagen durch einen unabhängigen, mit dem Verfahren vertrauten Sachverständigen sowie eine fachtechnische Begleitung des Vortriebs sichergestellt werden. Des Weiteren erfolgt eine bautechnische Prüfung der unternehmerseitigen Vortriebsberechnungen. Hierbei werden Standsicherheitsberechnungen zur Ortsbruststabilität für alle Vortriebszustände, die statische Nachweisführung der Produktenrohre, die Setzungsprognose und ggf. die Druckluftbedarfsrechnung überprüft.

Weiterhin werden häufig ein Beweissicherungsverfahren, der Einsatz eines erfahrenen Bauüberwachers Bahn (BÜB) mit Referenzen für das jeweilige Verfahren, ein abgestimmter Alarm- und Sicherheitsplan, die Vorlage von Eignungs- und Qualifizierungsnachweisen des Unternehmers sowie eine umfangreiche Dokumentation gefordert.

Koordination mit dem Zugverkehr

Eine baupraktisch schwierige Auflage ist die Forderung nach einer Koordination der Vortriebsarbeiten mit dem Zugverkehr (Bild 3).

of a Corporate Approval. During the application of the Common Safety Method, risks are evaluated and assessed on accordance with Article 6, Para 3, Letter a of Guideline 2004/49/EC or Ril 451.0100. In this case, the construction scheme is scrutinised with regard to its safety relevance and significance (criteria assessment with respect to probability of occurrence and failure consequences). As crossing a railway structure is always safety-relevant (should a system fail there are consequences for public safety and order), it is decided based on the assessment on the significance (e.g. regarding the application of the standardised "significance test for construction"), whether a further-reaching, so-called risk management process must be applied or whether, should there only be a slight risk, the assessment can be concluded.

If a risk management process is not necessary then the so-called Own Safety Method must be applied for executing the construction measure. In this method the detecting of danger is presented and appropriate measures on how to master it are defined.

Further Provisions, Tests and Verifications

Via the provisions/directives of the Corporate Approval and the Approval in an individual Case, secondary regulations, the cooperation of a geotechnical consultant (specialising in geotechnics, field of activity: tunnelling) recognised by the EBA is appointed. In this way, adherence to the corresponding provisions by an expert, who is familiar with the method as well as a technical back-up for the excavation, is assured. Furthermore, a technical test to screen the entrepreneur's driving calculations is undertaken. Towards this end, face stability calculations for all driving states, static provision of proof for the product pipes, the settlement prediction and, if need be, calculation of the compressed air requirement, are checked. In addition, a preservation of evidence procedure, the application of an experienced Railway Construction Supervisor (BÜB) with references pertaining to the method in question, a coordinated alarm and safety plan, presentation of suitability and qualification proofs on the part of the entrepreneur as well as a comprehensive documentation are called for.

Coordination with Train Services

The demand for coordinating the driving activities with train services is a complicated provision in terms of construction practice (Fig. 3). The intention is to undertake driving only in those parts of the permanent way, which are not carrying train traffic (e.g. through a complete closure) or to set up a go-slow section on the affected track when the excavation is approaching. The applicability of this measure theoretically exists, however, it can only seldom be realised if at all in practice (e.g. on branch lines and/or given low traffic volumes) (Fig. 4). The reasons for this are the lengthy lead times (approx. two years) for registering track closures, which take place within a planning phase for the construction scheme, during which the details relevant for driving are often still unknown. Furthermore, the precise scheduling of closure periods stands at odds with the typical risk of obstacles to driving. A further conflict of goals emerges with the demand that pipe jacking should be carried out continuously

Die Intention ist, den Vortrieb nur in den Bereichen der Gleisanlage durchzuführen, in denen kein Zugverkehr erfolgt (z.B. durch eine Totalsperrung) bzw. bei Annäherung des Vortriebs eine Langsamfahrstelle in dem betreffenden Gleis festzulegen. Die Umsetzbarkeit dieser Forderung ist theoretisch gegeben, jedoch baupraktisch quasi nicht bzw. selten zu realisieren (z.B. auf untergeordneten Strecken und/oder bei niedriger Taktfrequenz) (Bild 4). Die Gründe hierfür sind die langen notwendigen Vorlaufzeiten (ca. zwei Jahre) für die Anmeldung von Gleissperrungen, die in einer Planungsphase der Baumaßnahme erfolgen, in der vortriebs- und verfahrensrelevante Details häufig noch nicht feststehen. Des Weiteren steht der fixen Terminierung von Sperrpausen das bauarttypische Risiko von Vortriebshindernissen entgegen. Ein weiterer Zielkonflikt ergibt sich mit der Forderung nach Durchlaufbetrieb des Rohrvortriebs unter Gleisanlagen (konkret im Einflussbereich der Eisenbahnverkehrslasten), so dass Stillstände des Vortriebs infolge fehlender Sperrungen bzw. aufgrund von Zugbelegungen nicht tolerierbar sind. Die Forderung nach

Koordination mit dem Zugverkehr ist als Soll-Bestimmung formuliert, von der gemäß DB-Nomenklatur abgewichen werden darf, sofern dies unter Beteiligung des Anlagenverantwortlichen aktenkundig begründet wird. Daher kann über die Anwendung entsprechender Kompensationsmaßnahmen ein gleichwertiges Sicherheitsniveau erreicht werden. Hierzu kommen insbesondere die nachfolgend dargestellten Qualitätssicherungsstrategien in Frage.

Qualitätssicherungsstrategien

Zur Gewährleistung der Betriebssicherheit und der Streckenverfügbarkeit werden Qualitätssicherungsstrategien angewendet, die auch eine Kompensation von Vorschriftenabweichungen bei der Querung von Bahntrassen ermöglichen, sofern eine projektspezifische Adaption erfolgt und durch einen EBA-Sachverständigen begleitet wird.



Tachymeter- und Inklinometermesssystem

Tachymeter and inclinometer measuring system

beneath permanent ways (to be exact, in the sphere of influence of rail traffic loads) so that standstills in driving on account of a lack of closures or train occupancies cannot be tolerated. The call for coordination with train services is formulated as a target requirement, which can be veered away from in keeping with DB nomenclature providing this is put on record with the involvement of the track coordinator. Thus a similar safety level can be arrived at through the application of corresponding compensation measures. In this connection, the following quality assurance strategies presented apply in particular.

Quality Assurance Strategies

To assure operational safety and route availability, quality assurance strategies are applied, which also facilitate a compensation of deviations from regulations, when crossing railway routes, providing a project-specific adaption takes place in conjunction with an EBA expert. All organisational and technical measures are interpreted as a quality assurance strategy, which serve to produce and maintain a defined quality for pipe jacking processes in a pre-

paratory, accompanying and scrutinising role.

Measuring Concept

To fulfil demands in keeping with the DB code of practice and beyond as part of a sustainable compensation measure (e.g. for train coordination deviating from pipe jacking) a comprehensive measurement programme must be worked out eyond the scheduled application of regulations. This serves to check the tracks, traction wire masts, supporting walls and other structures to be undertunnelled. Owing to the different requirements in the construction area, various measuring systems must be used for monitoring purposes (Fig. 5). For example, horizontally arranged chain inclinometers, which are preferably attached to the rails, can be applied to record vertical deformations. By setting up the inclinometers on both rails of a track, it is possible to monitor both the track settlement and distortion.

Als Qualitätssicherungsstrategie werden alle organisatorischen und technischen Maßnahmen verstanden, die vorbereitend, begleitend und prüfend der Schaffung und Erhaltung einer definierten Qualität eines Rohrvortriebs dienen.

Messkonzept

Zur Erfüllung der Anforderungen gemäß DB-Regelwerk und darüber hinaus als Teil einer belastbaren Kompensationsmaßnahme (z. B. für die Abweichung von der Zugkoordination mit dem Rohrvortrieb) muss, über die planmäßige Forderung der Vorschriften hinausgehend, ein umfassendes Messprogramm erarbeitet werden. Dieses dient der Kontrolle von zu unterfahrenden Gleisen, Oberleitungsmasten, Stützwänden und sonstigen Bauwerken. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen im Baufeld müssen verschiedene Messsysteme zur Überwachung eingesetzt werden (Bild 5). Beispielsweise können mit horizontal angeordneten Ketteninklinometern, die vorzugsweise an den Schienen befestigt werden, vertikale Verformungen erfasst werden. Durch die Anordnung der Inklinometer an beiden Schienen eines Gleises kann neben der Gleissetzung auch die Verwindung überwacht werden. Alternativ zum Einsatz von Ketteninklinometern können automatisierte Tachymetermessungen von verschiedenen Standpunkten durchgeführt werden. Über den Aufbau von Prismen an jedem Schienenstrang können Setzungen (auch Absolutsetzungen) sowie Gleisverkippungen/-verwindungen erkannt werden. Grundvoraussetzung für den Einsatz von Tachymetern ist die ungehinderte Sichtbarkeit der einzelnen Messpunkte in jedem Messintervall. Hier ist grundsätzlich eine eingehende Prüfung der Örtlichkeit und der Umsetzbarkeit notwendig.

Zur Überwachung von Oberleitungsmasten können Neigungssensoren und Schlauchwaagen vorgesehen werden. Mit den Neigungssensoren kann die Überwachung der Schiefstellung der Maste erfolgen, und mit dem Schlauchwaagensystem werden die Setzungen gemessen.

Systemunabhängig müssen Messintervalle für die Kontrolle der Höhen- und Lageverschiebung sämtlicher Messpunkte unter Berücksichtigung der Zugfrequenz definiert und durchgeführt werden. Beispielsweise empfiehlt sich eine Häufigkeit von mindestens sechs Messungen pro Stunde im Bereich von Hochgeschwindigkeitsstrecken. Sofern für die einzelnen Gleise eine eindeutige und dauerhafte zeitliche Nutzungseinschränkung gegeben ist, können die Messintervalle entsprechend angepasst werden. Die aus den Messungen resultierenden Ereignismaßnahmen müssen auf die tatsächliche Gleisbelegung abgestimmt werden.

Der Bereich vor der Vortriebsmaschine ist immer über mindestens 15 m messtechnisch aufzunehmen, um der Ortsbrust vorauseilende Setzungen sicher festzustellen. Das Messystem muss unter Berücksichtigung der Vortriebsgeschwindigkeit geplant werden. Grenzwerte sind mit dem Alv Ob vor Baubeginn auf Grundlage der Ril für Oberbau festzulegen. Um eine Überschreitung des Grenzwertes im Zuge des Vortriebs zu verhindern, werden zusätzliche Warn- und Alarmwerte definiert, bei deren Erreichen Maßnahmen ergriffen werden – in Form von erhöhter Aufmerksamkeit

Automatic tachymeter measurements from various locations can be undertaken instead of applying chain inclinometers. By setting up prisms on each rail assembly, settlements (also absolute settlements) and rail tilts/distortions can be detected. The basic prerequisite for the application of tachymeters is unobstructed visibility of the individual measuring points during each measuring interval. Thorough scrutiny of the location and the extent of applicability are essential in this case.

Inclinometers and water level gauges can be given preference to monitor traction wire masts. By means of inclinometers it is possible to trace the inclined position of the masts and the water level gauge system is used to measure settlements.

Regardless of the applied system, measuring intervals for checking the height and positional displacement of all measuring points must be defined and executed taking train frequencies into account. For example, it is advisable to apply a frequency of six measurements per hour on high-speed lines. The measuring intervals can be altered accordingly as soon as a clear and sustained chronological usage restriction is provided. The incident actions derived from the measurements must be geared to the actual track occupancy.

The area in front of the driving machine must always be recorded over at least 15 m so that settlements in advance of the face can be safety identified. The measuring system must be planned taking the rate of advance into consideration. Limit values must be established in conjunction with the coordinator for the permanent way prior to the start of construction, in keeping with the "Ril" directive for the permanent way. In order to make sure that the limit value is not exceeded during the excavation, additional warning and alarm values are defined to resort to measures if they are in fact reached – in the form of enhanced attentiveness (e.g. warning value at 50% of the limit value) and also in the form of counter measures (e.g. alarm value at 70% of the limit value), like the adjustment of the support pressure.

Safety and Alarm Plan

The safety and alarm plan must ensure that all those persons directly involved in the project can be reached:

- Contractor,
- Client,
- Permanent way coordinator,
- Traffic controller.
- Construction supervisor rail
- EBA expert
- Specialised construction supervision,
- Commissioning coordinator.

In addition, the plan must contain details of the responsibilities as well as information and scheduled measurement proceedings. The various protected resources such as tracks, masts, supporting walls, etc., and the excavation (face, settlements, bomb disposal etc.) have to be considered separately.

Technical Report

The technical report on the pipe jacking machine should present the complete technical design and equipment of the machine as (z. B. Warnwert bei 50 % des Grenzwertes) und im Weiteren in Form von Gegenmaßnahmen (z. B. Alarmwert bei 70 % des Grenzwertes), wie etwa der Anpassung des Stützdrucks.

Sicherheits- und Alarmplan

Der Sicherheits- und Alarmplan muss die Erreichbarkeiten sämtlicher der direkt am Bau beteiligten Personen enthalten:

- Auftragnehmer,
- Auftraggeber,
- Anlagenverantwortlicher Fahrbahn,
- Fahrdienstleister,
- Bauüberwacher Bahn,
- EBA-Sachverständiger,
- Fachbauüberwachung,
- Inbetriebnahmeverantwortlicher.

Darüber hinaus müssen im Plan die Verantwortlichkeiten sowie die Informations- und Handlungsabläufe dargestellt werden. Die verschiedenen Schutzgüter, wie Gleise, Maste, Stützmauern, o. ä., und der Vortrieb (Ortsbrust, Setzungen, Kampfmittelfund etc.) sind separat zu berücksichtigen.

Technischer Bericht

Im Technischen Bericht zur Rohrvortriebsmaschine sollte die gesamte technische Gestaltung und Ausrüstung sowie Leistungsfähigkeit der Maschine bereits mit Angebotsabgabe durch den potenziellen Auftragnehmer dargestellt und mit Planunterlagen ergänzt werden. Die Beschreibung und die Ausführungspläne müssen einem Fachkundigen eine vollständige und zweifelsfreie Beurteilung der vorgesehenen Maschine und deren Arbeitsweise ermöglichen. Eine komplette Maschinenbeschreibung dient darüber hinaus auf der Baustelle allen am Vortrieb Beteiligten als Informationsquelle für eine präventiven Störfallbewältigung.

Störfallanalyse

Das Ziel der Störfallanalyse ist es, mögliche Störfallszenarien beim Rohrvortrieb zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu planen – zur Prävention im Sinne der Schadensvermeidung sowie zur Bewältigung bei Schadenseintritt. Die Risikoprävention muss darauf ausgelegt sein, den jeweiligen Störfall erst gar nicht eintreten zu lassen. Beispielhafte Störfälle sind hier das Blockieren des Schneidrads, das Verklemmen des Rohrstrangs und erhöhte Setzungen. Der Auftragnehmer hat die Maßnahmen zur Prävention und zur Bewältigung der Störfallszenarien zu beschreiben.

Arbeits- und Verfahrensanweisungen

Das bauausführende Unternehmen muss vor Aufnahme der Vortriebsarbeiten sämtliche relevanten Tätigkeiten im Rahmen von separat aufzustellenden Arbeitsanweisungen beschreiben und dem Auftraggeber zur Prüfung vorlegen. Hierzu gehören insbesondere Tätigkeiten zur Steuerung und Richtungskontrolle, zur Aufrechterhaltung der Ortsbrust-und Ringraumstützung, zur Überwachung der Massenbilanz etc.

well as its performance together with the tender submission by the potential contractor, backed up by planning documents. The description and the implementation plans must enable an expert to provide a complete and unequivocal assessment of the proposed machine and its manner of working. In addition, a complete description of the machine serves as a source of information for preventing disruptions in advance for all those involved in the driving process.

Incident Analysis

The purpose of incident analysis is to identify possible incident scenarios during pipe jacking and plan corresponding measures – for preventing potential damage as well as to master damage events. Risk prevention must be geared towards preventing the given incident from occurring in the first place. Examples of incidents in this case are the blockage of the cutting wheel, the pipe string becoming jammed and increased settlements. The contractor must describe the measures for prevention and for mastering the incident scenarios.

Working and procedural Instructions

The responsible contractor must first describe all relevant activities within the framework of separately drawn up working instructions prior to commencing driving operations and make them available for the client's appraisal. These include in particular activities relating to steering and directional control, maintaining face and annular space supporting, for monitoring the mass balance etc.

Driving Calculations

Static-structural calculations and verifications have to be provided on the part of the contractor within the scope of work preparation, which relate to the required driving forces, the compressed air supply (depending on the method), the product pipe, face stability and the settlement prognosis.

Staff Deployment and Machine Components

Only staff possessing sufficient experience with the chosen driving method can be deployed for the driving operations. This applies both for key personnel as well as skilled ones. The contractor is obliged to verify this prior to the driving operations to the client and the DB Netz AG in the form of references. This also includes documentation of the current approach on training.

In addition, the operational reliability of machine components must be confirmed at the beginning of driving. This applies in particular to components for face support, backfilling the annular gap, thrusting forces and recording the machine data.

Compiling the Driving Data

The accruing driving data must be collated completely and continuously and permanently stored digitally. The data have to be transferred to the client in prepared form at least once per working day. These data have to be analysed successively by the responsible contractor in accordance with construction progress. This enables corresponding conclusions to be drawn relating to the section that has still to be driven.



6 Rohrstrang mit Förder- und Speiseleitung Pipe string with conveyor and feed line

Vortriebsberechnungen

Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung sind auftragnehmerseitig statisch-konstruktive Berechnungen bzw. Nachweise zu führen, die sich auf die notwendigen Vortriebskräfte, den Druckluftbedarf (je nach Verfahren), das Produktenrohr, die Ortsbruststabilität und die Setzungsprognose beziehen.

Personaleinsatz und Maschinenkomponenten

Für die Vortriebsarbeiten darf nur Personal eingesetzt werden, das über ausreichende Erfahrung mit dem gewählten Vortriebsverfahren verfügt. Dies gilt sowohl für Schlüssel- als auch für Fachpersonal. Dies muss der Unternehmer im Vorfeld der Vortriebsarbeiten gegenüber dem Auftraggeber und der DB Netz AG in Form von Referenzen nachweisen. Dazu zählt auch die Dokumentation der aktuellen Schulungsübersicht.

Ebenso muss zu Beginn des Vortriebs die vollumfängliche Funktionstüchtigkeit der Maschinenkomponenten bestätigt werden. Dies betrifft insbesondere Komponenten der Ortsbruststützung, der Ringspaltverfüllung, der Pressenkräfte und der Maschinendatenaufzeichnung.

Vortriebsdatenerfassung

Die anfallenden Vortriebsdaten müssen vollständig und kontinuierlich erfasst und dauerhaft digital gespeichert werden. Mindestens einmal pro Arbeitstag sind die dokumentierten Daten dem AG in aufbereiteter Form zu übergeben. Diese Daten müssen vom ausführenden Unternehmen entsprechend dem Baufortschritt sukzessive ausgewertet werden, um entsprechende Rückschlüsse auf die noch bevorstehende Vortriebsstrecke ziehen zu können.

Massenbilanzierung

Während des Vortriebs ist die Überwachung der Massenbilanz des Bodenabbaus und der Ortsbruststabilität sicherzustellen. Dabei muss ein Abgleich des abgeförderten Volumens im Verhältnis zum theoretischen Ausbruchvolumen sowie eine Bewertung im Hinblick auf Baugrundanomalien und Konformität zur Prognose erfolgen.

Kick-Off-Meeting zum Vortriebsbeginn

Vor Vortriebsbeginn sollte mit sämtlichen am Bau Beteiligten ein Kick-Off-Meeting stattfinden, bei dem die vortriebsrelevanten Ausführungsdetails für alle verständlich erläutert und der aufgestellte Alarm- und Sicherheitsplan final abgestimmt und ausgehändigt wird. Darüber hinaus sollte eine Begehung der Baustelleneinrichtung und, sofern möglich, eine Trassenbegehung sowie eine detaillierte Einweisung in die Vortriebsanlage erfolgen.

Praxiserfahrungen, Probleme und Lösungen

Im Folgenden werden überblickartig anhand von drei ausgeführten Projekten Praxiserfahrungen mit Rohrvortrieben unter Bahngleisen mit Abweichungen zum Regelwerk dargestellt. Im Ruhrgebiet erfolgte ein Vortrieb DN 2000 mit offenem Haubenschild und Teilschnittmaschine auf einer Länge von 120 m mit minimalen Überdeckungshöhen von 3,1 m. Dabei wurden elf Gleise

Mass Balancing

During the driving operations, the mass balance for the soil excavated and the face stability must be secured. In this connection, a comparison of the extracted volume compared with the theoretical excavated volume as well as an assessment with respect to ground anomalies and conformity with the prognosis must take place.

Kick-Off Meeting at the Start of Driving

Prior to the excavation starting, a kick-off meeting should be scheduled with all those involved in the project for the purpose of clearly explaining the details for executing the excavation to everyone and to finalise and distribute the alarm and safety plan that has been drawn up. Furthermore, the construction site area should be inspected and if possible, the track inspected and a detailed instruction regarding the driving installation provided.

Practical Experience, Problems and Solutions

Practical findings with pipe jacking are provided as follows on the basis of three selected German projects beneath railway tracks with deviations from the code of practice.

In the Ruhr District, a DN 2000 excavation took place with an open hood shield and roadheader over a distance of 120 m with minimum overburden height of 3.1 m. In the process, eleven tracks and four supporting walls were undertunnelled and 13 traction line masts passed in the vicinity of their foundations. The special features of this track crossing related to a lack of approval regarding bomb disposal and the underpassing of supporting walls. Furthermore, the shallow overburden height from the upper edge of the sleeper to the pipe apex necessitated a Corporate Approval and an Approval in an individual Case, owing to a technical constraint in height affecting the route. In order to overcome these project-specific challenges and compensate for existing conditions, among other things an injection campaign undertaken from the shield to stabilise the shallow covered track areas and a supporting wall as well as a close-knit survey of the track area were implemented. The bomb disposal issue was taken into account through applying the hood shield,



7 Haubenschild vor perforierter Spritzbetonwand Hood shield in front of perforated shotcrete wall uelle/credit: IM

und vier Stützwände unterfahren sowie 13 Oberleitungsmasten im Nahbereich ihrer Gründung passiert. Die Besonderheiten dieser Gleisquerung lagen in der nicht erteilten Kampfmittelfreigabe und der Unterfahrung von Stützwänden. Infolge eines trassierungstechnischen Höhenzwangspunktes ergab sich zudem eine geringe Überdeckungshöhe von Schwellenoberkante zu Rohrscheitel, die eine UiG und eine ZiE erforderlich machte. Zur Beherrschung dieser projektspezifischen Herausforderungen und zur Kompensation der bestehenden Auflagen wurde unter anderem eine Injektionskampagne aus dem Schild heraus zur Stabilisierung der gering überdeckten Gleisbereiche und einer Stützwand sowie eine engmaschige Vermessung des Gleisbereichs umgesetzt. Der Kampfmittelthematik wurde durch den Einsatz des Haubenschilds, der eine handnahe, vortriebsbegleitende Begutachtung des Baugrunds zuließ, Rechnung getragen. Das Projekt konnte erfolgreich und mit geringen Setzungen von maximal 5 mm abgeschlossen werden.

Bei einem Projekt in Hessen wurde mit einer Vortriebsmaschine DN 2500 mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust eine Haltungslänge von 230 m unter insgesamt 30 Gleisen, sieben Weichen und vier Oberleitungsmasten hergestellt (Bild 6). Die Überdeckungshöhe lag bei rund 6 m, das Grundwasser stand bei ca. 2 m oberhalb der Rohrsohle an. Aufgrund des sensiblen Unterfahrungsbereichs wurden mehrere Kompensationsstufen definiert. Daraufhin wurde ein umfangreiches automatisches Vermessungssystem mit Tachymeter- und Inklinometermessungen installiert; zudem wurden bereichsspezifische Alarm- und Sicherheitspläne sowie ein detailliertes Qualitätssicherungsprogramm aufgestellt.

Insbesondere die vermessungstechnische Überwachung in Kombination mit Handlungsstrategien bei Erreichen von Warn- und Alarmwerten stellte ein zentrales Element dar. Über die Tachymetermessungen wurde die prognostizierte Setzungsmulde mit je zwei Messpunkten seitlich der Rohrachse mit einem Messintervall von 15–20 Minuten und über Inklinometerketten an den Hauptgleisen mit Messintervallen von 5 Minuten überwacht. Als Rückfallebene bei Systemausfall für die Bereiche ohne Inklinometerketten wurde vereinbart, dass in Abstimmung mit dem Bauüberwacher Bahn eine manuelle Messung durch einen Messtrupp gewährleistet war. Gleiches sollte bei anhaltenden sogenannten Messschatten infolge einer Sichtbehinderung durch Züge bei Tachymetermessungen erfolgen. Das Projekt wurde erfolgreich mit Maximalsetzungen von 5 mm umgesetzt. Nach Maßgabe des Bauüberwachers Bahn und dem Anlagenverantwortlichen Fahrbahn wurden Gleislagekorrekturen in Form von Stopfarbeiten an sechs Gleisen durchgeführt.

Für ein Großprojekt im Ruhrgebiet mussten im Vorfeld Rohrschirmsicherungen aus Stahlrohren für einen bergmännischen Vortrieb hergestellt werden, die im Nachgang mit Beton aufgefüllt wurden. Die insgesamt zehn Vortriebe erfolgten mit offenem Haubenschild DN 1600 (Bild 7) und Zughacke, wobei infolge künstlicher und natürlicher Hindernisse an der Ortsbrust häufig handgeführte Meißelwerkzeuge eingesetzt werden mussten. Die besondere Herausforderung des Vortriebs bestand aus geringer Überdeckung (minimal 2,2 m zu den Gleisen), Rohrbündelungen und dem projektspezifischen Risiko von ggf. im Baugrund verbliebenen

which provided close-up scrutiny of the ground accompanying the excavation. The project was successfully concluded with only slight settlements of maximum 5 mm.

At a project in Hesse, a DN 2500 driving machine with fluid-supported face was used to produce a 230 m long pipe section beneath a total of 30 tracks, seven sets of points and four traction wire masts (Fig. 6). The overburden height amounted to roughly 6 m; the groundwater level was roughly 2 m above the pipe floor. Owing to the sensitive undertunnelling area several compensation stages were defined. Consequently, an extensive automatic surveying system with tachymeter and inclinometer measurements was installed; furthermore, sector-specific alarm and safety plans as well as a detailed quality assurance programme were set up.

In particular, surveying technical monitoring combined with action strategies when warning and alarm values are reached represented a key element. The predicted settlement trough was monitored by means of the tachymeter measurements with in each case two measuring points at the sides of the pipe axis with a measuring interval of 15-20 min as well as with inclinometer chains on the main tracks with 5 min measuring intervals. After consultation with the construction supervisor rail it was agreed that a manual measurement by a surveying crew was provided as the fall-back level for systemfailure for areas without inclinometer chains. The same approach was to be applied in the case of persistent so-called measurement shadows as the result of visibility being obscured by trains during tachymeter measurements. The project was successfully concluded with maximum settlements of 5 mm. According to the construction supervisor rail and the permanent way coordinator, track corrections in the form of tamping work on six tracks were executed.

Pipe umbrella supports had to be produced from steel pipes prior to the start of conventional excavation works for a major project in the Ruhr District, which were subsequently filled with concrete. The total of ten drives were executed using an open DN 1600 hood shield (Fig. 7) and grabber, although often chisel tools had to be used manually at the face on account of artificial and natural obstacles. The special challenge for the excavation involved shallow overburden (minimum of 2,2 m beneath the railtracks), groups of pipes and the project-specific risk of possible bombs still buried in the ground. Consequently, the excavations were carried out without major problems, involving only minimum settlements up to a maximum of 15 mm and ahead of the scheduled date of completion.

Summary, Outlook and Recommendations

Crossing Deutsche Bahn AG tracks by the pipe jacking method is governed by numerous regulations. If these regulations are veered from, driving can nonetheless be facilitated by defining object-specific requirements by the DB AG special services in the form of a Corporate Approval and, should relevant aspects for the construction authority prevail, by the Federal Railway Authority. The resultant demands have to be fulfilled through suitable compensation measures. These include the compiling of an extensive measuring programme and an object-specific quality assurance programme as well as coordination being reached among those involved. The successful implementation of this

Kampfmitteln. Im Ergebnis konnten die Vortriebe ohne größere Beeinträchtigungen, mit geringen Setzungen bis max. 15 mm und vor dem kalkulierten Fertigstellungstermin durchgeführt werden.

Zusammenfassung, Ausblick und Empfehlungen

Die Unterquerung von Gleisanlagen der Deutschen Bahn AG im Rohrvortriebsverfahren ist über zahlreiche Vorschriften geregelt. Bei Abweichungen von diesen Regelungen kann der Vortrieb dennoch ermöglicht werden über die Definition objektspezifischer Anforderungen durch die Fachdienste der DB AG in Form einer UiG und, bei vorliegenden bauaufsichtlich relevanten Aspekten, durch das Eisenbahn-Bundesamt. Die sich hieraus ergebenden Anforderungen müssen durch geeignete Kompensationsmaßnahmen erfüllt werden. Dazu zählt u. a. die Aufstellung eines umfassenden Messprogramms und eines objektspezifischen Qualitätssicherungsprogramms sowie die detaillierte Abstimmung aller Beteiligten. Die erfolgreiche Umsetzung dieser Strategie wurde bereits mehrfach bei unterschiedlichen Projekten bewiesen. Grundsätzlich ist bei Bahnquerungen im Rohrvortrieb die frühzeitige Berücksichtigung der bahnspezifischen Regelwerke und der darin aufgezeigten Anforderungen sowie die Einbindung von EBA-Sachverständigen mit Erfahrungen im Rohrvortrieb notwendig.

strategy was already demonstrated on the basis of several projects. Essentially, the early consideration of the railway codes of practice and the requirements contained therein as well as the inclusion of EBA experts with experience in pipe jacking is necessary in the case of railway crossings using pipe jacking.

Literatur/References

- [1] Richtlinie 836 "Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten" (4. Aktualisierung, 12/2014)
- [2] Richtlinie 877 "Gas- und Wasserleitungskreuzungsrichtlinie" (07/2015)
- [3] Richtlinie 878 "Stromleitungskreuzungsrichtlinien" (01/2016)
- [4] Richtlinie 879 "Telekommunikationskreuzungsrichtlinien" (01/2016)
- [5] "Verwaltungsvorschrift über die Bauaufsicht im Ingenieurbau, Oberbau und Hochbau" (VV BAU), Eisenbahn-Bundesamt, (7/2013)
- [6] DWA-A 125 "Rohrvortrieb und verwandte Verfahren", Dezember 2008 (Korrekturblatt 07/2014)
- [7] DWA-A 161, Statische Berechnung von Vortriebsrohren" (03/2014)
- [8] Edelhoff, D., Handke, D. (2016): "Externes Prozesscontrolling maschineller Tunnelvortriebe bei aktuellen Großprojekten", Geo-Resources Zeitschrift 1/2016
- [9] Handke, D., Edelhoff, D. (2016): "Qualitätssicherungselemente und Risikomanagementstrategie für den maschinellen Tunnelbau – Vom Maschinenkonzept zum Prozesscontrolling", Geomechanics and Tunnelling 9 (2016), No. 3
- [10] Praetorius, S.; Schößer, B. (2016): "Bentonithandbuch, Ringspaltschmierung für den Rohrvortrieb", Ernst & Sohn Verlag, Berlin



NEUERSCHEINUNGNEW RELEASE

Bestellen Sie jetzt bei Profil Order now at Profil

DEUTSCH:

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

ENGLISCH:

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



G I



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

Fachtagungen Conferences Tunnel 1/2017

Deutschland

Forum Tunnelbau: Technische, vertragliche und finanzielle Herausforderungen bei Großprojekten



150 Gäste nahmen am Forum Tunnelbau der RWTH Aachen University teil. Vordere Reihe, von links: Sonja Ziegler, Prof. Martin Ziegler, Prof. Aloys Krieg

150 guests took part in the Forum on Tunnelling of the RWTH Aachen University. Front row, from left: Sonja Ziegler, Prof. Martin Ziegler, Prof. Aloys Krieg

Am 18. November 2016 fand an der RWTH Aachen University das erste "Forum Tunnelbau" statt. Anlass der Veranstaltung war die Eröffnung des Gotthard-Basistunnels – ein Mammut-Projekt, das siebzehn Jahre nach dem ersten Spatenstich sowohl im Zeit- als auch im Kostenrahmen fertig gestellt wurde. Hochkarätige Referenten setzten sich in diesem Zusammenhang mit der Frage auseinander, wie mit den erheblichen technischen, vertraglichen und finanziellen Risiken bei Großprojekten im europäischen und internationalen Umfeld umgegangen wird.

Ausstellung "Historische Alpendurchstiche"

Darüber hinaus hatten die Besucher Gelegenheit, die aus der Schweiz importierte Ausstellung über "Historische Alpendurchstiche" zu besichtigen. Eindrucksvoll wurde hier gezeigt, mit welchen Mitteln vor weit über hundert Jahren bereits Großprojekte wie der Gotthard-Straßentunnel, der Lötschberg- oder der Simplontunnel erfolgreich realisiert wurden. Reizvoll ergänzt wurden die alten Fotos, Pläne und Dokumente durch ein von der Firma Herrenknecht zur Verfügung gestelltes Modell einer Tunnelbohrmaschine am Gotthard-Basistunnel.

Eine besondere Ehre für die Veranstalter – den Lehrstuhl für Geotechnik im Bauwesen der RWTH Aachen University und den

Germany

Forum on Tunnelling: Technical, contractual and financial Challenges of major Projects



Begleitend zum Vortragsprogramm wurde die Ausstellung "Historische Alpendurchstiche" gezeigt

The exhibition, Historic Alpine Tunnels" was on view parallel with the lecture programme

The first Forum on Tunnelling (Forum Tunnelbau) took place on 18 November 2016 at the RWTH Aachen University. The occasion for the event was the opening of the Gotthard Base Tunnel – a mammoth project, which has now been completed, seventeen years after the first ground-breaking – both on time and within the cost framework. High-ranking speakers talked about the question of how to deal with the considerable technical, contractual and financial risks on major projects in Europe and worldwide.

Exhibition "Historic Alpine Tunnels"

The visitors also had the opportunity of viewing the exhibition "Historic Alpine Tunnels", which had been imported from Switzerland. This showed in an impressive manner the means used more than a hundred years ago to successfully build major projects like the Gotthard road tunnel, the Lötschberg or the Simplon Tunnel. The old photos, plans and documents were interestingly supported with a model of a tunnel boring machine from the Gotthard Base Tunnel made available by Herrenknecht.

It was a particular honour for the organisers – The Chair for Geotechnics in Construction of the RWTH Aachen University and the corresponding support association – to be able to welcome in Aachen Prof. Robert Fechtig, former professor for construction

Tunnel 1/2017 Fachtagungen Conferences 37

zugehörigen Förderverein – war es, mit Prof. Robert Fechtig, ehemals Professor für Bauverfahrenstechnik und Baubetrieb an der ETH Zürich, einen der "Väter" der historischen Ausstellung, in Aachen begrüßen zu dürfen.

Fachvorträge

Gastgeber Prof. Martin Ziegler, Prof. Aloys Krieg, Prorektor für Lehre, und Prof. Markus Oeser, Dekan der Fakultät für Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen University konnten 150 Gäste im gut gefüllten Hörsaal begrüßen. Den Vortrags-Auftakt machte Peter Zbinden, zehn Jahre lang CEO der AlpTransit Gotthard, der die Zuhörer "von den historischen Alpen- und Juradurchstichen zu den Erfolgsfaktoren des Gotthard-Basistunnels" führte – ein Beitrag, der zur Pflichtlektüre für jeden Projektmanager gehören müsste.

In Vertretung für Prof. Dirk Rompf, Vorstand Netzplanung und Großprojekte bei der DB Netz AG, stellte Heinz Ehrbar, Leiter Management Großprojekte bei der DB Netz AG, den geplante "Ausbau der Schieneninfrastruktur in Deutschland" vor. In einem weiteren Vortrag knüpfte Ehrbar, ehemaliger Leiter Tunnel- und Trasseebau der AlpTransit Gotthard AG, an den Beitrag von Peter Zbinden an und führte den "Umgang mit den wesentlichen Erfolgsfaktoren beim Bau des Gotthard-Basistunnels" weiter aus. Prof. Bastian Fuchs von den Topjus Rechtsanwälten machte einen Exkurs zu den Rahmenbedingungen und nationalen Sonderwegen bei Tunnelbauverträgen in Europa und stellte zudem einige internationale Lösungsansätze vor. Günter Osthoff und Jens Hallfeldt von der DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH widmeten sich anhand von zwei aktuellen Projektbeispielen aus dem Großprojekt Stuttgart-Ulm der "Vertragsgestaltung vor und nach der Vergabe". Im letzten Vortrag in diesem Block befasste sich schließlich Franz Bauer, Vorstand der ÖBB-Infrastruktur AG, mit früheren und derzeitigen Eisenbahntunnel-Bauprojekten in Österreich.

Internationale Projekte

Im Vortragssegment der internationalen Großprojekte präsentierte Thorsten Weiner die Erfahrungen der Porr Bau GmbH mit dem besonderen Vertragsmodell "Design-Build plus Provisional Sums" beim Bau der Metro Doha Green Line in Katar. Dr.-Ing. Michael Blaschko, Vorstand der Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, erläuterte im Folgenden sehr eindrücklich, wie beim Projekt Crossrail in London aus geteiltem Erfolg doppelter Erfolg werden konnte. Den Schlusspunkt der Vorträge setzte Martin Holfelder, Mitglied der Geschäftsleitung der Implenia Construction GmbH, Infrastructure – Global Projects, der das Spannungsfeld von Anspruch und Wirklichkeit mit einem Rundgang durch verschiedene skandinavische Großprojekte beleuchtete.

process technology and construction operations at the ETH Zürich University, one of the "fathers" of the historic exhibition.

Specialist Lectures

The hosts Prof. Martin Ziegler, Prof. Aloys Krieg, Prorector for teaching, and Prof. Markus Oeser, dean of the faculty of civil engineering at the RWTH Aachen University, were able to greet 150 guests in the well-filled lecture theatre. The first speaker was Peter Zbinden, for ten years CEO of the AlpTransit Gotthard, who related to the audience the history "from the historic Alpine and Jura tunnels to the success factors for the Gotthard Base Tunnel", a lecture that every project manager should hear.

Representing Prof. Dirk Rompf, chairman for network design and major projects at the DB Netz AG, Heinz Ehrbar, head of the management team for major projects at German Railways DB Netz AG, talked about the planned "improvement of the rail infrastructure in Germany". In a further lecture, Ehrbar, the former manager of tunnel and line construction for AlpTransit Gotthard AG, carried on from the lecture by Peter Zbinden and talked about "handling the essential factors for success in the construction of the Gotthard Base Tunnel". Prof. Bastian Fuchs from the law firm "Topjus Rechtsanwälte" made an excursion into the conditions and national special features for tunnel construction contracts in Europe and also presented a few international solutions. Günter Osthoff and Jens Hallfeldt from the DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH talked about "forms of contract before and after the award" using two current examples from the major Stuttgart-Ulm rail project. In the last lecture in this block, Franz Bauer, chairman of the ÖBB-Infrastruktur AG, talked about former and current rail construction projects in Austria.

International Projects

In the section about international major projects, Thorsten Weiner presented the experience of Porr Bau GmbH with the special contract model "Design-Build plus Provisional Sums" for the construction of the Metro Doha Green Line in Qatar. Dr.-Ing. Michael Blaschko, chairman of Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, explained very impressively how divided success became double success on the Crossrail project in London. The final talk was from Martin Holfelder, member of the management board of Implenia Construction GmbH, Infrastructure – Global Projects, who explained the areas of conflict between requirements and reality with a round tour of various major projects in Scandinavia.

Martin Feinendegen

Fachtagungen Conferences Tunnel 1/2017

ITA Awards 2016 in Singapur verliehen



1 Shaohua Chen (rechts) erhält mit dem neuen Guanjiao Tunnel für das größte Tunnelbauprojekt über 500 Millionen Euro Kostenrahmen von Alan Chan (links), Chairman Land Transport Authority Singapore, den ITA Award 2016

Shaohua Chen (on the right) receives the 2016 ITA Award for the largest tunnelling project costing more than 500 million euros from Alan Chan (on the left), chairman Land Transport Authority Singapore

In Singapur wurde am 11. November 2016 bereits zum zweiten Mal, nach 2015 (im Versuchsstollen Hagerbach, Schweiz), der ITA Award der International Tunnelling and Underground Space Association verliehen. Eine 17 Personen umfassende Jury unter Leitung von ITA Präsident Tarcísio Celestino hatte die schwere Aufgabe, unter 98 Bewerbern (2015: 110) aus 25 Ländern die letztendlich 11 Preisträger des ITA Awards zu ermitteln. 30 Vertreter der Projekte und sechs "Junge Tunnelbauer" erhielten die Gelegenheit, sich und ihre Leistungen vorzustellen.

Deutsche Preisträger

Erfreulich ist, dass bei vielen Projekten Unternehmen aus dem deutschsprachigen Raum am Erfolg der technischen Meisterleistungen beteiligt sind. Insbesondere ragt dabei die Herrenknecht AG mit ständig neuen Innovationen heraus. Dies mag man als Ansporn verstehen, weiter "Made in Austria, Germany and Switzerland" zu liefern. So gewann "Das Emscher-Projekt – Zurück zur Natur!" den ITA Award in der Kategorie Umweltinitiative des Jahres 2016. Für sein Lebenswerk wurde als eine der herausragenden Persönlichkeiten im Tunnelbau Dr. Martin Herrenknecht ausgezeichnet.

Neuer Guanjiao Tunnel: Projekt des Jahres 2016 über 500 Millionen Euro

Der neue Guanjiao Tunnel im Zuge der Qinghai-Tibet Bahnstrecke in China ist das mit dem ITA Award gewürdigte Tunnelbauprojekt

2016 ITA Awards bestowed in Singapore



Søren Degn Eskesen (rechts) überreichte Esen Sze Yu Sheng (Mitte) gemeinsam mit einem Projektpartner den ITA Award für das herausragendste Tunnelbauprojekt 2016 zwischen 50 und 500 Millionen Euro

Søren Degn Eskesen (on the right) hands over the ITA Award for the most outstanding tunnelling project in 2016 costing between 50 and 500 million euros to Esen Sze Yu Sheng (centre)

The ITA Awards from the International Tunnelling and Underground Space Association were presented in Singapore on November 11, 2016 for the second time following up 2015 (in the Hagerbach Test Gallery, Switzerland). A 17-person strong jury headed by ITA president Tarcísio Celestino had the difficult task of selecting 11 ITA Award prize-winners from 98 candidates (2015: 110) from 25 countries. 30 representatives of the projects and six "Young Tunnellers" had the chance to present their achievements.

German Prize-Winners

It is certainly pleasing that companies from German-speaking countries are involved in many projects that have been such technical masterstrokes. The Herrenknecht AG with constant new innovations stands out here. This may act as a spur to continue supplying "Made in Austria, Germany and Switzerland". Thus the "Emscher Project – Back to Nature!" won the ITA Award in the 2016 Environmental Initiative category. Dr. Martin Herrenknecht, one of the outstanding personalities in tunnelling, was honoured for his life's work.

The new Guanjiao Tunnel: 2016 Project of the Year costing over 500 Million Euros

The new Guanjiao Tunnel, part of the Qinghai-Tibet rail route in China, received the ITA Award among the outstanding major tunnelling projects of 2016, costing more than 500 million euros (**Fig. 1**) The 32.69 km long Guanjiao Tunnel replaces the former line, which wound

Tunnel 1/2017 Fachtagungen Conferences 39



B Übersicht der Baustelle Metrostation Fort Canning mit den beiden Tunnelröhren (grün und blau), dem umgeleiteten Singapore River (hellblau) und der Struktur der Metrostation (gelb)

View of the Fort Canning Metro Station construction site with the two tunnel tubes (green and blue), the diverted Singapore River (light blue) and the Metro Station structure (yellow)

des Jahres 2016 mit über 500 Millionen Euro Kostenrahmen (Bild 1). Der 32,69 km lange Guanjiao Tunnel ersetzt die alte, sich durch das Gebirge windende Bahn und verkürzt die nötige Fahrtstrecke und -zeit deutlich. Besondere Rahmenbedingungen wie 3400 m Höhe mit niedrigem Sauerstoffgehalt, durchschnittliche Temperatur von 0 °C über das ganze Jahr, geringe Effizienz bei Maschinen- und Personaleinsatz und vieles mehr erschwerten die Durchführung. Wegen der sehr niedrigen Sauerstoffgehalte in der Höhe wurden für jeden Schrägschacht mehrere gleichzeitige Ortsbrustangriffe angeordnet, um den Vortrieb zu beschleunigen. Sauerstoffgeräte wurden an jeder Ortsbrust bereit gestellt und an jedem Tunnelportal wurde eine Überdruckkammer mit Sauerstoff vorgehalten. Es wurde ein ausgeklügeltes System zur Ventilation verwendet. In den Schrägschächten wurde der von festen Brecheranlagen zuvor zerkleinerte Abraum mit einem Förderband abtransportiert, um die Emissionen aus Lkw-Transporten zu minimieren. Seit der Inbetriebnahme im Dezember 2014 läuft der Bahnbetrieb im Guanjiao Tunnel.

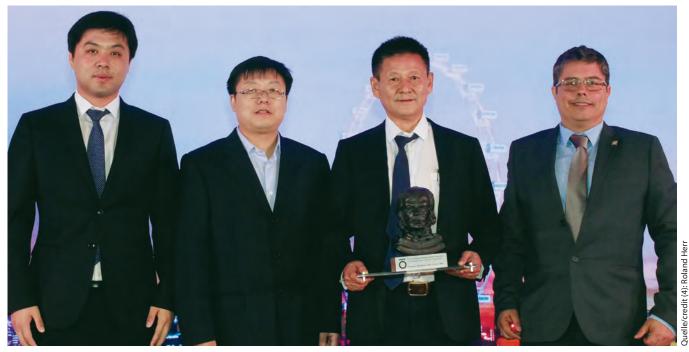
Singapur gewinnt Preis für Tunnelbauprojekt des Jahres 2016 zwischen 50 und 500 Millionen Euro

Für den Bau der Fort Canning Station inklusive der Tunnelanbindung in Singapur erhielt Esen Sze Yu Sheng (**Bild 2**) stellvertretend für alle Projektbeteiligten den ITA Award für das Tunnelbauprojekt des Jahres 2016 mit 50 bis 500 Millionen Euro Kostenrahmen. Das

through the mountains, and substantially reduces travelling time and distance. Challenges were posed by the altitude of 3400 m in rarified atmosphere, average temperatures of around 0 °C throughout the year, low performance by man and machines and many other factors. On account of the very low oxygen content at such an altitude, a number of simultaneous face attacks were set up for each inclined shaft to speed up tunnelling. Oxygen units were made available at each face and an over-pressure chamber with oxygen was available at each tunnel portal. An intricate ventilation system was applied. In the inclined shafts, muck was removed by conveyor after first being reduced by crusher installations to cut down on emissions caused by lorry transport. Rail services have passed through the Guanjiao Tunnel since it was opened in December 2014.

Singapore wins the 2016 Prize for Tunnelling Projects costing between 50 and 500 Million Euros

Esen Sze Yu Sheng (**Fig. 2**) accepted the 2016 ITA Award for the best tunnelling project costing between 50 and 500 million euros on behalf of all those involved in the project: constructing the Fort Canning Station including the tunnel link in Singapore. The project is part of the metro development scheme involving the 21 km long Downtown Line 3 in Singapore with 16 stations and three transfer stations. The construction of the Fort Canning Metro Station including diverting the Singapore River (**Fig. 3**) in various phases posed particular challenges for the engineers, which resulted in the bestowal of the ITA Award.



4 Xiao Longge (2. v. r.) erhielt mit weiteren Projektpartnern von Alexandre Gomes (rechts) den ITA Award in der Kategorie bis zu 50 Millionen Euro für das Projekt Chongqing Hongqihegou Metro Station

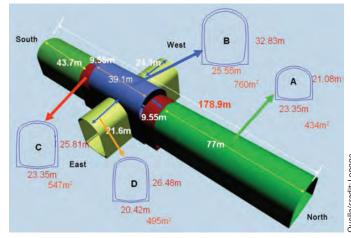
Xiao Longge (2^{nd} from the right) together with further project partners receives the ITA Award for projects costing up to 50 million euros from Alexandre Gomes (on the right) for the Chongqing Hongqihegou Metro Station

ausgezeichnete Projekt ist Teil des Metroausbaus der 21 km langen Downtown Linie 3 in Singapur mit 16 Stationen und drei Umsteigebahnhöfen. Insbesondere der Bau der Metrostation Fort Canning mit der Umleitung des Singapore Rivers (**Bild 3**) in verschiedenen Bauphasen stellte die Ingenieure vor besondere Herausforderungen, die mit der Verleihung des ITA Awards gewürdigt wurden.

Herausragendes Tunnelbauprojekt in 2016 bis 50 Millionen Euro in China

Mit der Chongqing Hongqihegou Metro Station erhielt Xiao Long-

ge (Bild 4) den ITA Award für das herausragende Projekt in 2016 bis 50 Millionen Euro Kostenrahmen. Das Metro-Projekt erforderte besondere Lösungen, um die komplexe vorhandene Bebauung mit zahlreichen Fundamenten nicht zu stören, wobei die maximale Überdeckung von nur 8,6 m die Ausführung nicht gerade vereinfachte. Man entschied sich, die Station in vier unterschiedlich großen Vortrieben (Bild 5) mit dem Verfahren der selbsttragenden Felsabstützung aufzufahren. Dabei wurde der gesamte Querschnitt in vier Abschnitte



5 Die aufzufahrende Metrostation wurde in vier unterschiedliche und besonders große Abschnitte unterteilt

The metro station to be produced was divided into four different rather large sections for tunnelling

Outstanding Tunnelling Project in 2016 costing up to 50 Million Euros in China

Xiao Longge (**Fig. 4**) received the 2016 ITA Award for the outstanding tunnelling project costing up to 50 million euros for the Chongqing Hongqihegou Metro Station. The metro project required special solutions to avoid disturbing the complex existing buildings with numerous foundations. Furthermore, the maximum overburden of only 8.6 m did not exactly make execution any easier. It was decided to split the station project into four different-sized

drives (Fig. 5) applying the self-shoring rock support method. For this purpose, the entire cross-section was divided into four sections: in each case two segments were removed at the top and bottom. The remaining cruciform rock mass supported the loads from the sides and from above. It was then the turn of the upper segment and at the same time the inner lining in the upper segment was tackled. Gradually descending further down, the supporting rock was replaced by the inner lining.

Tunnel 1/2017 Fachtagungen Conferences 41



6 Mit dem Emscherprojekt erhielten Dr. Klaus Rieker (links) und Martin Froning (rechts) stellvertretend für viele Projektbeteiligte den ITA Award für die beste Umwelt-Initiative 2016

Dr. Klaus Rieker (on the left) and Martin Froning (on the right) received the 2016 ITA Award for the best Environmental Initiative on behalf of those involved



7 Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht (links) erhielt in Singapur den ITA Award für sein Lebenswerk von ITA-Präsident Tarcísio Celestino (rechts)

Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht (on the left) was presented with the ITA Lifetime Achievement Award from ITA president Tarcísio Celestino (on the right)



8 Edward Raj (links) von Singapore Power Grid erhielt für ABSIS den Preis für die beste Sicherheitsinitiative von TUCSS-Präsident Kulaindran Ariaratnam (rechts) überreicht

Edward Raj (on the left) from the Singapore Power Grid receives the prize for the best safety initiative from TUCSS president Kulaindran Ariaratnam (on the right) for ABSIS

unterteilt: außen wurden oben und unten jeweils zwei Bereiche abgetragen, sodass ein innenstützendes Kreuz aus Felsgestein die Lasten von den Seiten und von oben aufnahm. Nun wurde der obere Teil abgebaut und gleichzeitig der Innenausbau im oberen Teil vorgenommen. Weiter nach unten kommend, wurde nach und nach der stützende Fels durch den Innenausbau ersetzt.

ITA Award für Umwelt-Initiative 2016 an Emscher-Projekt

Eines der größten Umwelt- und Abwasserprojekte weltweit stellte Dr. Klaus Rieker, Leiter Tunnelbau Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Frankfurt/Main geminsam mit Martin Froning von der Emschergenossenschaft, Essen, vor (Bild 6). Bis zur Inbetriebnahme in 2017 und der endgültigen Fertigstellung in 2020 werden rund 4,5 Milliarden Euro in den Bau von vier dezentralen Kläranlagen, 400 km neuer Kanäle und 350 km Renaturierung investiert worden sein. In verschiedene Bauabschnitte aufgeteilt und an unterschiedliche Auftragnehmer vergeben, führte das Unternehmen 47 km Rohrvortriebe (Durchmesser DN 300 bis zu 2800) und 117 bis zu 40 m tiefe Schächte mit Durchmessern von 5 bis 24 m im Bauabschnitt 30 aus.

ITA Award für das Lebenswerk von Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht

"Es ist mir eine große Ehre, den Preis für das Lebenswerk einem der herausragendsten und brillantesten Experten unserer Tunnelbau-Familie verleihen zu dürfen", begann Tarcísio Celestino die Würdigung einer Ingenieurkarriere, die kaum zu übertreffen ist. Schon nach den ersten Worten des ITA-Präsidenten fielen alle Blicke im Saal auf Dr. Martin Herrenknecht. "Unzählige seiner Entwicklungen haben den Tunnelbau verändert und sind nicht wegzudenken aus unserem Alltag." Kaum eines der ganz großen Projekte ist nicht in irgendeiner Weise auch mit seiner Beteiligung realisiert worden (Bild 7).

2016 ITA Award for Environmental Initiative for Emscher Project

Dr. Klaus Rieker, Head of Tunnelling Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Frankfurt/Main together with Martin Froning from the Emschergenossenschaft, Essen, presented one of the largest environmental and sewage projects in the world **(Fig. 6)**. Until it is commissioned in 2017 and final completion in 2020, some 4.5 billion euros will be invested in constructing four decentralised clarification plants, 400 km of new sewers and 350 km of renaturalisation. Divided into different construction sections and awarded to various contractors, the company executed 47 km of pipe-jacking (diameter DN 300 to 2700) and 117 shafts up to 40 m deep with diameters of 5 to 24 m in construction section 30.

ITA Award for Life's Work to Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht

"It is a great honour for me to be able to present the Lifetime Achievement Prize to one of the most outstanding and brilliant experts among our tunnelling family", is how Tarcísio Celestino began his assessment of a practically unparalleled career in engineering. Scarcely had the first few words been spoken by the ITA President before all eyes in the hall were directed at Dr. Martin Herrenknecht. "His countless developments have changed tunnelling and become part of everyday life". There are very few major projects, which have been accomplished without his being involved in some way or another (Fig. 7).

Prize for Safety Initiative goes to Singapore

The ABSIS (Activity Based Safety Improvement System) was used for a cable tunnel project in Singapore, employing an average manpower force of 3500 per day. This safety system presents practically all safety-relevant situations during the course of tunnelling in a video so that the number of accidents and safety-related stoppages is drastically reduced, Edward Raj (**Fig. 8**) of Singapore Power described its success.

Fachtagungen Conferences Tunnel 1/2017



9 Marc Comulada (Maidl Tunnelconsultants, links), Dr. Martin Herrenknecht (2. v. l.) und Tarcísio Celestino (ITA-Präsident, rechts) mit den beiden Vertretern der Arbeitsgemeinschaft der Metro Linie 4, Rio de Janeiro

Marc Comulada (Maidl Tunnelconsultants, left), Dr. Martin Herrenknecht (2nd from left) and Tarcísio Celestino (right) with two representatives of the JV for the Metro Line 4, Rio de Janeiro



10 Teo Tiong Yong (rechts) erhält von Chung-Sik Yoo (links) den ITA Award für die Jurong Rock Caverns in Singapur als innovativste unterirdische Nutzung 2016

Teo Tiong Yong (on the right) receives the ITA Award for the Jurong Rock Caverns in Singapore as 2016 Innovative Underground Use from Chung-Sik Yoo (on the left)



11 Kurt Zeidler (links) nimmt den ITA Award von Leslie Pakianathan (rechts) für die Erweiterung der U-Bahnstation Vauxhall in London entgegen

Kurt Zeidler (on the left) accepts the ITA Award from Leslie Pakianathan (on the right) for the Vauxhall Tube Station Extension in London

Preis für Sicherheitsinitiative geht nach Singapur

Mit ABSIS (Activity Based Safety Improvement System) wurde bei einem Kabeltunnel-Projekt in Singapur, bei dem durchschnittlich 3500 Arbeiter pro Tag eingesetzt sind, ein Sicherheitssystem entwickelt, mit dem fast alle sicherheitsrelevanten Situationen während des Tunnelbaus in einem Video so präsentiert wurden, dass die Zahl der Unfälle und sicherheitsbedingten Ausfälle signifikant reduziert wurden, beschrieb Edward Raj (Bild 8) von Singapore Power die Erfolge. Systematisch wurden Gefahrenstellen und -situationen identifiziert, entschärft oder ganz ausgeschaltet und das Sicherheitsbewusstsein der Arbeiter geschult.

Technische Innovation 2016 kommt aus Brasilien

Der ITA Award für die beste technische Innovation 2016 ging an das von Julio C. Di Dio Pierri, Odebrecht, für die Arbeitsgemeinschaft Linie 4 Sul vorgestellte Projekt (**Bild 9**). Ausgezeichnet wurde die Anwendung einer Hybrid EPB-Tunnelbohrmaschine mit 11,46 m Durchmesser von Herrenknecht, die erfolgreich in reinem Sand in Rio de Janeiro zum Einsatz kam: anfänglich im offenen und nach dem Umbau in geschlossenem Modus. So konnte der 4 km lange Teilabschnitt der Metro 4, bestehend aus dem standfesten Hartgestein Gneis und dem vorwiegend sandigen Boden, mit einer TBM bewältigt werden.

Innovative Nutzung unterirdischer Bauwerke in Singapur

Die Entwicklung unterirdischer Felskavernen zur Lagerung flüssiger Kohlenwasserstoffe in den Jurong Rock Caverns (JRC), vorgestellt von Teo Tiong Yong (Bild 10) von der JTC Corporation, wurde mit dem ITA Award für die innovativste Nutzung unterirdischen Raumes ausgezeichnet. In einer Tiefe von 120 bis 150 m werden unterirdisch rund 30 ha Fläche in zwei Phasen zur industriellen Nutzung geschaffen. Dabei wurden allein in der ersten Phase etwa 1,47 Millionen m³ Lagervolumen gebaut.

Danger points and situations were systematically identified, defused or completely eliminated and the safety awareness of the labour force improved.

Technical Innovation of the Year comes from Brazil

The ITA Award for the best technical innovation in 2016 went to the project presented by Julio C. Di Dio Pierri, Odebrecht, for the JV Line 4 Sul **(Fig. 9)**. The application of a hybrid EPB tunnel boring machine with 11.46 m diameter from Herrenknecht was acknowledged, which was used in pure sand in Rio de Janeiro, initially in open mode and then after conversion in closed mode. In this way, the 4 km long part-section of Metro 4, comprising stable gneiss hard rock and largely sandy soil was mastered with a TBM.

Innovative Utilisation of underground Structures in Singapore

The ITA Award for the Innovative Use of Underground Space went to the development of underground rock caverns for storing liquid hydrocarbons in the Jurong Rock Caverns (JRC), Singapore, presented by Teo Tiong Yong (Fig. 10) for the JTC Corporation. At a depth of 120 to 150 m below the surface, an area of some 30 ha was developed for industrial use in two phases. In the process, roughly 1.47 million m³ of storage space was created in the first phase alone. Generally speaking the individual caverns are 27 m high, 340 m long with a base area of 20 m width. The caverns were produced by drill+blast and secured with shotcrete if need be. The two caverns of the first construction phase have been in operation since mid-2014, whereas caverns 3 to 5 are due for commissioning in March 2017.

Vauxhall Station Extension in London

The ITA Award for the most interesting Extension/Renovation went to Kurt Zeidler **(Fig. 11)** on behalf of the project for expanding the Vauxhall Tube Station in London. Referring to the very constricted site conditions, which he displayed impressively in a video about

Tunnel 1/2017 **Fachtagungen** Conferences

Die einzelnen Kavernen haben in der Regel eine Höhe von 27 m, eine Länge von 340 m und in der Grundfläche eine Breite von 20 m. Die Kavernen wurden im Bohr- und Sprengvortrieb aufgefahren und, wo notwendig, mit Spritzbeton gesichert. Die beiden Kavernen der ersten Bauphase sind bereits seit Mitte 2014 in Betrieb, während die Inbetriebnahme der Kavernen 3-5 bis März 2017 geplant ist.

Erweiterung der Vauxhall Station in London

Den ITA Award für die interessanteste Erweiterung/Renovierung erhielt Kurt Zeidler (Bild 11) stellvertretend für das Projekt der Erweiterung der U-Bahnstation Vauxhall in London. "Durch die sehr engen Baustellenverhältnisse mitten in Londons City kann man mehr von einem "Teelöffel-Tunnelbau" denn von einer Tunnelbaumaßnahme sprechen", spielte Zeidler auf die sehr engen räumlichen Verhältnisse an, die er eindrucksvoll in einem Video über "die Arbeiten auf einer Euro-Münze" belegte. Insbesondere die logistischen Herausforderungen in der innerstädtischen Umgebung waren enorm.

Junger Tunnelbauer 2016 aus Malaysia

Derek Eng aus Malaysia wurde von der ITA zum jungen Tunnelbauer des Jahres 2016 gewählt und setzte sich damit gegen eine starke Konkurrenz von in der letzten Runde durch (Bild 12). Derek Eng ist Assistant Manager in der Tunnelbau-Abteilung von MMC Gamuda KVMRT(T) Sdn. Bhd., eine renommierte malaysische Baufirma und Hauptauftragnehmer für den Bau der U-Bahnstationen und der Tunnel des MRT-Projektes in Kuala Lumpur.

ITA Award 2017 am 15. November in Paris

Der ITA Award wird in diesem Jahr am 15. November vergeben. Die Veranstaltung wird Teil des 15. internationalen Kongresses des Französischen Tunnelbauverbandes AFTES "The Value is Underground" vom 13. bis 16. November 2017 in Paris sein. "Working on a Euro Coin", Zeidler went on to suggest it was "more like digging with a teaspoon than a tunnelling scheme". The logistical challenges in inner urban surroundings in particular were huge.

Young Tunneller 2016 from Malaysia

Derek Eng from Malaysia was selected as the 2016 Young Tunneller of the Year by the ITA and managed to ward off strong competition in the final round (Fig. 12). Derek Eng is assistant manager in the tunnelling division of MMC Gamuda KVMRT (T) Sdn. Bhd., a renowned Malaysian construction company and main contractor for building the metro stations and the tunnels for the MRT project in Kuala Lumpur.

2017 ITA Awards in Paris on November 15

The ITA Award ceremony this year will be presented on November 15. The event will constitute a part of the 15th International Congress of the French Tunnelling Society AFTES "The Value is Underground" from November 13 to 16, 2017 in Paris.

Roland Herr, Freier Journalist und Autor/freelance journalist and author, Wetzlar, Deutschland/Germany; Bangkok, Thailand herrroland@t-online.de

> ITA Award: www.ita-aites.org/en AFTES International Congress: www.aftes2017.com/en



12 Der junge Tunnelbauer des Jahres 2016 heißt Derek Eng (4. von rechts) und kommt aus Malaysia. Von links: Ruth Haug, ITA Vize-Präsidentin, mit den Finalisten Oh Jinnie (Singapur), Senthil Nath GT (Singapur), Mehdi Bakhshi (USA), Derek Eng (Malaysia), Marlisio Oliveira Cecilio Junior (Brasilien) und Jiang Chao (China) sowie ITA Vize-Präsident Eric Leca

Derek Eng (4th from the right) is the 2016 Young Tunneller of the Year and hails from Malaysia. From left: Ruth Haug, ITA vice-president, with the finalists Oh Jinnie (Singapore), Senthil Nath GT (Singapore), Mehdi Bakhshi (USA), Derek Eng (Malaysia), Marlisio Oliveria Cecilio Junior (Brazil) and Jiang Chao (China) as well as ITA vice-president Eric Leca

Fachtagungen Conferences Tunnel 1/2017

Singapur

TUCSS Tunnelbau-Symposium mit mehr als 180 Teilnehmern

In der südostasiatischen Metropole Singapur fand am 10. November 2016 ein Symposium statt, zu dem die Tunnelling and Underground Construction Society Singapore (TUCSS) acht ausgewiesene Experten eingeladen hatte, ihre Projekte und Themenfelder vorzustellen. Mehr als 180 Teilnehmer folgten den Vorträgen und diskutierten Fragen zu allen Bereichen des unterirdischen Bauens (Bild 1).

Fortschritte im Bohr- und Sprengvortrieb

Nach einer kurzen Begrüßung der Teilnehmer durch Jeyatharan Kumarasamy, TUCSS-Mitglied, führte ITA-Präsident Tarcísio Celestino (Bild 2) in sein Thema über neueste Innovationen im konventionellen Tunnelbau ein. Im Einzelnen ging er dabei auf die Entwicklung beim Bohr- und Sprengvortrieb (Bild 3), Thermo-Untersuchungen der Spritzbetonauskleidung zur Beurteilung der Erhärtungsentwicklung nach Zeit und Ort und auf den Einfluss der Verformungsgeschwindigkeit bei der Bewertung der Gebirgs-Zerspanbarkeit ein. Insbesondere die Auswertung der unterschiedlichen Bohrparameter während des Bohrvorganges hat einen großen Entwicklungsschritt erfahren. Heute ist das

Singapore

TUCSS Tunnelling Symposium with more than 180 Participants

A symposium took place in the Southeast Asian metropolis of Singapore on 10 November 2016, organised by the Tunnelling and Underground Construction Society Singapore (TUCSS) who had invited eight selected experts to present their projects and specialist fields. More than 180 participants followed the talks and discussed questions regarding all fields of underground construction (**Fig. 1**).

Developments in Drill and Blast

After a brief welcome for the participants by Jeyatharan Kumarasamy, TUCSS member, ITA president Tarcísio Celestino (Fig. 2) introduced his subject of the latest innovations in drill and blast tunnelling (Fig. 3), thermo-investigations of the shotcrete support layer to evaluate the development of hardening according to location and time and the influence of the deformation rate in the evaluation of the cutting capacity of a rock mass. In particular, there has been great progress in the evaluation of the various drilling parameters during drilling. Today, the state of knowledge about the material to be excavated has been considerably improved and there is sufficient information about the extent of necessary ground improvement.



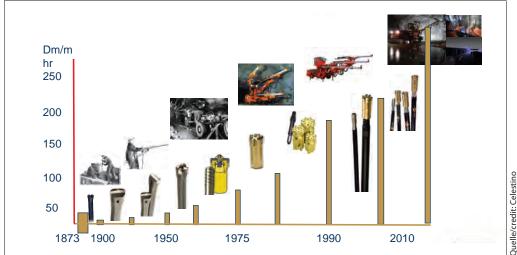
1 Rund 180 Experten folgten in Singapur den Vorträgen zu Entwicklungen und Technologien beim unterirdischen Bauen In Singapore, about 180 experts followed talks about developments and technologies in underground construction

Tunnel 1/2017 Fachtagungen Conferences 45



2 Tarcísio Celestino, ITA-Präsident, Brasilien

Tarcísio Celestino, ITA president, Brazil



Entwicklung der Produktivität im Sprengvortrieb in Bohrmeter/Mannstunde [Dm/mhr – Drilled meter/man (operator) hour]

Development of productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drill and blast tunnelling in Dm/mhr-Drilled metre/man (operator) hour productivity in drilled metre/man (operator) hour productivity in drille

Wissen über das abzubauende Material deutlich verbessert und es gibt ausreichend Informationen über den Umfang der nötigen Gebirgsverbesserung. Optische Analysemethoden erleichtern es dem Ingenieur, die Daten zu interpretieren. Anhand der Fragestellung, wie schnell ein sicherer Spritzbeton-Vortrieb sein kann und muss, erläuterte Celestino das Thermo-Analyse-Verfahren. Je früher der Spritzbeton erhärtet, desto sicherer ist der Vortrieb. Die Überwachung des Bohrvorganges ermöglicht eine deutliche Verbesserung des Wirkungsgrades beim Spritzbetonvortrieb.

Tunnelbau in der Mischgeologie Hongkongs und Singapurs

Nick Shirlaw (Bild 4) von Golder Associates in Hongkong gab einen Überblick über den Tunnelbau in der recht inhomogenen Geologie Hongkongs und Singapurs. Nachdem er drei verschiedene Tunnelprojekte in Hongkong mit teils unterschiedlichen Problemen vorgestellt hatte, zog er einen Vergleich mit der in Singapur anstehenden Geologie und den Problemen für die erstellten bzw. in Bau oder Planung befindlichen Tunnel. Anhand der geologischen Rahmenbedingungen erläuterte er die Gründe für den Einsatz von Erddruck- oder Hydroschilden in Hongkong und Singapur.

Herausforderungen beim Bau der ersten MRT-Linie in Kuala Lumpur

In seiner Präsentation über den Bau der ersten MRT-Linie (Mass Rapid Transit) in Kuala Lumpur zog Ng Hau Wei (Bild 5) von Gamuda Engineering einen spannenden Tunnelbau-Bogen mit zahlreichen interessanten Details (Bild 6). Begonnen im Juli 2011, werden bis Mitte 2017 rund 9,5 km (von insgesamt 51 km) unterirdische Strecke vor allem in Kuala Lumpurs City betriebsbereit sein. Durchörtert wurden zwei grundsätzlich unterschiedliche

Optical analysis methods make it easier for the engineer to interpret the data. By way of the question, how fast a safe drill and blast advance can and must be, Celestino described the thermo-analysis process. The earlier the shotcrete hardens, the safer is the tunnel advance. Monitoring of drilling enables a considerable improvement of the effectiveness of a shotcrete tunnel project.

Tunnelling in the mixed Geology of Hong Kong and Singapore

Nick Shirlaw (**Fig. 4**) from Golder Associates in Hong Kong gave an overview of tunnelling in the highly inhomogeneous geology of Hong Kong and Singapore. After presenting three different tunnelling projects in Hong Kong with various problems, he compared the geology to that of Singapore and the resulting problems for completed tunnels and those at the design and construction stages. Starting from the local geological conditions, he explained the reasons for the use of earth pressure or hydroshield machines in Hong Kong and Singapore.

Challenges for the Construction of the first MRT Line in Kuala Lumpur

In his presentation about the construction of the first MRT (Mass Rapid Transit) Line in Kuala Lumpur, Ng Hau Wei **(Fig. 5)** from Gamuda Engineering covered a wide range of tunnelling topics with interesting details **(Fig. 6)**. After starting in July 2011, about 9.5 km (of altogether 51 km) of the underground section will have been driven by the middle of 2017, above all in the Kuala Lumpur City. The tunnel passes through two basically different formations. Experience from the building of the Star and Putra LRT Lines (1996) has proved useful, and also from the building of the SMART tunnel (2003). In order to successfully tunnel through the karstified limestone, Gamuda developed a new type of tunnel boring machine together with Herrenknecht for the Klang Valley MRT project, the

46 **Fachtagungen** Conferences Tunnel 1/2017



4 Nick Shirlaw, Golder Associates, Hong Kong



5 Ng Hau Wei, Gamuda Engineering, Malaysia

geologische Formationen. Erfahrungen beim Bau der Star- und Putra-LRT-Linien (1996) wurden dabei ebenso mit einbezogen wie der Bau des SMART-Tunnels (2003). Um den karstigen Kalkstein erfolgreich zu durchtunneln, entwickelte Gamuda gemeinsam mit Herrenknecht für das Klang Valley MRT Projekt einen neuen Tunnelbohrmaschinen-Typ, die Variable Density (VD) TBM. Sie kann in vier unterschiedlichen Vortriebseinstellungen gefahren werden, um für fast jede vorliegende Geologie vorbereitet zu sein. Im April 2015 wurde der letzte Durchschlag gefeiert.

BIM: Starke Veränderungen der Bauabläufe zu erwarten

"Falls Sie heute BIM noch nicht nutzen, so werden Sie das sicher bald tun: es ist ein wirklich interessantes, sehr wichtiges Werkzeug für unsere erfolgreiche Arbeit", begann Paul Clark-Edwards, Mott MacDonald, seinen Vortrag zum Building Information Modeling, kurz BIM, im Tunnelbau. Bei der Anwendung von BIM wird systematisch eine Software eingesetzt, um die Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken zu optimieren. Im Tunnelbau wird zunehmend über die Anwendung von BIM diskutiert.

An einigen Beispielen erläuterte Clark-Edwards, wie die neue Methode zum erfolgreichen Abschluss der Projekte Victoria Station Uprade (Bild 7), Thames Tideway, Lee Tunnel und verschiedener anderer Projekte in Großbritannien beigetragen hat. Abschließend gab er einen Überblick der aktuellen und zukünftigen BIM-Anwendung bei Mott MacDonald. Alle Informationen sind auf einem Platz, in einer allgemein zugänglichen Daten-Umgebung vorhanden, der Planungs-Prozess ist transparent, Pläne und Zeichnungen werden anhand der

Variable Density (VD) TBM, which can be driven in four different tunnelling modes in order to be ready for the prevailing geology. The last breakthrough was celebrated in April 2015.

BIM: Great Changes can be expected to **Construction Operations**

"In case you are not already using BIM, you will be doing so soon: it is a really interesting and very important tool for our successful work", began Paul Clark-Edwards, Mott MacDonald, his talk about Building Information Modeling, abbreviated BIM, in tunnelling. The application of BIM means that software is used systematically to optimise the design, construction and operation of infrastructure works. It is increasingly gaining importance in tunnelling projects. Clark-Edwards described some examples to show how the new method has contributed to the successful completion of the projects Victoria Station Upgrade (Fig. 7), Thames Tideway, Lee Tunnel and various other projects in Great Britain. Finally, he gave an overview of current and future applications of BIM at Mott MacDonald. All information is in one place, in a generally accessible data environment, the design process is transparent, and plans and drawings

> are produced from the approved models. The BIM of the future will enable access from the site and greatly change the construction sequence.

Capitalising on the Single Package Strategy KARSTIC LIMESTONE FORMATION VD TBM 1 VD TBM 3 Delay + Good GAMUDA

6 Optimierung der Vortriebe für die MRT-Linie in zwei geologischen Formationen mit herkömmlicher EPB- und neuer VD-Technologie

Optimisation of the tunnel drives for the MRT lines in two geological formations with conventional EPB and new VD technologies

Trends in the Design and Construction of 🛚 urban Tunnels in 🖥 Southeast Asia

"The design of urban metro ষ্ট্ৰ tunnels is getting increasingly complex", began John Davies, Arup, his talk about current developments in urban tunnelling in Southeast Asia. "While the first underground rail tunnels in Southeast Asia still followed

Tunnel 1/2017 Fachtagungen Conferences 47



7 Paul Clark-Edwards, Mott MacDonald, Großbritannien/Great Britain



8 Verya Nasri, Aecom, USA

freigegebenen Modelle erstellt. Das BIM der Zukunft wird einen Zugriff von der Baustelle aus ermöglichen und den Bauablauf stark verändern.

Trends bei Planung und Bau städtischer Tunnel in Südostasien

"Die Planung städtischer Metrotunnel wird zunehmend komplexer", begann John Davies, Arup, seinen Vortrag zu aktuellen Entwicklungen im Tunnelbau Südostasiens. "Während die ersten U-Bahntunnel Südostasiens noch bestehenden Straßenzügen folgten, ist die Lage heute zunehmend schwieriger. Tunnel müssen an bestehende Trassen herangeführt werden, verlaufen parallel in minimalen Abständen ohne andere Infrastrukturleitungen zu beeinträchtigen oder zu gefährden. Komplexe Fundamente müssen in Minimalabständen unterfahren werden, und die Grenzen der Überdeckung werden immer öfter berührt." Davies zeigte die rasante Entwicklung der Metrosysteme südostasiatischer Metropolen in 30-Jahres-Zeiträumen auf. Zudem erläuterte Davies die Optimierungspotenziale bei Planung und Bau von Metrotunneln und betrachtete gleichzeitig, welche Probleme, etwa auf Grund der geologischen Rahmenbedingungen, schnell zu einer Kostenexplosion führen können.

Neueste Entwicklungen bei Planung und Bau von Tunneln mit Tübbingausbau

Verya Nasri (**Bild 8**) von Aecom, New York, ging in seinem Vortrag auf die Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit beim Tübbingausbau mit besonderem Blick auf die Anforderungen bei der Bewehrungsberechnung ein. Zudem gab er einen Überblick über die neuesten Entwicklungen und aktuelle Studien in diesem Bereich.

Eurasia-Tunnel verbindet Europa mit Asien

Einen äußerst interessanten Einblick in den Bau des Eurasia-Tunnels, der in Istanbul Asien mit Europa verbindet, gab Burak Gökce von Yapı Merkezi. Er stellte das 5,4 km lange Tunnelprojekt im Detail vor. Nach dem Durchbruch des Herrenknecht Mixschilds im Sommer 2015 wurde der komplette Bau Ende 2016 fertiggestellt.

existing road lines, the situation today is more difficult. Tunnels have to run to existing lines, running parallel at minimal distances without impairing or endangering other infrastructure lines, and the limits of overburden are being tested ever more frequently." Davies illustrated the rapid development of metro systems in Southeast Asian cities in the last 30 years. He also explained the optimisation potentials for the design and construction of metro tunnels and simultaneously considered which problems, e.g. from the local geological conditions, can lead to a cost explosion.

Latest Developments in the Design and Construction of Tunnels with Segment Linings

Verya Nasri **(Fig. 8)** from Aecom, New York, talked about the verification of structural safety and serviceability of segment linings, with a particular view of the requirements for the calculation of reinforcement. He also gave an overview of the latest developments and current studies in this field.

Eurasia Tunnel links Europe with Asia

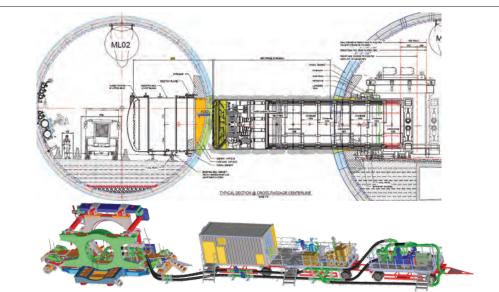
Burak Gökce from Yapı Merkezi Einen offered an extremely interesting insight into the construction of the Eurasia Tunnel, which links Europe to Asia in Istanbul. He presented the 5.4 km long tunnel project in detail. After the breakthrough of the Herrenknecht Mixshield in summer 2015, the entire tunnel was completed at the end of 2016. The twin deck tunnel, with an external diameter of 13.2 m and an internal diameter of 12.0 m, is designed to resist a water pressure of 11 bar.

Megatunnel for the Tuen Mun– Chek Lap Kok Airport Link in Hong Kong

Another fascinating and entertaining talk about their project was given by Seved Robin **(Fig. 9)** and Armin Sidali from Bouygues Travaux Publics. Hong Kong's longest and deepest underwater road tunnel is also the project with the highest tendered contract volume in the Southeast Asian financial metropolis until now. Construction works on the two parallel tunnel bores began in August 2013 and will last altogether 63 months to overall completion. The maximum depth of the 2 x 4670 m long TBM tunnel is about 60 m below sea

Fachtagungen Conferences Tunnel 1/2017





9 Seved Robin, Bouygues Travaux Publics, Hong Kong

10 Ausführung der Querschläge im Rohrvortriebsverfahren Construction of cross passages by the pipe jacking method

Der Doppeldecktunnel mit 13,2 m Außen- und 12,0 m Innendurchmesser ist auf einen Wasserdruck von 11 bar ausgelegt.

Mega-Tunnel für die Flughafenanbindung Tuen Mun– Chek Lap Kok in Hongkong

Einen ebenso faszinierenden wie kurzweiligen Vortrag über ihr Projekt lieferten Seved Robin (Bild 9) und Armin Sidali von Bouygues Travaux Publics. Hongkongs längster und tiefster Unterwasser-Straßentunnel ist auch gleichzeitig das Projekt mit der höchsten bisher ausgeschriebenen Auftragssumme in der südostasiatischen Finanzmetropole. Die Bauarbeiten an den beiden parallel verlaufenden Tunnelröhren begannen im August 2013 und werden insgesamt rund 63 Monate bis zur Gesamtfertigstellung dauern. Die maximale Tiefe der 2 x 4670 m langen TBM-Tunnel beträgt rund 60 m unter dem Meeresspiegel. Von den 56 Querschlägen sind bereits neun ausgeführt. Etwa 1200 m pro Tunnel werden in konventioneller Tunnelbauweise und in den Rampenbereichen erstellt.

In Hongkong ist die mit 17,6 m Durchmesser weltweit bisher größte Tunnelbohrmaschine, ein Mixschild von Herrenknecht, im Einsatz. Statt im ca. 600 m langen nördlichen Bauabschnitt den Tunnel in offener Bauweise vorzutreiben, hat man sich für eine TBM entschieden, die von 17,65 auf 14,00 m Außendurchmesser umgebaut werden kann. Dadurch wurden enorme Einsparungen im Zeitablauf und bei den Kosten erreicht. Eine weitere Innovation wurde für den standardisierten Ausbau der Querschläge entwickelt (Bild 10). Im zweiten Vortragsteil erläuterte Armin Sidali höchst anschaulich die Überdruckarbeiten unter Sättigungsbedingungen.

Roland Herr, Freier Journalist und Autor/freelance journalist and author, Wetzlar, Deutschland/Germany; Bangkok, Thailand; herrroland@t-online.de

level. Nine of the 56 cross passages have already been constructed. About 1200 m of each tunnel are being built conventionally and in the ramp sections.

Quelle/credit: Robin

The tunnel boring machine working in Hong Kong is a Mixshield from Herrenknecht with a diameter of 17.6 m, the largest in the world so far. Instead of cut-and-cover construction of the about 600 m long northern section, it has been decided to use the TBM, which can be converted from 17.65 to 14.00 m outside diameter for the purpose. This will achieve an enormous saving of construction time and costs. Another innovation has been developed for the standardised lining of the cross passages (Fig. 10). In the second part of the talk, Armin Sidali explained clearly the positive pressure working under saturation conditions.

Tunnel 1/2017 STUVA-Nachrichten STUVA News 49

Fachveranstaltung

STUVA-Tagung 2017 in Stuttgart – Internationales Forum für Tunnel und Infrastruktur

Vom 6. bis 8. Dezember 2017 findet die STUVA-Tagung 2017, das internationale Forum für Tunnel und Infrastruktur, in der Messe Stuttgart statt. Mit zuletzt mehr als 1850 Teilnehmern, 550 registrierten Fachbesuchern und 165 Ausstellern aus über 20 Ländern ist diese Veranstaltung eines der wichtigsten Foren des unterirdischen Bauens weltweit. Wegen des bedeutenden Projekts "Stuttgart-Ulm" wurde nach der Veranstaltung 2013 nun erneut Stuttgart als Austragungsort gewählt.

Zwei Tage, vollgepackt mit insgesamt mehr als 60 Fachvorträgen (deutsch und englisch mit Simultanübersetzung), die tagungsbegleitende Fachausstellung STUVA-Expo auf 6000 Quadratmetern, die Baustellen- und Betriebsbesichtigungen am dritten Tag und natürlich der große Festabend am ersten Tag bieten erneut das ganz besondere STUVA-Tagungserlebnis. Wohl nirgendwo sonst lassen sich auf so angenehme und effektive Weise Branchenkontakte knüpfen wie beim "Familientreffen der Tunnelbauer".

Zwei Vortragssegmente: "Tunnelbau" und "Tunnelbetrieb"

Nach der erfolgreichen Einführung bei der letzten STUVA-Tagung im Jahr 2015 gliedert sich die Vortragsreihe wieder in die zwei Segmente "Tunnelbau" und "Tunnelbetrieb". Auf vielfachen

Event

STUVA Conference 2017 in Stuttgart – International Forum for Tunnels and Infrastructure

The 2017 STUVA Conference, the International Forum for Tunnels and Infrastructure, will be held from December 6 to 8, 2017 at the Messe Stuttgart. The event is one of the most important gatherings for underground construction worldwide, attracting more than 1850 participants, 550 registered trade visitors and 165 exhibitors from more than 20 countries the last time around. On account of the significance of the "Stuttgart–Ulm" project, Stuttgart was again selected as the venue as was the case in 2013.

Two days, packed with a total of more than 60 papers (German and English with simultaneous translation), the STUVA Expo Fair accompanying the Conference extending over 6000 m², visits to sites and facilities on Day 3 and of course the grand festive gala on Day 1 once again provide that very special STUVA Conference experience. Nowhere else is it possible to establish industrial contacts so pleasantly and effectively as at the "tunnellers' gettogether".

Two Lecture Segments: "Tunnelling" and "Tunnel Operation"

After its successful introduction at the last STUVA Conference in 2015, the series of lectures is again split up into two segments "Tunnelling" and "Tunnel Operation". There were many requests to extend



50 STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 1/2017

Wunsch wurde die STUVA-Tagung um dieses zusätzliche Segment erweitert, das einen essentiellen Bestandteil einer funktionierenden Infrastruktur bildet.

Call for Papers an STUVA-Mitglieder

Anfang Dezember 2016 wurde der "Call for Papers" an die Mitglieder der STUVA versendet. Bis auf wenige Ausnahmen ist es ausschließlich den Mitgliedern vorbehalten, auf einer STUVA-Tagung vorzutragen.

Neben dem Schwerpunkt "Stuttgart–Ulm" mit "Stuttgart 21" im "Heimatblock" werden die Vortragsreihen wie gewohnt das gesamte Spektrum des unterirdischen Bauens abbilden.

Im Segment Tunnelbau:

- Aktuelle Entwicklungen beim unterirdischen Bauen
- Internationale Großprojekte
- Sicherheit beim Bau von Tunneln
- Erkundung, Planung, Bau, Erhaltung, Sanierung, Forschung
- Maschineller Vortrieb, Bauverfahren in schwierigem Baugrund
- Nachhaltigkeit, Energiegewinnung und Energienutzung
- Wirtschaftlichkeit, Vertragsgestaltung, Finanzierung

Im Segment Tunnelbetrieb:

- Neue Richtlinien und Regelwerke
- Innovative Sicherheitskonzepte
- Sicherheitseinrichtungen, Nachrüstung, Modernisierung
- Risikomanagement
- Tunnelmanagement
- Verhalten der Verkehrsteilnehmer
- Beleuchtung und Fluchtleitsysteme
- Brandschutz, Branddetektion

the STUVA Conference to include this additional segment, which represents an essential element of a functioning infrastructure.

Call for Papers for STUVA Members

The "call for papers" was sent to the members of the STUVA in early December 2016. With a few exceptions, only members are permitted to present papers at a STUVA Conference.

In addition to concentrating on "Stuttgart–Ulm" with "Stuttgart 21" in the "home section", the series of lectures will again feature the entire spectrum of underground construction.

In the "Tunnelling" segment:

- Current developments in underground construction
- International major projects
- Tunnel construction safety at work
- Exploration, planning, construction, maintenance, redevelopment, research
- Mechanised driving, construction methods in complex ground
- Sustainability, producing and using energy
- Economy, contractual practice, financing

In the "Tunnel Operation" segment:

- New guidelines and codes of practice
- Innovative safety concepts
- Safety installations, retrofitting, modernisation
- Risk management
- Tunnel management
- Behaviour of road users
- Lighting and escape guidance systems
- Fire protection, fire detection

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

- (1) Eingang der Anmeldung bei der STUVA; bei Vor-Ort-Registrierung erheben wir einen Aufschlag in Höhe von 30 Euro auf den Normaltarif.
- (2) Mitarbeiter von Firmen/Institutionen, die STUVA-Mitglied sind.
- (3) Kopie des Studentenausweises ist vorzulegen.

Der Mitglieder-Tarif wird ausschließlich Beschäftigten von STUVA-Mitgliedsfirmen gewährt. Bei ungerechtfertigter Inanspruchnahme erfolgt eine entsprechende Nachforderung. Mitgliedsfirmen, die mehr als 15 Teilnehmer registrieren, wird ab dem 16. Teilnehmer auf Anfrage im Nachgang ein zusätzlicher Rabatt in Höhe von 10 % auf die Tagungsgebühr gewährt. Vertretern der Fachpresse kann auf Anfrage und gegen Vorlage des Presseausweises kostenfreier Zutritt zu den Vortragsveranstaltungen sowie zur Fachausstellung gewährt werden (jeweils eine Person je Verlag).

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

- (1) Receipt of registration by STUVA; registration at venue entails a surcharge of 30 euros added to the regular tariff
- (2) Members of companies/institutions, which are STUVA members
- (3) Please provide copy of student ID card

The members' tariff is exclusively granted to employees of STUVA member companies. An extra charge will subsequently be levied on non-entitled participants. Member firms registering more than 15 participants are entitled to an additional discount amounting to 10 % of the conference fee as from the 16th participant. This discount is granted on request, following the event.

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

Tunnel 1/2017 STUVA-Nachrichten STUVA News 51

Junges Forum

Bereits zum fünften Mal wird auf der STUVA-Tagung '17 im Rahmen der Vortragsreihe "Junges Forum" vier bis fünf hochqualifizierten Ingenieuren und Ingenieurinnen (bis zu einem Alter von ca. 35 Jahren) aus dem Kreis der Mitglieder der STUVA die Gelegenheit geboten, über erste eigene Erfahrungen aus Praxis oder Wissenschaft mit einem Vortrag zu berichten. Auf dem Festabend am ersten Veranstaltungstag wird dann der von den Tagungsteilnehmern gewählte beste Vortrag mit dem STUVA-Nachwuchspreis ausgezeichnet. Erstmalig wurde dieser Preis bei der Jubiläumstagung zum 50-jährigen Bestehen der STUVA ausgelobt.



Bisherige Preisträger:

- 2010 Dr. Jan-Niklas Franzius
- 2011 Dipl.-Ing. Anna-Lena Hammer geb. Wiese
- 2013 Mag. (FH) Susanne Fehleisen
- 2015 Dipl.-Ing. Nina Wassmann

STUVA-Preis

Die STUVA verleiht anlässlich der Tagung in Stuttgart den STUVA-Preis 2017 für bemerkenswerte Innovationen auf dem Gebiet des unterirdischen Bauens. Seit dem 1996 gefassten Beschluss des STUVA-Vorstandes, einen solchen Preis zu vergeben, werden alle zwei Jahre herausragende persönliche Leistungen oder außergewöhnliche Gesamtprojekte aus den Bereichen Planung, Bauausführung, Betrieb, Sicherheitsfragen, Umweltschutz, Theorie oder Marketing gewürdigt.

Bisherige Preisträger:

- 1996 Ltd. Baudirektor Rolf Bielecki
- 1999 Dipl.-Ing. Claus Becker
- 2001 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Brameshuber
- 2003 Projekt NEAT, Schweiz
- 2005 Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht
- 2007 Projekt Betouweroute, Niederlande
- 2009 Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Heinz Duddeck
- 2011 Projekt Citybanan, Stockholm
- 2013 Baurat h.c. Dipl.-Ing. Dr. mont. Georg-Michael Vavrovsky
- 2015 Projekt Wehrhahn-Linie Düsseldorf

Die STUVA bittet um geeignete Vorschläge für einen würdigen Preisträger des Jahres 2017.

Tagungsbegleitende Ausstellung STUVA-Expo 2017 – jetzt anmelden!

Parallel zu den Vortragsreihen findet am 6. und 7. Dezember 2017 in der Halle 4 der Messe Stuttgart die Fachausstellung STUVA-Expo statt. Bei Redaktionsschluss hatten bereits 145 namhafte

Young Forum

For the fifth time now during the 2017 STUVA Conference, four or five highly-qualified engineers (up to the age of 35) from the circle of STUVA members will be provided with the chance to relate their initial experiences from practice or science within the scope of the "Young Forum" series of lectures. At the gala evening on Day 1, the best paper selected by the audience will win the STUVA Prize for up-and-comers. This prize was awarded for the first time at the Conference commemorating STUVA's 50th jubilee.

Previous winners:

- 2010 Dr. Jan-Niklas Franzius
- 2011 Dipl.-Ing. Anna-Lena Hammer (née Wiese)
- 2013 Mag. (FH) Susanne Fehleisen
- 2015 Dipl.-Ing. Nina Wassmann

STUVA Prize

On the occasion of the Stuttgart Conference, the STUVA is awarding the 2017 STUVA Prize for outstanding innovations in the field of underground construction. Since the STUVA board decided to bestow the prize back in 1996, exceptional achievements or outstanding overall projects from the spheres of planning, execution of construction, operation, safety issues, environmental protection, theory or marketing have been acknowledged.

Previous winners:

- 1996 Ltd. Baudirektor Rolf Bielecki
- 1999 Dipl.-Ing. Claus Becker
- 2001 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Brameshuber
- 2003 Project NRLA, Switzerland
- 2005 Dr.-Ing. E.h. Martin Herrenknecht
- 2007 Project Betouweroute, Netherlands
- 2009 Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Heinz Duddeck
- 2011 Project Citybanan, Stockholm
- 2013 Baurat h.c. Dipl.-Ing. Dr. mont. Georg-Michael Vavrovsky
- 2015 Project Wehrhahn Line Düsseldorf

The STUVA would like to receive suitable proposals for a worthy recipient for 2017.

Register now for the STUVA-Expo Fair accompanying the 2017 Conference!

On December 6 and 7, 2017, the STUVA-Expo exhibition will run parallel to the series of papers in Hall 4 of Messe Stuttgart. As we went to press, 145 leading companies from the industry had confirmed their intention to attend, having reserved around 2500 m² of space. More than 180 national and international

52 STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 1/2017

Unternehmen der Branche ihre Messebeteiligung bestätigt und rund 2500 m² Standfläche belegt. Erwartet werden mehr als 180 nationale und internationale Unternehmen, die ihre Produkte und Leistungen aus den Bereichen "Maschinen und Geräte", "Material und Zubehör", "Planung und Beratung", "Ausführung" sowie "Tunnelbetrieb" auf ca. 6000 m² Ausstellungsfläche präsentieren. Durch die Erweiterung des Vortragsspektrums bieten sich auch auf der STUVA-Expo neue Chancen. Nutzen auch Sie die Gelegenheit, Ihre Firma optimal zu präsentieren – sprechen Sie uns an oder nutzen Sie die Website www.stuva-expo.de für einen umfassenden Überblick!

Film ab! Die STUVA-Tagung in Bildern

Bilder sagen mehr als tausend Worte: Der Imagefilm zur STUVA-Tagung ist im Rahmen der Tagung 2015 in Dortmund entstanden und bietet eine hervorragende Möglichkeit, sich ein Bild über diese Veranstaltung zu verschaffen. Schauen Sie einmal rein: www.stuva-conference.com > Tagung > Auf einen Blick. companies are expected to display their products and services from the segments "Machinery and Equipment", "Material and Accessories", "Planning and Consulting", "Execution" as well as "Tunnel Operation" over some 6000 m² of exhibition area.

By expanding the spectrum of lectures, this also serves to boost opportunities at the STUVA-Expo. Please take avail of the chance to present your company in an optimal manner – by contacting us or the website **www.stuva-expo.de** to obtain comprehensive feedback!

On Film! The STUVA Conference in Pictures

Pictures say more than a thousand words: the STUVA Conference image film was created during the 2015 Conference in Dortmund. It affords an outstanding opportunity to gain an impression of the event. Take a look: **www.stuva-conference.com** > Conference > At a Glance.

Kontakt für Teilnehmer und Presse Contact for participants and press

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

Kontakt für Aussteller Contact for exhibitors

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

Gleisquerungen

www.stuva-conference.com

STUVA forscht zur Verbesserung der Verkehrssicherheit für Fußgänger und Radfahrer

Im Rahmen eines Forschungsprojektes [FE-Nr. 82.0613/2014] sollen Erkenntnisse zur Verbesserung der Sicherheit von Fußgängern und Radfahrern beim Überqueren von Straßenbahngleisen gewonnen werden. Das Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) veranlasst und wird von der STUVA e. V. in Zusammenarbeit mit der Bergischen Universität Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik (SVPT), durchgeführt. Betreut wird das Projekt von einem Fachkreis von Vertretern des Bundes, der Länder, der Kommunen, ausgewählter Verkehrsunternehmen sowie des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). Unter dem Titel "Verkehrssicherheit von Überquerungsstellen für Fußgänger und Radfahrer über Straßenbahn- und Stadtbahnstrecken" wird das Ziel verfolgt, konkrete Empfehlungen für die zukünftige Planung und den Bau von signalisierten und nicht signalisierten Gleisüberwegen über besondere und unabhängige

Track Crossings

STUVA Research to improve Traffic Safety for Pedestrians and Cyclists

Findings designed to improve the safety of pedestrians and cyclists when using railway crossings are to emerge from a research project (FE-No. 82.0613/2014). The project was commissioned by the Federal Highway Agency (BASt) on behalf of the German Federal Ministry for Transport and Digital Infrastructure (BMVI). It is being carried out by the STUVA in conjunction with the University of Wuppertal's department of Road Traffic Planning and Engineering (RTPE). A special group of representatives from the federal and regional governments, the municipalities, selected transport companies as well as the Association of German Transport Companies (VDV) is supervising the project.

Under the heading "Traffic Safety at Crossing Points for Pedestrians and Cyclists on Tram and Urban Railway Lines", the aim is to devise concrete recommendations for the future planning and construction of track crossings with and without signals over specific and independent permanent ways (in accordance to § 16 BOStrab). The intention is to contribute substantially to preventing accidents at

Tunnel 1/2017 STUVA-Nachrichten STUVA News 53



1 Gleisquerung in Düsseldorf Track crossing in Düsseldorf

Bahnkörper (gem. § 16 BOStrab) zu entwickeln. Dadurch soll ein wesentlicher Beitrag zur Vermeidung von Unfällen an Gleisquerungen geleistet werden. Im Rahmen dieses Vorhabens soll weiterhin überprüft werden, welchen Einfluss bestimmte Bauformen oder Ausstattungselemente auf die Verkehrssicherheit von Fußgänger- und Radfahrer-Übergängen an Stadt-/Straßenbahntrassen haben. Dazu soll zunächst erhoben werden, welche Bauformen und Elemente in der Praxis Anwendung finden (Bild 1). Dabei wird der Blick auch auf das europäische Ausland gerichtet.

Ausführungs- und Einsatzempfehlungen für Gleisquerungen

Eine umfangreiche Unfallanalyse und damit die Analyse des Sicherheitspotenzials bzw. von Sicherheitsdefiziten soll eine Auswahl prototypischer Überquerungsanlagen ermöglichen. Dies soll z. B. auf Basis der Zuordnung von Unfallauffälligkeiten zu bestimmten Bauformen oder Elementen geschehen. Die ausgewählten Anlagen werden anschließend einer umfangreichen Sicherheitsanalyse sowie Beobachtungen im Realverkehr unterzogen. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse sollen Ausführungsund Einsatzempfehlungen für Bauformen oder die technische Ausstattung ausgesprochen und geeignete Parameter identifiziert werden, die eine Entscheidungshilfe für die Auswahl bieten. Es werden zudem Anpassungsvorschläge für die Fortschreibung technischer Regelwerke gemacht.

track crossing points. In addition, investigations will also be carried out within the scope of the project to determine whether certain structural forms or elements of equipment exert a role on road safety at crossings for pedestrians and cyclists. First of all, it will be established which structural forms and elements are applied in practice (**Fig. 1**). In this connection, practices in other European countries will also be taken into consideration.

Recommendations on Design and Application for Track Crossings

An extensive accident analysis and in turn, analysis of the safety potential or safety deficits will facilitate a selection of crossing point facilities in the form of prototypes. This will e.g. be based on allocating accident anomalies to certain structural forms or elements. The chosen facilities will then be subjected to an extensive safety analysis as well as monitoring in actual traffic. Based on the results of the investigations, recommendations for design and application for structural forms or technical furnishings will be provided and suitable parameters identified, which will help making the right choice. Furthermore suggestions for correspondingly adapting technical codes of practice will be put forward.

le/credit- STI IVA

54 STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 1/2017

Forschungs- und Entwicklungsarbeit der STUVA

Sicherheit und Notfall-Management im ÖPNV

Vorfälle von Gewalt und Sachbeschädigungen an Haltestellen und in Fahrzeugen können dazu führen, dass sich Fahrgäste unwohl fühlen oder den ÖPNV sogar gänzlich meiden. Dies gilt insbesondere nachts und in Zeiten geringer Frequentierung. Aber auch Fahr-, Service- und Sicherheitsdienst-Mitarbeiter von Verkehrsunternehmen können in kritische Situationen verwickelt werden. Die STUVA hat in den letzten drei Jahren erfolgreich das Projekt InREAKT koordiniert, in dem vor allem neue technische Ansätze zur Erhöhung der Sicherheit und Verbesserung des Notfall-Managements im ÖPNV entwickelt wurden.

Wenn Fahrgäste oder Mitarbeiter von Verkehrsunternehmen in kritische Situationen wie gewalttägige Auseinandersetzungen oder medizinische Notfälle geraten, kommt einem effektiven Notfall-Management im ÖPNV eine große Bedeutung zu. Zahlreiche neue Ansätze

hierzu wurden im Projekt InREAKT verfolgt, das in den letzten drei Jahren vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurde. Kernidee ist der IT-gestützte Ablauf einer Hilfe-Reaktionskette, die aus folgenden Elementen besteht:

- Erkennen eines hilfebedürftigen Menschen,
- Melden einer sicherheitskritischen Situation an die Leitstelle,
- Verständigen von Reaktionskräften,
- Intervenieren am Ereignisort.

Das Erkennen erfolgt in InREAKT beispielsweise über eine optische Sensorik, welche die Effektivität von Videoüberwachung durch Vorauswahl relevanter Szenen unterstützen kann. Diese erstellt mittels Tiefenbildkamera abstrahierte Bilder, die keinerlei Rückschlüsse auf Alter, Geschlecht, Ethnie etc. der Person zulassen (Bild 1). Da dieses System zudem auf die Speicherung von Daten verzichtet, wird es hohen Anforderungen an den Datenschutz gerecht.

STUVA Research and Development

Safety and Emergency Management in Local Public Transport



1 Optische Sensorik zum Erkennen von sicherheitskritischen Situationen Optical sensor system for identifying safety-critical situations

Education and Research (BMBF) in the last three years. The core principle is the IT-supported operation of a help reaction chain comprising the following elements:

- Identifying a person in need of assistance,
- Reporting a safety-critical situation to the control centre,
- Informing emergency services,
- Intervention at incident location.

Identification in InREAKT takes place for instance via an optical sensor system, which is able to support the efficacy of video monitoring by preselecting relevant scenes. This takes place by means of images abstracted by means of a depth-image camera, which does not permit any conclusions to be drawn relating to the age, sex, ethnicity etc. of the person concerned (**Fig. 1**). As the system also desists from storing data, it complies with the high demands posed on data protection.

Incidences of violence and damage to property at stops and in vehicles can lead to passengers feeling insecure or deciding to opt out of public transportation altogether. This applies in particular to the night hours and quiet periods. However, drivers, service staff and safety personnel can also become involved in critical situations. During the last three years the STUVA has successfully coordinated the InREAKT project, in which primarily new technical approaches for increasing safety and improving emergency management in public commuter transport have been developed. Effective emergency manage-≚ ment in public transportation is of enormous importance should passengers or the members of ightsize staff of transport companies is staff of transport companies. It is staff of transport companies is staff of transport companies. It is staff of transport companies com र्ह्र become tangled up in critical ੇ situations such as violent confrontations or medical emergencies. Numerous related new approaches were pursued in the InREAKT project, sponsored by the German Federal Ministry of Hauptaufgabe der STUVA war es, die Abläufe des Notfall-Managements bei Verkehrsunternehmen zu optimieren und auf die technischen Systeme von InREAKT abzustimmen. In diesem Zusammenhang wurden auch Methoden entwickelt, um Wissen über die Bearbeitung von Notfällen im ÖPNV einfacher als bislang an neue Mitarbeiter in der Leitstelle weiterzugeben. Dies ist nicht nur für eine rasche Hilfeleistung an den Betroffenen von Bedeutung, sondern auch um den Fahrbetrieb möglichst reibungslos aufrecht zu erhalten. Dafür wurde der innovative Ansatz verfolgt, Handlungsempfehlungen in eine spezielle Software für Sicherheitsleitstellen (Bild 2) zu integrieren. Mit dieser kann u. a. auch eine einfache Abfrage von verfügbaren Sicherheits- und Servicekräften erfolgen, die anschließend zum Ereignisort disponiert werden. Die Kommunikation kann entweder konventionell via Mobiltelefon oder mittels Messenger-Funktion in einer speziell entwickelten InREAKT-Sicherheit-App für Smartphones erfolgen.

Erfolgreicher Projektabschluss

Im September 2016 fand die Abschlusskonferenz zum Projekt InREAKT beim Praxispartner Verkehrsbetriebe Karlsruhe (VBK) statt (Bild 3). Neben interessanten Ergebnisvorträgen wurde den Teilnehmern der sogenannte Demonstrator vorgestellt. Dabei handelt es sich um ein Stadtbahnfahrzeug, in das alle wesentlichen technischen Neuentwicklungen eingebaut waren: optische und akustische Sensorik, Sicherheit-Apps für Fahrgäste und Mitarbeiter von Verkehrsunternehmen sowie ein Arbeitsplatz einer Sicherheitsleitstelle. Darüber hinaus wurde auch eine neuartige und besonders preiswerte Sensorik zum Erkennen von Vandalismus an Haltestellenmobiliar vorgestellt. Die Funktionsfähigkeit aller Einzelsysteme und deren Zusammenwirken konnte anhand von realitätsnahen Alltagssituationen eindrucksvoll nachgewiesen werden.

Bereits während der Projektlaufzeit wurden durch die STUVA mehrere Workshops veranstaltet, um Zwischenergebnisse mit in

The STUVA's main task was to optimise emergency management sequences with transport companies and harmonise them with InREAKT's technical systems. Towards this end, methods were also developed to transfer information on processing emergencies in public transportation to new members of staff in the control centre more simply than was previously the case. This is of significance for ensuring that those affected receive aid quickly quite apart from maintaining uninterrupted services as far as possible. For this purpose the innovative approach was pursued of integrating recommended actions in special software for safety control centres (**Fig. 2**). In this way, it is possible for instance, to respond to a simple query concerning available safety and service personnel, who can subsequently be dispatched to the incident location. Communication can be carried out via mobile phone or messenger function in a specially developed InREAKT safety App for smart phones.

Project successfully concluded

The closing conference on the InREAKT project took place in September 2016 at the project partner, the Karlsruhe Transport Services (VBK) (Fig. 3). In addition to specific lectures relating to results, the participants were also introduced to the so-called demonstrator. This is actually an urban rail vehicle, which contains all significant technical new developments: optical and acoustic sensor systems, safety Apps for passengers and members of staff from transport companies as well as a workplace for a security control centre. In addition, a novel and particularly favourably priced sensor system to identify vandalism at a stop was presented. The functionality of all the individual systems and their interactions was impressively demonstrated based on realistic everyday situations.

STUVA staged a number of workshops during the course of the project so that interim results could be discussed with experts from transport companies involved in practice and new sources of inspiration could be obtained. Topics related to "New Ways of Video Monitoring complying with Data Protection" and "New Technologies



2 Leitstelle der Verkehrsbetriebe Karlsruhe (VBK)
Control room belonging to the Transport Services Karlsruhe (VBK)



3 InREAKT-Abschlusskonferenz InREAKT closing conference

56 STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 1/2017

der Praxis tätigen Experten von Verkehrsunternehmen zu diskutieren und neue Anregungen einzuholen. Themen waren "Neue Wege datenschutzgerechter Videoüberwachung" und "Neue Technologien zur Bewältigung sicherheitsrelevanter Vorfälle". Entsprechende Tagungsbände sind kostenlos online abrufbar unter: www.inreakt.de (Rubrik: Ergebnisse > Publikationen).

Fortführung des Projekts

Im Rahmen des Projekts InREAKT wurden weitreichende technische und konzeptionelle Innovationen erarbeitet – marktreif ist das System jedoch noch nicht. Hierzu werden weitere Partner aus der Praxis benötigt. Interessierte Verkehrsunternehmen werden gebeten, sich über das Kontaktformular auf www.inreakt.de mit der STUVA in Verbindung zu setzen. Wir freuen uns auf Ihre Nachricht.

Weitergehende Informationen zu den Ergebnissen von InREAKT wurden auch in einem Fernsehbeitrag der Sendung "alles wissen" vorgestellt, der online über die ARD-Mediathek unter dem Suchbegriff "Sicherheit im ÖPNV" abrufbar ist.

for Mastering safety-relevant Incidents". The corresponding proceedings are available online free-of-charge under: **www.inreakt.de** (Section: Results > Publications).

Continuing with the Project

Extensive technical and conceptional innovations were evolved within the scope of the InREAKT project – however, the system is not yet market-ready. Towards this end, further partners from practice are needed. Interested transport companies are requested to contact the STUVA via the form on www.inreakt.de. We look forward to hearing from you.

STUVA-Nachwuchspreis 2015

Reise zum Tunnelbauprojekt "Metro Green Line" in Doha

Im Rahmen der STUVA-Tagung '15 gewann Dipl.-Ing. Nina Wassmann (Bild 1), zum Zeitpunkt der STUVA-Tagung Amberg Engineering, jetzt Schüssler-Plan Ingenieurgesellschaft, als Siegerin des Vortragswettbewerbs im "Jungen Forum" den STUVA-Nachwuchspreis für ihren Beitrag "BIM (Building Information Modeling) oder 3D Planung? Erfahrungen eines Tunnelplaners beim Projekt Förbifart Stockholm". Der Preis bestand ursprünglich aus einer Reise zu den Tunnel-Baustellen Metrolinie Üsküdar-Cekmeköy und dem Autobahntunnel Avrasya unter dem Bosporus in Istanbul (Türkei). Aufgrund der angespannten Sicherheitssituation in Istanbul im letzten Jahr wurde das Reiseziel geändert. Zwischenzeitlich konnte Nina Wassmann den Preis entgegennehmen und hat die Reise angetreten. Hierfür herzlichen Dank von Seiten der STUVA an die Firma Porr, die hier spontan und ganz unkompliziert die Durchführung einer Reise nach Katar ermöglicht hat. Nachfolgend fasst Wassmann ihre Erlebnisse in einem Reisebericht zusammen.

Reise nach Katar zur Metro Green Line in Doha

Im Sommer erreichte mich die Nachricht, dass die Firma Porr mich einladen würde, die Tunnelbaustelle Metro Green Line in Doha

STUVA Prize 2015 for Young Engineers

Trip to Tunnelling Project "Metro Green Line" in Doha

Dipl.-Ing. Nina Wassmann **(Fig. 1)** presented the best lecture at the 2015 STUVA Conference to clinch the prize for young engineers at the "Youth Forum". With Amberg Engineering at the time of the Conference, she has since joined Schlüssler-Plan. Her winning topic: "BIM (Building Information Modeling) or 3D Planning? Experiences of a Tunnel Planner during the Förbifart Project in Stockholm". Originally the prize involved a trip to the tunnel sites of the Metro Line Üsküdar–Cekmeköy and the Avrasya motorway tunnel beneath the Bosporus in Istanbul (Turkey). However, the destination was changed owing to the tense security situation prevailing in Istanbul last year. In the interim, Nina Wassmann has been able to accept the prize and embark on her trip. In this connection, the STUVA would like to express its deep thanks to the Porr company, who made a trip to Qatar possible so spontaneously and without complications. Wassmann now sums up her impressions in a travelogue.

Trip to Qatar to the Metro Green Line in Doha

In summer I received the news that the Porr company was going to invite me to visit the Metro Green Line tunnelling site in Doha. Full of anticipation, I had to put everything on hold for a few months as the

Tunnel 1/2017 STUVA-Nachrichten STUVA News 57



1 Preisverleihung während des Festabends auf den Rängen der Westfalenhalle 1 in Dortmund (links: die Gewinnerin des STUVA-Nachwuchs-Preises, Dipl.-Ing. Nina Wassmann; rechts: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler, Vorstandsvorsitzender der STUVA)

Award ceremony during the gala evening in the seating area in Westfalenhalle 1 in Dortmund (on the left: the winner of the STUVA Prize for Young Engineers, Dipl.-Ing. Nina Wassmann; on the right: Prof. Martin Ziegler, STUVA board chairman)

zu besuchen. Bereits Feuer und Flamme, musste ich mich noch ein paar Monate gedulden, denn die ortskundigen Mitarbeiter teilten mir mit, dass ein Besuch im katarischen Sommer bei bis zu 50 °C Außentemperatur ein eher reduziertes Vergnügen sei. Ende November 2016 war es dann soweit: Wir brachen zu einem fünftägigen Trip nach Doha auf. Nach unserer Ankunft, früh am Morgen in Doha, brauchten wir erst mal einen Moment der Akklimatisierung. Die fast 30 °C Temperaturunterschied im Vergleich zum Winter in Hamburg und der Nachtflug hatten doch Spuren bei unserer Fitness hinterlassen. Wir ließen also den ersten Tag ruhig angehen mit einer kleinen Stadttour, dem Besuch im islamischen Museum (Bild 2) und einem Abendessen im alten Markt von Doha, dem Soug Waqif (Bild 3).

Auf der Tunnelbaustelle

An Tag Zwei wurden wir morgens von Herrn Fuhrmann, Mitarbeiter der Firma Porr, zur Baustelle abgeholt. Wir fuhren zur Al Massila Station (Bild 4 + 5), die die Firma Porr als zentrale Baustelleneinrichtungsfläche und logistisches Zentrum zur Zulieferung für die Baustelle nutzt. Wir wurden mit Sicherheitsschuhen, Helm, Weste und Schutzbrille ausgerüstet und erhielten eine Sicherheitsunterweisung. Außerdem bekam man so schon einen ersten Eindruck von der Baustelle und den Mitarbeitern sowie einen ersten Überblick darüber, was eigentlich alles zu besichtigen war.

local staff, who were familiar with prevailing conditions, suggested that a visit during summer in Qatar would not be particularly pleasant with outside temperatures hovering around the 50 °C mark. At the end of November 2016 the time had come: we embarked on a five-day trip to Doha. After arriving in Doha in the early morning, we needed a little time to become acclimatised. The almost 30 °C difference in temperature from winter in Hamburg and the night flight had not been without impact. So we took things easy on Day 1 with a short city tour, a visit to the Islamic Museum (Fig. 2) and an evening meal in Souq Waqif, Doha's traditional downtown market area (Fig. 3).

On the Tunnelling Site

On Day 2, Mr. Fuhrmann from Porr picked us up to visit the construction site. We drove to Al Massila Station **(Figs. 4 + 5)**, which the Porr company uses as a central site installation yard and logistics centre for supplying the construction site. We were provided with safety shoes, hard hat, vest and received a safety briefing. In addition, it was possible to gain a first impression about the site and those working on it and what was worth inspecting.

The excavation of the 33 km long main tubes executed by six tunnel boring machines as well as the production of the more than 30 cross-passages had already been completed. However, construction of the stations and the production of a pedestrian tunnel by conventional means beneath a busy road in the heart of Doha were still

58 STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 1/2017



2 Islamisches Museum mit Blick auf Doha Westbay
Islamic Museum with a view of Doha West Bay



4 Al Massila Station, Baugrube
Al Massila Station, construction trench

Die Vortriebe der mit sechs Tunnelbohrmaschinen aufgefahrenen 33 km langen Hauptröhren sowie die Herstellung der über 30 Querschläge waren bereits abgeschlossen. Aber der Bau der Bahnhöfe und der Vortrieb eines bergmännisch erstellten Fußgängertunnels unterhalb einer viel befahrenen Straße im Herzen Dohas war noch in vollem Gange. Zu Fuß starteten wir unseren Besuch an der Station Al Massila. Die weit über 100 m lange Baugrube beinhaltet eine Station und eine Gleiswechselhalle am Übergang zu den beiden Tunnelröhren. Für mich überraschend war, dass der Boden doch deutlich besser tragfähig war, als ich erwartet hatte. Nach einer dünnen Sandschicht an der Oberfläche liegt ziemlich schnell ein Kalkstein an, der es ermöglicht, die Standsicherheit einer über 20 m tiefen Baugrube mit vergleichbar geringen Sicherungsmitteln (Anker und Spritzbeton) herzustellen.

Nach einem ca. 2 km langen Weg durch die Station Al Massila und den Streckentunnel (**Bild 6**) kamen wir an der riesigen Station Hamad Hospital an. Von hier aus wird ein Fußgängertunnel die U-Bahn Station mit dem Krankenhaus auf der anderen Straßenseite verbinden (**Bild 7**). Dieser Fußgängertunnel wird bergmännisch unter dem Schutz eines Rohrschirms mit geringer Überdeckung zu einer mehrspurigen Straße vorgetrieben.



3 Blick in den Souq Waqif View of Souq Waqif



5 Die Gleiswechselhalle der Al Massila Station The track crossover hall at Al Massila Station

forging ahead. We began our visit at the Al Massila Station on foot. The more than 100 m long construction trench contains a station and a track crossover hall, where the two tunnel tubes intersect. I was surprised by the fact that the soil was actually a lot more stable than I had originally imagined. The thin layer of sand on the surface quickly gives way to limestone, which allows a more than 20 m deep construction pit to be produced with comparatively few means of support (bolts and shotcrete).

After making our way for roughly 2 km through Al Massila Station and the running tunnel **(Fig. 6)**, we arrived at the huge Hamad Hospital Station. From here a pedestrian tunnel connects the metro station with the hospital on the other side of the road **(Fig. 7)**. This pedestrian tunnel is driven by mining means protected by a pipe umbrella with shallow overburden below a multi-lane road.

At the Precast Plant

After we had completed the site visit and enjoyed an Indian meal with our colleagues from Porr, we drove westwards. Some 20 km from the city, Porr had set up a precast factory, in which more than 125 000 segments were produced during the excavation phases. Now it is being used to produce solid slab track elements (Figs. 8 + 9). The time selected for our visit in the afternoon was a favourable one.

Tunnel 1/2017 STUVA-Nachrichten STUVA News 59

Im Fertigteilwerk

Nachdem wir den Baustellenbesuch beendet hatten und uns mit den Kollegen von Porr bei einem indischen Mittagessen gestärkt hatten, machten wir uns auf nach Westen. Circa 20 km außerhalb der Stadt hatte Porr ein Fertigteilwerk aufgebaut, in dem zu Tunnelvortriebszeiten die über 125 000 Tübbinge produziert wurden und in dem nun die festen Fahrbahnelemente hergestellt werden (Bild 8 + 9). Der Zeitpunkt des Besuches am Nachmittag war gut gewählt. Genau



6 Streckentunnel Running tunnel

jetzt waren alle Schichten vor Ort, um vorne noch die Bewehrungskörbe zu flechten und hinten bereits zu betonieren. Die Produktion umfasst ca. 92 Fertigteilplatten pro Tag und hält so mit ihrer kontinuierlichen Lieferung die Baustelle ganz schön auf Trab. Nach diesem runden Tag auf der Baustelle und dem sehr inter-

For then all the shifts were present, assembling the reinforcement cages up front and concreting them at the rear. Production involves around 92 precast slabs per day thus keeping the construction site on its toes with a continuous supply. After this fulfilling day on site and that very interesting afternoon at the Porr plant, we spent the evening at a bar almost 300 m up, in the socalled "Torch" of Doha. The over 300 m high and extremely impressive steel tower stands next to the Village Shopping

Mall. Locals too love to spend their weekends there.

A genuine spectacle, which rounded off our Middle East adventure most rewardingly, was something we experienced the next day in the desert. Friday is the day of rest in Qatar, a Moslem country, and that's when you find hundreds of cross-country vehicles and trucks in



elle/credit (6): privat



8 Bewehrungsarbeiten für die Herstellung von Fahrbahnelementen Reinforcement work for producing track elements



Tunnelquerschnittsmodell Tunnel cross-section model

essanten Nachmittag im Fertigteilwerk von Porr ließen wir nun den Abend in fast 300 m Höhe in einer Bar, der sogenannten "Torch" von Doha, ausklingen. Der über 300 m hohe und sehr imposante Stahlturm befindet sich gleich neben der Villagio Shopping Mall. Dort verbringen auch die Einheimischen gerne ihre Wochenenden.

Ein echtes Spektakel, das unsere abenteuerliche Reise in den Nahen Osten wunderbar abgerundet hat, durften wir zum Abschluss am darauffolgenden Tag in der Wüste erleben. Freitags ist Ruhetag im muslimischen Land Katar, und dann findet man hunderte Geländewagen und Trucks in der Wüste, die dort seitlich die steilen Sanddünen hinunterfahren (Bild 10).

Ganz herzlich bedanke ich mich bei der STUVA und der Firma Porr für diese schöne und informative Reise. Insbesondere gilt der Dank den Kollegen, die maßgeblich an der Organisation beteiligt waren: Stefanie Posch (STUVA), Christoph Dümpelmann (Porr Deutschland) und Thomas Fuhrmann (Porr Katar).



10 Wüstentour

Tour of the desert

the desert driving down the sides of the steep sand dunes **(Fig. 10)**. I should like to express my profound gratitude to the STUVA and the Porr company for providing this lovely, informative trip. I would particularly like to thank those colleagues largely involved in organising it: Stefanie Posch (STUVA), Christoph Dümpelmann (Porr Deutschland) and Thomas Fuhrmann (Porr Qatar).

Dipl.-Ing. Nina Wassmann

Tunnel 1/2017 STUVA-Nachrichten STUVA News **61**

Glückwünsche

Jubilare: Klaus Fehlemann und Manfred Bandmann

Dortmunds Stadtdirektor a. D. Klaus Fehlemann feiert in diesen Tagen seinen 75. Geburtstag. Dazu gratuliert die STUVA ihm aufs Herzlichste. Von 2003 bis 2007 hat der gelernte Architekt Fehlemann als STUVA-Vorstandsmitglied zur positiven Entwicklung unseres Vereins beigetragen. 2007 wurde Klaus Fehlemann von der STUVA-Mitgliederversammlung zum Ehrenmitglied des Vorstands gewählt, so dass der ehemalige Stadtbaudezernent der STUVA nach wie vor mit seinem Wissen beratend zur Verfügung steht. Ebenfalls von ganzem Herzen gratuliert die STUVA Prof. Dipl.-Ing. Manfred Bandmann zum 70. Geburtstag. In seinem langen Berufsleben hat er unter anderem als Geschäftsführer der BG Bau und als Präsident des Deutschen Verkehrssicherheitsrats maßgeblich die Verkehrspolitik und die technische Entwicklung in Deutschland beeinflusst. Für seine Verdienste wurde er unter anderem mit dem Verdienstkreuz am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland ausgezeichnet. Manfred Bandmann war von 2001 bis 2009 Vorstandsmitglied der STUVA und ist seit 2009 Ehrenmitglied.

Congratulations

Jubilarians: Klaus Fehlemann and Manfred Bandmann

Dortmund's former municipal director Klaus Fehlemann has just celebrated his 75th birthday, and the STUVA wishes to extend hearty congratulations. From 2003 to 2007, the trained architect Fehlemann contributed to the positive development of our organisation as a member of the STUVA board. In 2007, Fehlemann was appointed an honorary board member by the STUVA General Assembly. Consequently, the former head of the city building department has still continued to provide the STUVA with advice in an honorary capacity. The STUVA would also like to wish Prof. Manfred Bandmann all the best on the occasion of his 70th birthday. During his lengthy professional career, his spells as managing-director of the GB Bau and as president of the German Road Safety Council largely determined transport policy in this country. The honours he has received include the Cross of the Order of Merit of the Federal Republic of Germany. Manfred Bandmann was a member of the STUVA board from 2001 to 2009 and has been an honorary member since 2009

Seminar

Schutz vor Erschütterungsund Sekundärschallimmissionen im Schienenverkehr

Schienenverkehr ist ein unverzichtbarer Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur. In Ballungsgebieten kommt ihm eine herausragende Bedeutung für die Bewältigung hoher Verkehrsaufkommen zu. Zum Schutz der Bevölkerung, sensibler Gebäude und Geräte sind Minderungsmaßnahmen erforderlich. Zu deren Auslegung dienen Emissionsdaten, Prognosen und Bewertungen.

Das Seminar, Schutz vor Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen bei Schienenbahnen" behandelt den Gesamtkomplex der Entstehung, Ausbreitung und Minderung sowie Messung und Bewertung von Erschütterungen und Sekundärschall im Schienenverkehr. Es werden konkrete Möglichkeiten zur Untersuchung und Lösung von Erschütterungsproblemen im Schienenverkehr aufgezeigt. Ein wesentlicher Bereich zur Beeinflussung der Erschütterungsemissionen ist der Oberbau, daher wird hierauf insbesondere eingegangen. Das für Anwohner und Betreiber wesentliche Thema Rechtsprechung wird ebenfalls behandelt. Das Seminar findet am 21. und 22. Juni 2017 in Ostfildern-Nellingen statt. Weitere Informationen finden Sie online auf www.stuva.de, unter dem Menüeintrag "Weitere Veranstaltungen".

Seminar

Protection against Vibrations and secondary Noise Immissions from Rail Traffic

Rail traffic represents an essential component of the transport infrastructure. In built-up areas it is immensely important for tackling high transport volumes. Measures designed to reduce its impact are essential in order to protect the population, sensitive buildings and equipment. Emission data, prognoses and evaluations are required to accomplish this.

The seminar "Protection against Vibrations and secondary Noise Immissions for Railways" deals with the entire complex of the origin, spread and reduction of vibrations and secondary noise in rail traffic as well as their measurement and assessment. Concrete possibilities for investigating and solving vibration problems in rail transportation are provided. The superstructure represents an important factor influencing emissions stemming from vibrations, thus this is accorded special attention. Prevailing law, which is so vital for local residents and operators, is also dealt with. The seminar will take place on June 21 and 22, 2017 in Ostfildern-Nellingen. Further details are available by accessing **www.stuva.de** under the menu heading "Weitere Veranstaltungen" (German only).

62 STUVA-Nachrichten STUVA News Tunnel 1/2017

Mitgliedschaft

Fünf neue STUVA-Mitglieder

Folgende Firmen sind im zweiten Halbjahr 2016 Mitglied der STUVA geworden:

- Rücker und Schindele Beratende Ingenieure GmbH, München (Deutschland)
- StekoX GmbH Abdichtungstechnik, Magstadt (Deutschland)
- CTS Cordes tubes & seals GmbH & Co. KG., Senden-Bösensell (Deutschland)
- SBM Mineral Processing GmbH, Oberweis (Österreich)
- Ingenieurbüro Zammit GmbH, Salzgitter (Deutschland)

Membership

Five new STUVA Members

The following companies joined the STUVA during the second half of 2016:

- Rücker und Schindele Beratende Ingenieure GmbH, Munich (Germany)
- StekoX GmbH Abdichtungstechnik, Magstadt (Germany)
- CTS Cordes tubes & seals GmbH & Co. KG., Senden-Bösensell (Germany)
- SBM Mineral Processing GmbH, Oberweis (Austria)
- Ingenieurbüro Zammit GmbH, Salzgitter (Germany)







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!

Tunnel 1/2017 Veranstaltungen Events 63

24. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium

Justus-Liebig-Haus, Darmstadt, Deutschland 16.03.2017

Kontakt:

TU Darmstadt, Institut für Geotechnik Dipl.-Ing. Sebastian Fischer Tel.: +49 6151/16 22 827 Fax: +49 6151/16 22 813 fischer@geotechnik. tu-darmstadt.de www.geotechnik. tu-darmstadt.de

Tunnels – Safety & Fire Protection 2017

Amsterdam 23.–24.03.2017

Contact:

Enigma Consulting Group Bilina Patt Tel.: +44 203 769 7910 Fax: +44 207 183 0083 bilina@enigma-cg.com www.enigma-conferences. com

9th International Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground

Centro de Convencoes Reboucas, São Paulo, Brazil 04.–05.04.2017

+ 4th Brazilian Tunneling Congress

(03.-04.04.2017)

+ Latin American Tunneling Seminar

(05.04.2017)

Contact:

MCI São Paulo

Tel. + Fax: +55 11 3056-6000 atendimento@mci-group.com helpdeskbrasil@mci-group.com http://is-saopaulo.com

32. Christian Veder Kolloquium

Zugelemente in der Geotechnik – Nägel, Anker, Zugpfähle 20.–21.04.2017 TU Graz, Hörsaal P1; Graz,

Österreich Kontakt:

Institut für Bodenmechanik und Grundbau, TU Graz Tel.: +43 316 873-6231 Fax: +43 316 873-6232 cvk@tugraz.at www.cvk.tugraz.at

SEACETUS2017

Southeast Asian Conference & Exhibition in Tunnelling and Underground Space Dorsett Grand Subang Hotel, Subang Jaya, Selangor, Malaysia 18.–19.04.2017

Contact:

Bhd.
Tel.: +603 7958 6851
Fax.: +603 7958 2851
nora@iem.org.my
http://www.iemtc.com/asset/

SEACETUS2017 Secretariat

c/o IEM Training Centre Sdn.

EURO:TUN 2017

SEACETUS2017.pdf

IV International Conference on Computational Methods in Tunnelling and Subsurface Engineering 18.–20.04.2017 Innsbruck, Austria

Contact:

Faculty of Engineering
Science
Institute for Basic Sciences in
Engineering Science
Tel.: +43 512 507 61501
Fax: +43 512 507 61599
eurotun2017@uibk.ac.at
www.eurotun2017.com/de

SEE tunnel Zagreb 2017

7th International Symposium on Tunnels and Underground Structures in South-East Europe 04.–05.05.2017, Sheraton, Zagreb, Croatia

Contact:

Promovere ltd.
Tel.: +385-1-6130-063
sanela.kovacevic
@promovere.hr
promovere.hr/congress

Münsteraner Tunnelbau-Kolloquium 2017

Fachhochschulzentrum FHZ, Münster, Deutschland 11.05.2017

Kontakt:

Institut für unterirdisches Bauen, FH Münster Tel.: +49 251/83-651 53 Fax: +49 251/83-651 52 tunnel@fh-muenster.de www.fh-muenster.de/tunnel

Swiss Tunnel Congress 2017

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

Contact:

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

Tagungssekretariat,

World Tunnel Congress 2017

Edvard Grieg Hall, Bergen, Norway 09.–16.06.2017

Contact:

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

Eurock 2017

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

Contact:

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

Shotcrete for Underground Support XIII

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

Organized by:

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

66. Geomechanik Kolloquium 2017

Salzburg Congress, Salzburg, Austria

12.-13.10.2017

Contact:

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

The Value is Underground

15th International AFTES

Congress

Palais des Congrès, Paris,

France

13.-15.11.2017

+ ITA Tunnelling Awards 2017

(15.11.)

+ Shaping the Future

(16.11.)

Underground architecture and urban development

Contact:

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

Südbahntagung 2017

Montanuniversität Leoben, Österreich 30.11.2017

Kontakt:

robert.galler@unileoben.ac.at robert.hermann@unileoben. www.suedbahntagung.at

STUVA-Tagung 2017/ STUVA Conference 2017

ICS Internationales Congresscenter Stuttgart, Germany

06.-08.12.2017 Contact for participants:

Stefanie Posch STUVA e. V.

Tel.: +49 221/5 97 95-0 team@stuva-conference.com www.stuva-conference.com

Contact for exhibitors:

www.stuva-expo.de

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



www.bauverlag.de

36. Jahrgang / 36thYear w.tunnel-online.info tunnel

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: Heike Telocka Phone: +49 5241 80-1943 E-Mail: heike.telocka@bauverlag.de

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

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

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

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

www.aftes.asso.fr

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

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

Auslandsvertretungen / Representatives:

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

International Mec...
Marc Jouanny
Phone: +33 (1) 43553397,
Fax: +33 (1) 43556183,
Mobil: +33 (6) 0897 5057,
E-Mail: marc-jouanny@wanadoo.fr

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

e-mail: costruzioni@ediconsult.com

USA/Canada: Detlef Fox, D. A. Fox Advertising Sales, Inc. 5 Penn Plaza, 19th Floor, New York, NY 10001 Phone: 001-212-696-3881, 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 € 165,00

Studenten / Students € 97.00 Ausland / Other Countries € 175,00 Einzelheft / Single Issue € 27,20 (inklusive Versandkosten / including postage) eMagazine € 98.50

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

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

Combined subscription for Tunnel + tHIS including postage: € 214.80 (outside Germany: € 221.54).

(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zu-schlag/with surcharge for delivery by air mail)

Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlängert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von drei 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, "STUVANachrichten" liegt in der Verantwortung der STUVA. Die inhaltliche Verantwortung mit

Namen gekennzeichneter Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

Publications:

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

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

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



tunnel



www.tunnel-online.info/emag phone +49 5241 8090884 readerservice@bauverlag.de

Maintenance and renovation

of subsurface constructions

Tunneling equipment

Learn about

Planning and designing

Technical developments

Realization of projects

