

www.tunnel-online.info

tunnel

2

April

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2017

Tunnel Safety in Kärnten – current Investments | 14
Undertunnelling Tracks for the Metzberg Tunnel | 18
Formwork Concepts for Cut-and-Cover Tunnels | 32



bau || || verlag
Wir geben Ideen Raum

Conquering

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

Toughest

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

Hard Rock

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

Contractors:

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

Pioneering Underground Technologies

› www.herrenknecht.com



tunnel 2/17

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



In Deutschland sind Tunnelprojekte mit einer relativ konstanten Auffahrlänge von rund 170 km pro Jahr zu erwarten. Aus Sicht der Schalungshersteller sind diese Projekte von hohem Interesse, und das europäische Gesamtpotenzial ist noch wesentlich höher. Für den Teilbereich der offenen Tunnelbauweise ist es heute möglich, mietbare Schalungssysteme einzusetzen, die speziell auf die Bauweise und Bauwerke abgestimmt sind.

In Germany, tunnel projects with a relatively constant cumulated length of about 170 km per year are to be expected. From the formwork manufacturers' point of view these projects will be of great interest, and the overall European potential is considerably higher. In the partial sector of cut-and-cover tunnel building, it is possible today to use rented formwork systems specially designed for this construction method and structures.

Quelle/credit: Doka
(Seite/page 32)

Title

Tunnelvortriebe unter einer bestehenden Bahnstrecke lassen eine nur sehr geringe Setzung der Gleise zu. Am Beispiel des Metzbergtunnels wird gezeigt, wie der Vortrieb entsprechend dieser Randbedingungen konzipiert werden kann und wie eine kontinuierliche Überprüfung der Gleissetzung sichergestellt wird

Executing a tunnel drive beneath an existing railway line allows the tracks very little room for settling. The example of the Metzberg Tunnel shows how the excavation can be devised in keeping with these marginal conditions and how continuous checking of the track settlement is assured

Quelle/credit: Mähner
(Seite/page 18)

Nachrichten / News

2

Hauptbeiträge / Main Articles

Untertunnellung von Bahngleisen am Tunnel Metzberg

18

Undertunnelling Tracks for the Metzberg Tunnel

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Mähner; Dipl.-Ing. Bert Bohlmann; Dr.-Ing. Alexander Nolte

Spezialtiefbau / Specialist Foundation Engineering

Spezialtiefbau für die Umfahrung Schwarzkopftunnel

26

Special Foundation Works for the Schwarzkopftunnel Bypass

Dipl.-Ing. Hans-Gerd Haugwitz; Dipl.-Ing. Klaus Wecker

Schalungstechnik / Formwork Technology

Schalungskonzepte für Ortbeton-Tunnel in offener Bauweise

32

Formwork Concepts for in-situ Concrete Cut-and-Cover Tunnels

Ing. Christian Heuböck; Dr. Tino Bretschneider; Dr. Alexander Reinisch

U-Bahn-Tunnel U4, Hamburg:

44

Im Wochentakt von der HafenCity zu den Elbbrücken

Metro Tunnel U4, Hamburg:

From the HafenCity to the Elbe Bridges in a weekly Cycle

Fachtagungen / Conferences

Österreichischer Tunneltag 2016

46

Austrian Tunnel Day 2016

Geomechanik Kolloquium 2016 in Salzburg

48

Geomechanics Colloquium 2016 in Salzburg

Workshop an der TU Graz: Tunnelbau in Störungszonen

51

Workshop at the TU Graz: Tunnelling in Fault Zones

Informationen / Information

Veranstaltungskalender / Event Calendar

55

Impressum / Imprint

56

Norwegen

World Tunnel Congress 2017: Oberirdische Herausforderungen – unterirdische Lösungen

Das stetige Wachstum städtischer Gebiete treibt die Suche nach zusätzlich nutzbarem, urbanem Raum weltweit voran. Laut einer ITACUS-Studie aus dem Jahr 2010 lebt mehr als die Hälfte der globalen Bevölkerung in Städten. Die Herausforderungen, die sich dadurch ergeben, sind zahlreich, und die Verfügbarkeit von Raum für die notwendigen Infrastrukturen spielt dabei eine entscheidende Rolle. Der unterirdische Raum wird dafür noch immer vergleichsweise spärlich genutzt, aber das Potential für eine ausgiebige und durchdachte Nutzung ist zugleich enorm.

Der World Tunnel Congress (WTC) 2017 im norwegischen Bergen wird sich vom 9. bis zum 15. Juni auch diesem Themenfeld widmen. Veranstalter ist die Norwegian Tunnelling Society – NFF. Der diesjährige Leitsatz lautet „Surface Challenges – Underground Solutions“. Er ist als Herausforderung und Verpflichtung für die International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) und ihre Mitglieder zu verstehen, zu einer nachhaltigen, zukunftsfähigen Entwicklung ihren Beitrag zu leisten.

Kongress in der Edvard Grieg Hall

Das Kongresszentrum „Edvard Grieg Hall“ wurde als zentraler Veranstaltungsort des WTC ausgewählt. Hier finden die Vorträge in bis zu vier parallelen Sessionen statt, ebenso die 43. ITA-Jahrestagung sowie sämtliche weitere Versammlungen. Für die Ausstellung der Tunnelbauer stehen dort 120 Messestände auf einer Fläche von



Das Kongresszentrum „Edvard Grieg Hall“ wurde als zentraler Veranstaltungsort des WTC in Bergen ausgewählt. Hier finden die Vorträge in bis zu vier parallelen Sessionen, die 43. ITA-Jahrestagung und die Ausstellung statt

The Edvard Grieg Hall congress centre will be the venue of the WTC 2017 in Bergen with presentations in up to four parallel technical sessions, the 43rd ITA General Assembly and the exhibition

Norway

World Tunnel Congress 2017 in Bergen: Surface Challenges – Underground Solutions

Worldwide there is a quest for urban space driven by increasing urbanization. According to the ITACUS white paper (2010), more than half of the world's population lives in urban areas.

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

From June 9 to June 15 the World Tunnel Congress (WTC) 2017 will take place in Bergen on the west coast of Norway. It is hosted by the Norwegian Tunnelling Society (NFF). The congress' motto "Surface challenges – Underground solutions" is considered a challenge and commitment for the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) and its members to contribute to sustainable development.

Congress Programme in the Edvard Grieg Hall

The Edvard Grieg Hall congress centre will be the venue of the presentations in up to four parallel technical sessions, the ITA General Assembly, all meetings and the exhibition of the WTC 2017 – with room for 120 booths and a total indoor area of 3500 m² as well as an additional outdoor area of 5000 m².

For the technical sessions of the WTC 2017 the following 17 topics were determined:

- Site investigation, ground characterization
- Urban tunnelling (planning, design and construction)



Mehr als 1800 Straßen- und Eisenbahntunnel durchziehen Norwegen auf einer Länge von mehr als 1000 km. Der Lærdal Tunnel (Foto) ist mit 24,5 km der längste Straßentunnel der Welt. Er verfügt über variierende Beleuchtung und eine kurvige Streckenführung zum Schutz vor Ermüdung

Today Norway has more than 1800 road and rail tunnels, whose total length amounts to well over 1000 km. The Lærdal Tunnel is the world's longest road tunnel at 24.5 km and features comfortable lighting and driving variation to prevent fatigue during travel





Quelle/credit (6): NFF

Der WTC-Veranstaltungsort Bergen (links) liegt an der norwegischen Westküste. Das Rahmenprogramm bietet Besichtigungstouren der Stadt (Mitte) ebenso wie Exkursionen, zum Beispiel zum Kollsnes Gas-Terminal (rechts)

The city of Bergen is located on the west coast of Norway (left). The supporting programme of the WTC will include historic walking tours (middle) as well as site visits and technical tours, like the tour to the Kollsnes Gas Terminal (right)

insgesamt 3500 m² zur Verfügung; zusätzlich bietet die Edvard Grieg Hall noch weitere 5000 m² Außenfläche. Für das Vortragsprogramm wurden folgende 17 Themengebiete definiert:

- Baustellenerkundung und Baugrunduntersuchungen
- Innerstädtischer Tunnelbau (Planung, Entwurf und Ausführung)
- Strategische Nutzung des unterirdischen Raumes zugunsten einer belastbaren Stadtentwicklung
- Unterirdische Wasserkraftprojekte (Tunnel und Schächte ohne Innenausbau, Unterwasser-Tunnelbau, Luftdruckkammern)
- Maschineller Tunnelbau
- Entwicklungen im Sprengvortrieb
- Große Kavernen (Planung, Entwurf und Ausführung)
- Unterwassertunnel (Unterquerungen für Straßen- und Schienenverkehr, Versorgungstunnel)
- Unterirdische Abfalldeponien
- Innovationen für Felsicherung und Abdichtung
- Tunnelbetrieb, -überwachung und -wartung
- Sicherheitsmanagement bei komplexen unterirdischen Bauprojekten
- Stabilitäts-Evaluierung, Risikoanalyse und -management
- Erdbebensicherer Entwurf von Tunneln und unterirdischen Bauwerken
- Tunnelsanierung
- Projektberichte: Erkenntnisse aus Fallbeispielen

Beiträge zu diesen Themenfeldern konnten bis zum 14. März eingereicht werden. Eine Aufstellung aller angenommenen Beiträge soll ab dem 17. April auf der Website des WTC veröffentlicht werden.

Konferenzprogramm, Registrierung, Unterkünfte

Das Kongresshotel Scandic Ørnen ebenso wie die weiteren zwölf Hotels mit reservierten Zimmerkontingenten für die WTC-Teilnehmer sind zum größten Teil fußläufig vom Veranstaltungsort erreichbar. Die Registrierung kann online über die WTC-Website abgewickelt werden; dort gibt es ebenfalls weitergehende Informationen über den Veranstaltungsplan, Preise, Anreisemöglichkeiten und das umfassende Rahmenprogramm. 

- Strategic use of underground space for resilient city growth
- Utilization of underground for hydropower projects (unlined tunnels and shafts, underwater piercing, air cushion chambers)
- Mechanized excavation (hard rock, soft rock and soil)
- Innovations in drill and blast excavation
- Large caverns (planning, design and construction)
- Underwater tunnels (strait crossings for road and railway, utility tunnels)
- Tunnelling for mining purposes
- Underground waste storage and disposal
- Innovations in rock support and water proofing technology
- Operation, surveillance and maintenance
- Safety management of complex underground excavations
- Stability assessment, risk analysis and risk management
- Seismic design of tunnels and underground excavations
- Tunnel refurbishment
- Case histories – lessons learnt

Papers on these topics were accepted until 14 March, and a list of accepted papers will be published on the WTC 2017 website on 17 April.

Programme, Registration, Accommodation

The congress hotel Scandic Ørnen as well as most of the twelve additional hotels with pre-booked rooms for WTC-participants are within walking distance of the congress center.

Registration and further information on the congress schedule, cost, travel and the supporting programme can be found online on the congress website. 

www.wtc2017.com

Deutschland

Bergmännische Bauweise für Kreuzungsbauwerk der Fernbahn- und S-Bahn-Zuführung Bad Cannstatt

Die DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH hat Mitte Februar 2017 am Stuttgarter Rosensteinpark im Bereich der Ehmannastraße mit den bergmännischen Arbeiten für das Kreuzungsbauwerk der Fernbahn-Zuführung und der S-Bahn-Zuführung Bad Cannstatt begonnen. Voraussetzung dafür war die mittlerweile vorliegende Genehmigung des Eisenbahn-Bundesamts zur 22. Planänderung im Planfeststellungsabschnitt 1.5, Zuführung Feuerbach und Bad Cannstatt, die Ende März 2016 eingereicht worden war.

Artenschutz erfordert Umstellung der Bauweise

Die Bahn hatte an der Ehmannastraße von der planfestgestellten offenen Tunnelbauweise abrücken müssen, nachdem Artenschutzexperten zwei Brutbäume des streng geschützten Juchtenkäfers und vier weitere Bäume gefunden hatten, die möglicherweise Juchtenkäfer beherbergen. Jetzt werden die Tunnelröhren für das Kreuzungsbauwerk (das innerhalb des Flora-Fauna-Habitats „Glemswald und Stuttgarter Bucht“ liegt) bergmännisch vorgetrieben. Im Zuge der Planänderung hatten zwei Baumwurzelgutachten im Auftrag der Bahn ergeben, dass die bergmännische Bauweise die darüber stehenden Bäume nicht schädige und die Juchtenkäfer somit von der Baumaßnahme unbehelligt blieben. Infolge der Planänderung „können Beeinträchtigungen des FFH-Gebiets ausgeschlossen werden“, stellte nun das Eisenbahn-Bundesamt fest. Die Planänderung verursacht insgesamt Kosten in Höhe von rund 20 Millionen Euro.

Verkehrsentlastung durch Umstellung der Logistik

Zusätzlich zur Planänderung wurde in dem Bereich das Logistikkonzept umgestellt, sodass der innerstädtische Straßenverkehr um etwa 6500 Lkw-Fuhren entlastet werden kann. Der Erdausbruch für den Fernbahntunnel in Richtung Bad Cannstatt wird vom Zwischenangriff Rosenstein über die bereits betonierte Fahrbahn der Tunnelröhre zum Zwischenangriff Nord abgefahren und dort der Zentralen Baulogistik angedient. Die Tunnelsohle beim Zwischenangriff Rosenstein liegt etwa 18 m unter der Erdoberfläche.

Zunächst wird für das Verzweigungsbauwerk jedoch vom Zwischenangriff Abstellbahnhof aus in 28 m Tiefe der Tunnel für die S-Bahn vorgetrieben. Im ersten Arbeitsschritt werden derzeit Löcher für vorausseilende Rohrschirme gebohrt, um die Festigkeit des Gebirges zu erhöhen und so den Tunnelvortrieb zu sichern. Erst wenn der S-Bahn-Tunnel in diesem Bereich mit der Betoninnenschale ausgestattet ist, kann der darüber liegende Vortrieb für den Fernbahn-Tunnel erfolgen. 

Germany

Mined Construction for intersecting Structure for Main-Line and Light Rail Access in Bad Cannstatt

The DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH started work in mid-February 2017 at the Rosensteinpark in Stuttgart in the vicinity of the Ehmannastraße employing mining means to produce the intersecting structure for the Bad Cannstatt mainline access and light rail feed. The prerequisite was the permit received from the Federal Railways Office for the 22nd plan modification in plan approval section 1.5, Feuerbach and Bad Cannstatt Feed, which had been applied for at the end of March 2016.

Wildlife Conservation

required the Construction Method to be altered

The DB was obliged to switch from the cut-and-cover construction method originally included in the planning process at the Ehmannastraße, after wildlife conservation experts discovered two host trees used by the strictly protected hermit beetle and four other trees possibly containing the insects. Now the tunnel tubes for the intersecting structure, lying within the “Glemswald and Stuttgarter Bucht” flora and fauna habitat (FFH) are being driven by conventional tunnelling. Within the scope of the plan modification, two tree root evaluations on behalf of the DB indicated that the use of mining means would not harm the trees standing above so that the protected insects would be unaffected by the construction measure. Thanks to this modification “negative effects on the FFH area can be precluded”, declared the Federal Railways Office. The change in plan results in additional costs in excess of 20 million euros.

Traffic Relief by reorganising the Logistics

In addition to the change in plan, alterations were also made to the logistics concept to enable inner-urban road traffic to be relieved to the tune of around 6500 truck loads. The earth excavated for the main-line tunnel leading to Bad Cannstatt is carried from the Rosenstein intermediate point-of-attack over the already concreted roadway for the tunnel to the northern intermediate point-of-attack and then transported to the construction logistics centre. The tunnel invert at the Rosenstein intermediate point-of-attack is located roughly 18 m beneath the surface.

First of all, however, the tunnel for the light rail is to be excavated at a depth of 28 m from the intermediate point-of-attack at the holding sidings for the branch structure. Currently as an initial step, holes are being drilled for the advance pipe umbrellas in order to enhance the strength of the rock and secure the tunnel excavation. Only after the S-Bahn tunnel has been furnished with its concrete inner lining, will work commence on driving the main-line tunnel located above. 

Deutschland

Nicolaus Müller wird Geschäftsführer der MC-Bauchemie

Nach mehrjähriger Tätigkeit für die MC-Bauchemie in Brasilien ist Nicolaus Müller (31), Sohn von Dr.-Ing. Claus-M. Müller, Geschäftsführender Gesellschafter der MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG, im Februar 2017 zum Geschäftsführer der MC-Bauchemie berufen worden. Die Unternehmensgruppe gehört zu den führenden internationalen Herstellern bauchemischer Produkte und Techniken, ist in mehr als 40 Ländern tätig und steht seit über 50 Jahren für Lösungen zur Vergütung von Beton sowie zum Schutz und zur Instandhaltung von Bauwerken.

Nicolaus Müller wird die globale Verantwortung für die Zielmärkte „Concrete“ (Betonindustrie) und „Building Distribution“ (Handel) sowie die Unternehmensbereiche Marketing, Public Relations und Human Resources übernehmen. Zudem wird er einen Teil der Länder betreuen, in denen die MC-Gruppe aktiv ist. Müller startete nach einem Master-Studium Finance & Accounting im Jahre 2010 seine berufliche Karriere bei der MC-Building Chemicals in Irland. Bei der MC-Brasilien übernahm er 2015 die Vertriebsleitung des Unternehmensbereichs „Building Distribution“. Gemeinsam mit Regional Manager Jaques Pinto hat er die Expansion in weitere lateinamerikanische Länder vorangetrieben. 2015 trat MC mit der Akquisition der Firma Bautek in den chilenischen Markt ein. Die MC-Bauchemie-Geschäftsführung besteht nunmehr aus Dr.-Ing. Claus-M. Müller, Dr. Ekkehard zur Mühlen und Nicolaus Müller. 

Germany

Nicolaus Müller appointed Managing Director of MC-Bauchemie

After spending several years with MC-Bauchemie in Brazil, Nicolaus Müller (31), son of Dr.-Ing. Claus-M. Müller, Managing Partner of MC-Bauchemie Müller GmbH & Co.KG, has been appointed Managing Director of MC-Bauchemie in February 2017. The international manufacturer of building chemical products and technologies is headquartered in Bottrop, Germany, and operates in more than 40 countries. In the 50-plus years of its existence MC-Bauchemie has been developing advanced solutions for the treatment of concrete and the protection and maintenance of buildings and structures.

Nicolaus Müller will assume global management responsibility for the target markets “Concrete” and “Building Distribution” together with the corporate divisions Marketing, Public Relations and Human Resources. He will also oversee some of the international business of the MC Group. After completing his Master’s degree in Finance & Accounting in 2010, Müller began his professional career with MC-Building Chemicals in Ireland. In 2015, he became Sales Manager for the “Building Distribution” arm of MC Brazil. Together with Regional Manager Jaques Pinto, Nicolaus Müller drove expansion into further countries of Latin America. In 2015, MC entered the Chilean market with the acquisition of the company Bautek.

MC-Bauchemie’s executive management is now comprising Dr.-Ing. Claus-M. Müller, Dr. Ekkehard zur Mühlen and Nicolaus Müller. 



Quelle/Credit: MC-Bauchemie

Nicolaus Müller ist zum Geschäftsführer der MC-Bauchemie GmbH & Co. KG, Bottrop, berufen worden

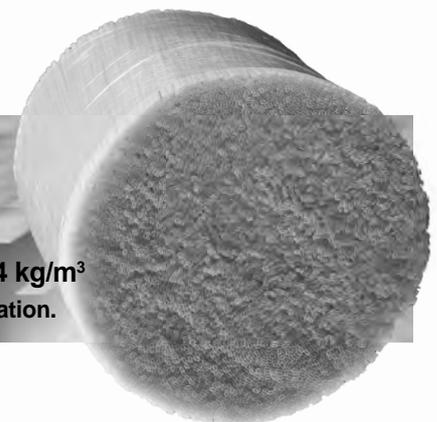
Nicolaus Müller has been appointed Managing Director of MC-Bauchemie GmbH & Co. KG, Bottrop, Germany

BRUGG CONTEC
Strong fibers.

Concrix

THE alternative to steel fibers: more than 1'000 Joule with less than 4 kg/m³
Reduces reinforcement costs. No corrosion. No creeping. With structural calculation.

www.bruggcontec.com



Thailand

Start für Neubau- und Erweiterungsprojekte im Metronetz von Bangkok

In Bangkok werden 2017 und 2018 die Arbeiten an mehreren Neubau- und Erweiterungsprojekten der Metro starten bzw. weitergeführt. Der Betrieb auf diesen Strecken soll zwischen 2017 und 2023 aufgenommen werden. Die zusätzlichen Netzabschnitte werden sowohl unter- als auch oberirdisch verlaufen.

Erste Bauphase der neuen Orange Line

Die Orange Metro Line ist ein zweistufiges Neubauprojekt zur Entlastung der überfüllten Nahverkehrssysteme in Bangkok.

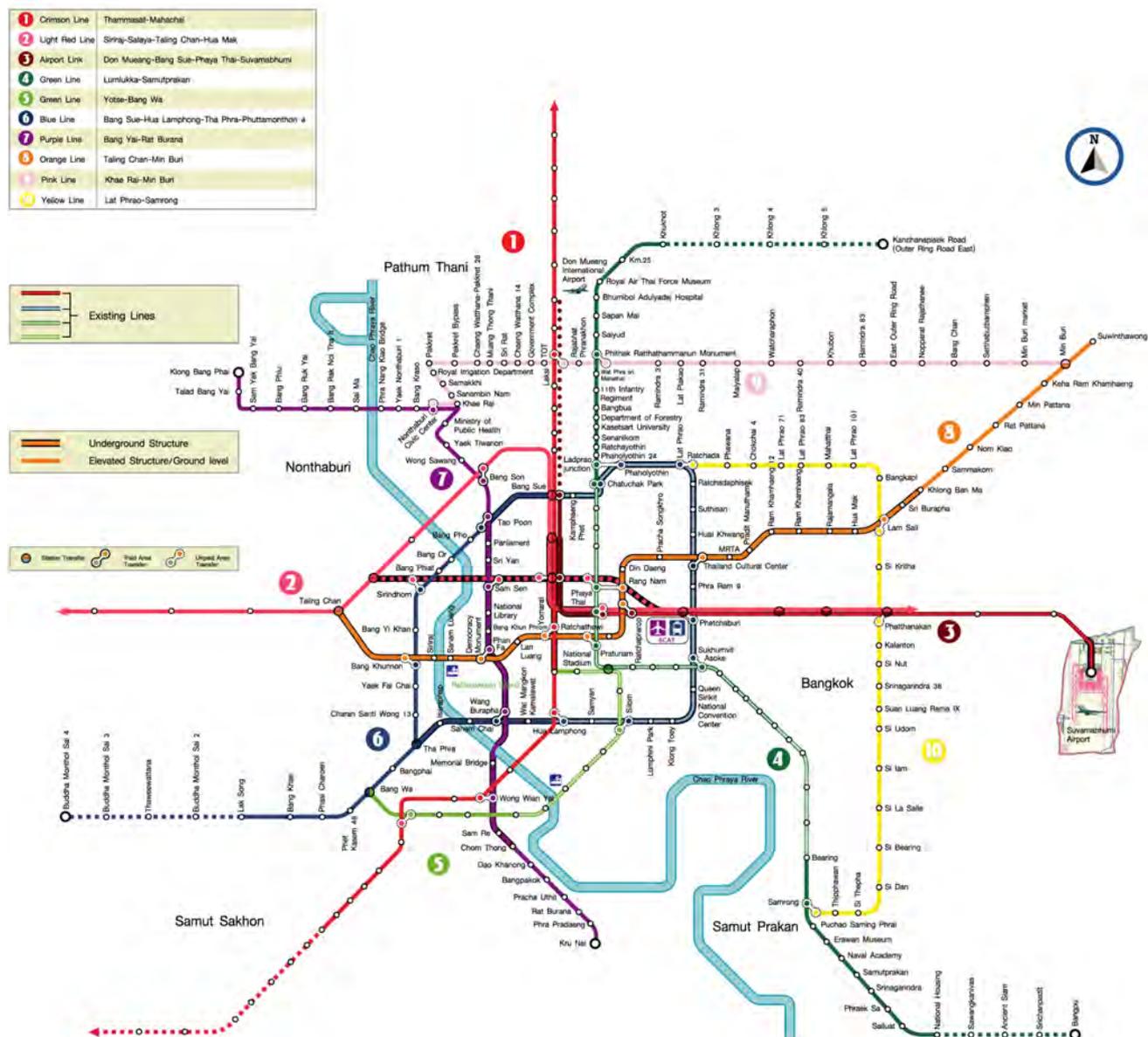
Thailand

Start for new Metro Line and Extension Projects in Bangkok

In 2017 and 2018 work on several new metro line and extension projects will either be started or are currently underway in Bangkok. Services of these new lines and extensions will commence between 2017 and 2023. The additional network will be constructed underground as well as on elevated tracks.

First Stage of new Orange Line

This first eastern part of a two-stage construction of the new Orange Line metro route is another important measure to relieve the



Übersichtspland des öffentlichen Personennahverkehrs in Bangkok, Thailand (bestehende und geplante Linien)

The public mass transport system in Bangkok, Thailand (existing and planned lines)

Der Bau der Strecke im ersten, östlichen Bauabschnitt, die das Thailand Cultural Center mit dem Distrikt Min Buri verbinden wird, könnte noch vor Plan starten. Für das staatliche Projekt wurden große Bauunternehmen beauftragt. Die Verträge zwischen der Nahverkehrsbehörde Mass Rapid Transit Authority von Thailand (MRTA) und dem Joint Venture CKST, der Italian-Thai Development Plc sowie Unique Engineering and Construction wurden am 9. Februar unterzeichnet; der Baubeginn ist für Juni 2017 vorgesehen.

Für die 23 km lange erste Bauphase werden etwa 14 km der Strecke unterirdisch mit eingleisigen Zwillings-tunneln und rund 9 km als Hochbahn angelegt. Das Budget beträgt fast 80 Milliarden Thailändische Baht (etwa 2,15 Milliarden Euro).

Das Joint Venture CKST, bestehend aus CH Karnchang und Sino-Thai Engineering and Construction, reichte das günstigste Angebot für das erste und zweite Baulos ein und wurde mit der Realisierung des U-Bahn-Abschnitts vom Thailand Cultural Center gen Osten bis Ram Khamhaeng Soi 12 und Hua Mak beauftragt. CKST erhielt auch den Zuschlag für das fünfte Los, in dessen Rahmen Instandhaltungsdepots und Parkhäuser errichtet werden. Los 3, das den Tunnelabschnitt zwischen Hua Mak und Khlong Ban Ma auf der Ram Khamhaeng Road umfasst, ging an Italian-Thai Development.

Unique Engineering und Construction ist für das vierte Los, den Hochbahnabschnitt zwischen Khlong Ban Ma und der Suwinthawong Straße in Min Buri, zuständig und wird darüber hinaus das Los 6 ausführen und die Planung und Verlegung der Gleise vom Thailand Cultural Center bis Suwinthawong übernehmen.

Eröffnung der Orange Line im Jahr 2023

Am Ende wird die neue Orange Line 40 km lang sein, von denen 31 km unterirdisch verlaufen und 23 Stationen anfahren und weitere 9 km mit sieben Stationen werden aufgeständert sein. Die Linie beginnt dann an der unterirdischen Station Taling Chan westlich des Stadtzentrums, unterquert den Fluss Chao Phraya in der Nähe der Somdet Phra Pin Klao Brücke und wird einen Anschluss an das Depot der MRTA erhalten, das sich am derzeitigen Bürogebäude der Behörde befindet. Weiter östlich wird an der Station Lam Sari die geplante Yellow Line gekreuzt. An der Station Khlong Ban Ma geht die Strecke in den Hochbahnabschnitt über und endet schließlich an der Station Suwinthawong.

Nach neuesten offiziellen Angaben belaufen sich die Gesamtkosten für das Projekt Orange Line auf 110,4 Milliarden Thailändische Baht (etwa 2,97 Milliarden Euro). Anfang 2023 soll der Betrieb starten.

Blue Line: Erweiterung und Anschluss an Purple Line

Die Blue Line war die erste Strecke des öffentlichen Personennahverkehrs in Bangkok. Sie wird seit 2004 betrieben und erstreckt sich über 21 km zwischen Bang Sue und Hua Lamphong mit 18 Haltestellen. Pro Stunde und Richtung kann sie 40 000 Passagiere befördern. Derzeit wird die Blue Line in westlicher Richtung von Hua Lamphong bis Tha Phra und südlich bis Bang Khae erweitert. Diese Bauarbeiten werden voraussichtlich 2017 abgeschlossen sein.

overcrowded commuter traffic system in Bangkok. Construction may start ahead of schedule to link the Thailand Cultural Center with Bangkok's Min Buri district. Large construction companies have been selected for the state project. The contracts between the Mass Rapid Transit Authority of Thailand (MRTA) and the joint venture of CKST, Italian-Thai Development Plc and Unique Engineering and Construction were signed on 9 February; start of construction is scheduled for June 2017.

The construction of the 23 km first stage of the project comprises about 14 km of underground alignment with single-track twin tunnels and 9 km of elevated track. It has a budget of nearly 80 billion Thai baht (equivalent to about 2.15 billion euros).

The CKST joint venture of CH. Karnchang and Sino-Thai Engineering and Construction submitted the lowest tenders for the first and second contracts and was selected for construction of the subway section progressing east from the Thailand Cultural Center to Ram Khamhaeng Soi 12 and Hua Mak. CKST also was awarded the fifth contract to build maintenance depots and parking buildings.

Italian-Thai Development was selected for the third contract, comprising the underground section connecting Hua Mak with Khlong Ban Ma on Ram Khamhaeng Road.

Unique Engineering and Construction will complete the fourth contract for a section of the elevated track, linking Khlong Ban Ma



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker im Tunnelbau

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

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



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

 **TechnoBochum**

Doch auch ein zukünftiger Ringschluss der Blue Line ist im Gespräch. Die im August 2016 eröffnete 23 km lange Hochbahnstrecke Purple Line ist die erste Linie, die hauptsächlich außerhalb von Bangkoks Innenstadt verläuft. Sie verbindet die Station Khlong Bang Phai in der Provinz Nonthaburi im Norden mit Tao Poon, wo ein Übergang zur unterirdischen Blue Line geplant ist. Anfang Dezember 2016 hat die MRTA einen umstrittenen Bauplan beim Transportministerium eingereicht, der vorsieht, die Station Bang Sue auf der Blue Linie mit der Station Tao Poon auf der Purple Line zu verbinden. Das hätte zur Folge, dass die Nutzer des Nahverkehrs an dem neuen Kreuzungspunkt problemlos zwischen den beiden Linien umsteigen könnten. Laut Plan steht den Pendlern diese neue Verbindung spätestens ab Juni 2017 zur Verfügung.

Überarbeitete Erweiterung der Green Line

Die geplante Verlängerung der Grünen Linie zwischen Sapan Mai und Khu Khot um vier Stationen wurde von der MRTA überarbeitet. Das Projekt erforderte den Abriss der Überführung Ratchayothin und sollte bis Februar 2017 abgeschlossen sein. Die Überführung wird nun durch eine Unterführung ersetzt, deren Bau zwei Jahre dauern soll. Die Inbetriebnahme soll Ende 2018 erfolgen. 

Dipl.-Ing. Roland Herr, Freier Journalist und Autor

to Suwinthawong Road in Min Buri. Unique Engineering will also complete the sixth contract to design and construct the tracks from Thailand Cultural Center to Suwinthawong.

Orange Line to be opened in 2023

Eventually the new Orange Line will total about 40 km with 31 km aligned underground, including 23 underground stations, and another 9 km with seven stations on elevated structures. The route will start underground at Taling Chan railway station, west of the city, pass under the Chao Phraya River near Somdet Phra Pin Klao Bridge and will connect to the depot of the Mass Rapid Transit Authority of Thailand (MRTA), which is located at the current MRTA Office Building. Further east it will pass beneath the Lam Sari intersection with the planned Yellow Line. The route transitions to the elevated section from the Khlong Ban Ma Station and terminates at the Suwinthawong Station.

According to the latest official plan, the overall cost of the Orange Line project is budgeted at 110.4 billion Thai baht (about 2.97 billion euros). Services on the new line are scheduled to start in early 2023.

Blue Line: Extension and Link with Purple Line

The first MRT line, the Blue Line, is operational since 2004 and runs 21 km from Bang Sue to Hua Lamphong with 18 stations. It has a capacity of 40 000 passengers per hour per direction. Extensions of the Blue Line are currently underway, in the west direction from Hua Lamphong to Tha Phra and to the south to Bang Khae. Final works on these extensions are expected to be finished in 2017. A future circular extension of the Blue Line is also being considered.

The 23 km long elevated Purple Line opened in August 2016 and is the first MRT line that operates mainly outside the urban Bangkok district. It links the Khlong Bang Phai Station in the Nonthaburi Province in the northern area to Tao Poon where an interchange is planned with the underground Blue Line. Early in December 2016, the MRTA submitted a controversial rail construction plan to the Ministry of Transport to link the MRT Blue Line Bang Sue Station with the Purple Line Tao Poon Station. According to the proposal, passengers on board the MRT network would easily interchange between the Blue and Purple Lines at the new interchange station. It is planned now that commuters will be able to use the link at the latest in June 2017.

Revised Green Line Extension

The MRTA has also revised the planned extension of the Green Line with four stations from Sapan Mai to Khu Khot. The project called for the removal of the Ratchayothin overpass and was initially planned to be completed by February 2017. The overpass will be replaced by an underpass which will be constructed within a two-year period and is expected to open in late 2018. 

Dipl.-Ing. Roland Herr, Freelance Journalist and Author

 **BGL** 2015
BAUGERÄTELISTE

NEU

NEUAUFLAGE 2015

Jetzt neu

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

BGL 2015 Online

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

Bestellen bei Profil-
Buchhandlung im Bauverlag

Bauverlag BV GmbH
Avenwedder Straße 55
33311 Gütersloh

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

JETZT BESTELLEN!

Schweiz

Dieter Schwank wird Vorsitzender der AlpTransit Gotthard AG

Der Verwaltungsrat der AlpTransit Gotthard AG (ATG) hat Mitte Februar 2017 Dieter Schwank zum neuen Vorsitzenden der Geschäftsleitung gewählt. Dieter Schwank leitet aktuell den Bereich Rechtsdienst und übernimmt am 1. Juli 2017 zusätzlich zu seiner Bereichsverantwortung die Aufgaben des Vorsitzenden der Geschäftsleitung als Nachfolger von Renzo Simoni. Er ist in dieser Funktion direkt dem Verwaltungsrat unterstellt.

Die ATG ist 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 140 Mitarbeitende. Der



Quelle/Credit: ATG

Dieter Schwank wird ab 1. Juli 2017 den Vorsitz der Geschäftsleitung bei der AlpTransit Gotthard AG übernehmen

Dieter Schwank will take over as CEO of the AlpTransit Gotthard AG on July 1, 2017

56-jährige Rechtsanwalt Schwank leitet den Rechtsdienst der ATG seit Mai 2009. Seine Wahl zum CEO soll für Kontinuität in der Führung sorgen: „Wir sind davon überzeugt, mit Dieter Schwank eine optimale Lösung im Hinblick auf die Fertigstellung der Flachbahn durch die Alpen gefunden zu haben“, sagte Verwaltungsratspräsident Werner Marti.

Renzo Simoni hatte seinen Rücktritt als CEO Ende 2016 bekannt gegeben. Er ist seit April 2007 Vorsitzender der Geschäftsleitung der AlpTransit Gotthard. Unter seiner Führung haben sich die Baukosten stabilisiert, und der Zeitplan bis zur Eröffnung des Gotthard-Basistunnels am 1. Juni 2016 konnte eingehalten werden. 

Switzerland

Dieter Schwank will be the new AlpTransit Gotthard AG Chairman

The Administrative Council of the AlpTransit Gotthard AG (ATG) elected Dieter Schwank as its new board chairman in mid-February 2017. Currently Dieter Schwank is in charge of the department for legal matters. On July 1, 2017, he will take over the duties of CEO in addition to his present responsibilities. He will thus succeed Renzo Simoni and will be directly responsible to the Administrative Council in this function.

The ATG is responsible for the building of the NRLA Gotthard axis with the Gotthard and Ceneri Base Tunnels. Set up in 1998, the SBB subsidiary employs a workforce of around 140 at its Lucerne headquarters and its branches at Altdorf, Sedrun and Bellinzona. Schwank, a 56-year old lawyer, has been in charge of the ATG's legal division since May 2009. His selection as CEO is intended to ensure continuity in leadership: "We're convinced that we've found an optimal solution with Dieter Schwank with regard to completing the flat trajectory railway through the Alps," the head of the Administrative Council, Werner Marti, was quoted as saying.

Renzo Simoni announced at the end of 2016 that he was stepping down as CEO. He has been chairman of the AlpTransit Gotthard board since April 2007. Under his guidance, construction costs stabilised and the timetable leading up to the opening of the Gotthard Base Tunnel on June 1, 2016, was adhered to. 



TUNNELLING THE GOTTHARD
The project of the century on 720 pages

Learn more about the book on www.tunnel-online.info/success-story



FGU Fachgruppe für Untertagbau
GTS Groupe spécialisée pour les travaux souterrains
GLS Gruppo specializzato per lavori in sotterraneo
STS Swiss Tunneling Society

Deutschland

Tunnelbau-Kolloquium in Münster: Planung, Ausführung, Instandsetzung

Bei Planung und Bau eines Tunnels müssen zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden. Besonders, wenn darüber Gleise oder eine Autobahn verlaufen, wie etwa bei der U-Bahnerweiterung unter dem Dortmunder Hauptbahnhof oder dem beabsichtigten Tunnel im Autobahnkreuz Herne. Über die Herausforderungen dieser beiden Projekte und andere spezifische Fragen informiert das Münsteraner Tunnelbau-Kolloquium 2017. Die Veranstaltung richtet sich an planende Ingenieure, Ausführende, Gutachter, Sachverständige, Behördenvertreter, Ausrüster, Hersteller und Studierende. „Wir möchten den Teilnehmern viele interessante Themengebiete aus den unterschiedlichsten Bereichen des Tunnelbaus vorstellen“, sagt

Prof. Dr. Dietmar Mähner vom Fachbereich Bauingenieurwesen, der das Kolloquium organisiert hat.

Ein Themenbereich beschäftigt sich mit der Instandsetzung von Tunneln. Neben der Vorstellung bisher gesammelter Kenntnisse wird dabei auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tunneln bei tangierenden Baumaßnahmen eingegangen. Building Information Modeling (BIM) rückt verstärkt in den Fokus; der Vortrag über Erfahrungen mit BIM-Prozessen bei der Planung des Alborlandtunnels greift diesen Aspekt auf. Auch das Verhalten von im Tunnelbau eingesetzten Baustoffen im Brandfall wird thematisiert. Im Bereich der Maschinenteknik wird über einen TBM-Vortrieb im Karst berichtet. Weiterhin greift ein Vortrag die Bettung von Tübbingern mit Hilfe des Ringspaltmörtels auf. Bisherige Erfahrungen beim Fräsen in veränderlich festen Gesteinen runden den Bereich der maschinellen Vortriebe ab.

Der Themenbereich Abdichtung zeigt neue Forschungsergebnisse und Änderungen im Regelwerk. Zudem wird über die Auswirkungen des Herstellungsprozesses der Tunnelinnenschale auf KDB-Dichtungssysteme berichtet.

Das Tunnelbau-Kolloquium findet am **11. Mai 2017** am Institut für unterirdisches Bauen der FH Münster statt. Anmeldungen sind bis 30. April unter www.fh-muenster.de/tunnel möglich. 

Germany

Tunnelling Colloquium in Münster: Planning, Execution, Refurbishment



Das Münsteraner Tunnelbau-Kolloquium beleuchtet unter anderem spezifische Fragestellungen, die sich bei der Instandsetzung von Tunneln ergeben

The Tunnelling Colloquium in Münster includes specific issues in connection with tunnel refurbishment

Numerous factors must be considered when planning and building a tunnel. This applies particularly when tracks or a motorway run above it. As for instance in the case of the metro extension beneath Dortmund Central Station or the projected tunnel at the Herne motorway interchange. The 2017 Münster Tunnelling Colloquium deals with the challenges posed by both these projects and other specific issues. The event is aimed at planning engineers, contractors, consultants, technical experts, representatives of authorities, suppliers, manufacturers and students. “We want to present many interesting groups of topics from the most varied segments of tunnelling to participants”, says Prof. Dr. Dietmar Mähner from the Department for Civil Engineering,

who is organising the Tunnelling Colloquium.

One group of topics deals with tunnel refurbishment. In addition to presenting collated findings, the stability and serviceability of tunnels given flanking construction measures will also be examined. Building Information Modeling (BIM) is becoming ever more important; the lecture examining BIM processes when planning the Alborland Tunnel tackles this topic. The behaviour of construction materials used in tunnelling in the event of fire is also dealt with during the colloquium. On the mechanical engineering sector, there is a report on a TBM drive in karst. Furthermore, another paper is devoted to embedding segments with the help of annular gap mortar. The mechanised tunnelling sector is rounded off with findings obtained so far when cutting variably solid rocks.

The segment dealing with waterproofing provides new research results and changes in the code of practice. In addition, the effects of the construction process of the tunnel inner shell on plastic sealing membrane systems are examined.

The Tunnelling Colloquium will take place on Thursday, **May 11** at the Institute for Underground Construction of Münster University of Applied Sciences. 

ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY AND WORLD TUNNEL CONGRESS BERGEN

Norway, 9. – 15. June 2017



REGISTER AT:
www.wtc2017.com
SEE YOU IN BERGEN!

SURFACE CHALLENGES – Underground solutions

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

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

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



Underground train station



Global Seed Vault



Gas Storage caverns



Sublevel caving

Italien

Europas größte TBM im Bohreinsatz für den Santa Lucia Straßentunnel

Italy

Europe's largest TBM is excavating the Santa Lucia Tunnel



Quelle/credit: Herrenknecht

Mit imposanten 15,87 m Durchmesser ist die Tunnelbohrmaschine für den Santa Lucia Tunnel in Italien nicht nur die größte, die bisher auf dem Herrenknecht-Werksgelände in Schwanau montiert wurde, sondern auch die Maschine mit dem europaweit größten Durchmesser

The diameter of the tunnel boring machine for the Santa Lucia Tunnel is an impressive 15.87 meters. Not only does this make the TBM the largest ever assembled at Herrenknecht's plant in Schwanau. A machine with a greater diameter has never been used before in Europe either

Mit 15,87 m Durchmesser ist die bei Herrenknecht in Schwanau montierte Tunnelbohrmaschine für den italienischen Santa Lucia Straßentunnel eine imposante Erscheinung. Sie überragt den bisherigen europäischen Rekordhalter um mehr als 20 cm und ist die größte bisher im Schwanauer Werk gefertigte Maschine. Der 4800-Tonnen schwere Bohr-Riese wird im Apennin bei Florenz in den nächsten drei Jahren einen 7528 m langen Tunnel bauen. Er löst den bestehenden Größenrekordhalter ab, der ebenfalls in Italien zum Einsatz kam – ein Erddruckschild für die Galleria Sparvo mit einem Durchmesser von 15,62 m.

Zur Fertigstellung des Rekordbrechers fand Ende August 2016 eine umfassende technische Abnahme statt. Die TBM-Auftraggeber, das Bauunternehmen Pavimental S.p.A., Vertreter des Bauherren Autostrade per l'Italia S.p.A. sowie Ingenieure und Vorstand der Herrenknecht AG inspizierten die Maschine gründlich.

Assembled in Schwanau, with a diameter of 15.87 m the tunnel boring machine for the Santa Lucia road tunnel is an impressive sight. In the next three years the 4800 tonne drilling giant will build a 7528 meter tunnel in the Apennines near Florence. It takes over from the existing record holder for size, which was also used in Italy – an EPB shield for the Galleria Sparvo with a diameter of 15.62 m.

On completion of the record breaker a comprehensive technical acceptance took place at the end of August 2016. The TBM customer, construction company Pavimental S.p.A., representatives of client Autostrade per l'Italia S.p.A. as well engineers and the Board of Herrenknecht AG inspected the machine thoroughly. The highlight was the turning of the massive cutting wheel of 410 tonnes, which will burrow through the heterogeneous subsoil.

After being disassembled again the TBM was ready for delivery to its destination in Italy in November – initially by river and sea transport

Höhepunkt war das Drehen des massiven 410-Tonnen-Schneidrades, das sich durch den heterogenen Baugrund wühlen wird. Nach der Demontage konnte die TBM im November auf den Weg zu ihrem Bestimmungsort nach Italien geschickt werden – zuerst per Fluss- und Seetransport nach Ravenna und von dort aus weitere 165 km über die Straße zum Zielpunkt nach Barberino di Mugello. Bis Anfang März 2017 war die erneute Montage der TBM vor Ort bereits weit fortgeschritten.

Zusammen mit der Santa-Lucia-TBM werden in Italien demnächst 13 Herrenknecht-Tunnelbohrer im Einsatz sein – davon insbesondere die größeren Formate. Acht davon haben einen Durchmesser von über 8 m. Großprojekte wie der Neubau der Autostrada A1 schaffen moderne, neue Infrastrukturen. In Gebirgszügen wie dem Apennin gehören Tunnel zur Umsetzung sicherer und effizienter Verkehrsadern mit dazu. Auf der A1-Neubaustrecke allein sind insgesamt 44 neue Straßentunnel im Bauplan vorgesehen – darunter der Santa Lucia Tunnel. Die Fahrtzeit von Bologna nach Florenz soll sich dank dem Neubau zukünftig um 30 % verkürzen. Im Jahr 2019 soll die Strecke in Betrieb genommen werden. 

to Ravenna and from there by road transport over a distance of 165 km to Barberino di Mugello. By early March 2017 the assembly on site had already been well-advanced.

Together with the now completed TBM, in the near future 13 Herrenknecht tunnel borers will be operating in Italy – in particular the larger formats. Eight of them have a diameter of more than 8 m. Major projects such as the construction of the Autostrada A1 create modern, new infrastructures. In mountain ranges such as the Apennines, tunnels are part and parcel of the realization of safer and more efficient traffic arteries. On the A1 new-build route alone a total of 44 new road tunnels are planned – including the Santa Lucia Tunnel. In future the journey time from Bologna to Florence will be reduced by 30 % thanks to the new build. The route will be opened to traffic in 2019. 

Putting everything together perfectly.



Visit our new
SDS website:
www.vmt-gmbh.de

Guided by VMT. In the right place at the right time: segments made to measure. With **SDS** from VMT, the leading system solution for quality and logistics in segment manufacture, you'll save time, staff and storage space. **SDS** enables you to compile comprehensive documentation and to plan ahead effectively for segment production, transport and installation on site.

www.vmt-gmbh.de

VMT

Österreich

Kärnten: Tunnelsicherheit ist Schwerpunkt aktueller Investitionen

Verkehrssicherheit, Verkehrsentlastung und Erhaltung der bestehenden Infrastruktur – das sind die Ziele der österreichischen ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft), die für diese Schwerpunkte 75 Millionen Euro allein im Jahr 2017 in das Kärntner Autobahnen- und Schnellstraßennetz investiert. Bis zum Jahr 2022 sind für Kärnten 630 Millionen Euro im ASFINAG-Investitionsprogramm vorgesehen.

Tunnelsicherheit auf der A 2 ist der Schwerpunkt 2017

Das größte Gesamtprojekt, das 2017 angegangen wird, ist der Sicherheitsausbau der Tunnel auf der A 2 Süd Autobahn zwischen Klagenfurt und der Grenze zur Steiermark. Insgesamt neun Tunnel werden ab dem Herbst auf den neuesten Stand der Technik gebracht.

Das betrifft unter anderem Beleuchtung, Videoanlage, Funk, Notruf- und Feuerlöschnischen, Brandmeldeanlagen und Lüftungsanlagen. Zusätzlich finden bauliche Sanierungen und Erneuerungen statt (zum Beispiel bei Tunnelschale, Tunneldecke, Beschichtung, Türen und Toren, Betriebsgebäuden). Ein wesentlicher Punkt der Maßnahmen in den längeren Tunneln ist der Ausbruch weiterer Querschläge als zusätzliche Fluchtwege. Das Gesamtinvestitionsvolumen für die Tunnelsicherheit auf der A 2 beträgt mehr als 80 Millionen Euro.

A 2 Süd Autobahn

Sanierung und Sicherheitsausbau Gräberntunnel

Die Vorbereitungen beginnen bereits im Mai 2017: ab November starten die in zwei Phasen geteilten Hauptbaumaßnahmen beim 2,1 km langen Gräberntunnel (Eröffnung 1. Röhre 1986, 2. Röhre 2003). Bis Juni 2018 wird die erste Röhre auf den neuesten Sicherheitsstandard gebracht. Nach einer Sommerpause startet Phase 2 im September mit der Tunnelröhre der anderen Richtungsfahrbahn. Der Gräberntunnel erhält vier zusätzliche Fluchtwege.

Baustart: November 2017
Fertigstellung: April 2019
Investition: 25 Millionen Euro

Sanierung und Sicherheitsausbau Donnersbergtunnel

Der fast 900 m lange Donnersbergtunnel erhält ebenfalls zwei neue Fluchtwege, vier zusätzliche Notrufnischen und sechs Feuerlöschnischen, eine LED-Beleuchtung sowie eine komplette Erneuerung der Sicherheitstechnik (von Video bis Brandmeldeanlage).

Baustart: September 2017
Fertigstellung: März 2019
Investition: 15 Millionen Euro

Austria

Kärnten: Tunnel Safety given Priority for current Investments

Traffic safety, relieving congestion and maintaining the existing infrastructure represent the aims of the Austrian state-owned motorway operator ASFINAG. This year the company is investing no less than 75 million euros for these purposes in the Kärnten motorway and trunk road network. By 2022, 630 million euros are earmarked in the ASFINAG investment programme for Kärnten.

Tunnel Safety on the A 2 enjoys Priority in 2017

The biggest overall project being tackled in 2017, is upgrading the safety of the tunnels on the A 2 South motorway between Klagenfurt and the border with Styria. Altogether nine tunnels will be modified to conform to the state of the art, starting in autumn.

This includes lighting, video equipment, radio, emergency call and fire extinguisher niches, fire alert systems and ventilation equipment. Furthermore, structural redevelopments and renovations are taking place (for instance in the case of the tunnel lining, tunnel ceiling, coating, doors and gates, service buildings). A major aspect of the measures carried out in the longer tunnels relates to the excavation of further cross-passages as additional escapeways. More than 80 million euros will be spent on tunnel safety for the A 2.

A2 South Motorway

Redeveloping and Upgrading Safety in the Gräberntunnel

Preparations are due to begin in May 2017; as from November, the main construction measures in the 2.1 km long Gräberntunnel (1st tube opened in 1986, 2nd tube 2003), divided into two phases, will commence. The first tube will be converted to accord with the latest safety standards by June 2018. After a summer break, phase 2 will begin in September with the bore for the other carriageway. The Gräberntunnel will be provided with four extra escapeways.

Start of construction: November 2017
Completion: April 2019
Investment: 25 million euros

Redeveloping and Upgrading Safety in the Donnersberg Tunnel

The almost 900 m long Donnersberg Tunnel is also to be provided with two escapeways, four additional SOS niches and six fire extinguishing recesses, a LED lighting system as well as having its safety technology completely renewed (from video to fire alert system).

Start of construction: September 2017
Completion: March 2019
Investment: 15 million euros

Sanierung und Sicherheitsausbau

Kollmann- und Haberbergtunnel

Beide Tunnel (650 m und 400 m Länge) wurden 1990 für den Verkehr freigegeben. Zusätzlich zur Erneuerung der Sicherheitstechnik werden nun neue Notruf- und Feuerlöschnischen errichtet. Der Kollmantunnel wird darüber hinaus mit dem akustischen Tunnelmonitoring AKUT ausgestattet.

Baustart: September 2017

Fertigstellung: Juni 2018

Investition: 12 Millionen Euro

Sanierung und Sicherheitsausbau Tunnel Kreuzergegend und Bettlerkreuz

Mittlerweile 18 Jahre alt sind die beiden Tunnel Kreuzergegend (600 m Länge) und Bettlerkreuz (350 m Länge). Bei beiden werden daher sowohl bauliche als auch sicherheitstechnisch umfangreiche Erneuerungen inklusive der Fahrbahndecke vorgenommen. Auch in diesen Tunneln errichtet die ASFINAG in Summe vier neue Notrufnischen und einen neuen Fluchtweg (Kreuzergegend).

Baustart: September 2017

Fertigstellung: März 2019

Investition: 15 Millionen Euro

Sicherheitsausbau Tunnelkette

Nordumfahrung Klagenfurt, Phase 2

Die Phase 2 des Sicherheitsausbaus der Nordumfahrung Klagenfurt ist deutlich kürzer als die umfangreichen Sanierungen bei den anderen Tunneln. Die drei Tunnel Ehrentalerberg, Falkenberg und Lendorf sind mit Ausnahme der Fluchtwege bereits auf dem sicherheitstechnisch höchsten Stand. Diese Fluchtwege müssen jetzt aber noch errichtet werden – sechs im Ehrentalerbergtunnel und zwei im Falkenbergtunnel. Die Hauptbaumaßnahmen starten im September. Die Unterflurtrasse Lendorf wird hingegen mit vier Fluchtstiegenhäusern noch sicherer gemacht. Diese Arbeiten finden bereits von Mai bis September 2017 statt.

Baustart: Mai 2017

Fertigstellung: Juni 2018

Investition: 15 Millionen Euro

A 10 Tauern Autobahn

Sanierung und Sicherheitsaufrüstung Oswaldibergtunnel

Die Arbeiten an der Tunnelröhre Richtungsfahrbahn Salzburg wurde bereits im Juni 2016 abgeschlossen; bis Mai 2017 soll auch die zweite Röhre Richtung Villach fertiggestellt sein. Der 4,3 km lange Tunnel entspricht dann ebenfalls dem Straßentunnelsicherheitsgesetz (STSG) und ist auf den technischen Letztstand gebracht. Das beinhaltet den Tausch der gesamten Betriebs- und Sicherheitseinrichtung (Brandschutz, Lüftung, Beleuchtung, Videoanlage, Notruf und Energieverteiler). Der Tunnel ist zudem mit dem Akustiksystem AKUT ausgestattet und verfügt jetzt über acht zusätzliche Querschläge, also insgesamt 15 begehbare Fluchtwege.



Quelle/credit: ASFINAG

Ende Februar präsentierte ASFINAG-Vorstand Alois Schedl (links) gemeinsam mit dem Kärntner Landeshauptmann Dr. Peter Kaiser in Klagenfurt die Investitionen 2017 für Verkehrssicherheit, Verkehrsentslastung und Erhaltung der bestehenden Infrastruktur

In late February ASFINAG board member Alois Schedl (left) together with the governor of Kärnten Dr. Peter Kaiser presented the 2017 investments for traffic safety, relieving congestion and maintaining the existing infrastructure

Redeveloping and Upgrading Safety in the Kollmann and Haberberg Tunnels

Both tunnels (650 and 400 m in length) were opened for traffic in 1990. Now new emergency call and fire extinguishing niches are to be installed in addition to the safety technology. Furthermore, the Kollmann Tunnel is to be equipped with the acoustic tunnel monitoring system AKUT.

Start of construction: September 2017

Completion: June 2018

Investment: 12 million euros

Redeveloping and Upgrading Safety in the Kreuzergegend and Bettlerkreuz Tunnels

The two tunnels Kreuzergegend (600 m long) and Bettlerkreuz (350 m long) have now served for 18 years. As a result, extensive renovations of both a structural and safety technical nature are to be undertaken. This includes the carriageway surface. The ASFINAG will provide these tunnels with a total of four new SOS niches and a new escapeway (Kreuzergegend).

Start of construction: September 2017

Completion: March 2019

Investment: 15 million euros

Safety Upgrade for the Klagenfurt North Bypass Chain of Tunnels, Phase 2

Phase 2 of the safety upgrade for the Klagenfurt North Bypass is substantially shorter than the extensive redevelopment schemes for the other tunnels. The three tunnels Ehrentalerberg, Falkenberg and Lendorf are already state of the art in terms of safety technology

Baustart: September 2015
Verkehrsfreigabe: Mai 2017
Investition: 48 Millionen Euro

A 11 Karawanken Autobahn

Karawankentunnel: Brückenneubau, Neubau 2. Röhre und Sanierung Bestand

In den Startlöchern steht auch das größte Kärntner Projekt für die kommenden Jahre, der Vollausbau des Karawankentunnels mit einer zweiten Röhre und der anschließenden Sanierung der Bestandsröhre. Die Arbeiten an der neuen Brücke im Bereich des künftigen Tunnelportals sind im Zeitplan: die Brücke und der gesamte Portalbereich werden im Oktober 2017 fertig sein. Der Tunnelanschlag für den von der EU kofinanzierten Neubau der zweiten Tunnelröhre soll zeitgleich mit den slowenischen Bauarbeiten bereits Anfang 2018 erfolgen.

Der 7,9 km lange Karawankentunnel (errichtet zwischen 1987 und 1991) verbindet Österreich und Slowenien (paneuropäischer Korridor X) und wird jeweils knapp zur Hälfte von beiden Ländern betrieben (der österreichische Anteil liegt bei 56 Prozent). Neben der überregionalen Bedeutung als Verbindung von großen Wirtschaftsräumen ist die Karawankenstrecke vor allem in den Sommermonaten eine wichtige Reiseroute. Das zeigt sich auch an den Verkehrszahlen an den reise starken Wochenenden, die mit bis zu 30 000 Fahrzeugen täglich teilweise das Dreifache des durchschnittlichen Verkehrs betragen.

Seit 2006 investieren ASFINAG und der slowenische Autobahnbetreiber DARS laufend in die sicherheitstechnische Ausstattung (Erneuerung Notrufanlage, Videodetektion, Lüftung). Die ASFINAG errichtet bereits seit Herbst 2015 den fehlenden Streckenteil vor dem neuen Tunnelportal – eine 350 m lange Brücke sowie 250 m Fahrbahn.

Der Anteil Sloweniens am Neubau beträgt nach Angaben der DARS etwa 150 Millionen Euro. Die Sanierung des Bestands ist für Slowenien jedoch aufwändiger als für die ASFINAG. Auf österreichischer Seite wurden in den vergangenen Jahren bereits viele Investitionen getätigt, die im Zuge der Sanierung bestehen bleiben können. Die Gesamtverkehrsfreigabe beider Tunnelröhren erfolgt voraussichtlich Ende 2023.

Baustart Brücke: Herbst 2015
Fertigstellung Brücke: Oktober 2017
Baustart 2. Röhre: Anfang 2018
Fertigstellung 2. Röhre: Anfang 2022
Gesamtverkehrsfreigabe Vollausbau:
voraussichtlich Ende 2023
Investitionsanteil der ASFINAG gesamt:
etwa 190 Millionen Euro



with the exception of their escapeways. These escape routes have, however, still to be produced – six in the Ehrentalerberg Tunnel and two in the Falkenberg Tunnel. The main construction measures are to commence in September. The Lendorf tunnel for its part will be made even safer with the addition of four escape facilities. This work is to be carried out between May and September 2017.

Start of construction: May 2017
Completion: June 2018
Investment: 15 million euros

A 10 Tauern Motorway

Redevelopment and Safety Upgrade for the Oswaldiberg Tunnel

The work on the tunnel tube leading towards Salzburg was completed back in June 2016; the second bore leading to Villach is to be completed by May 2017. The 4.3 km long tunnel will then also comply with the Road Tunnel Safety Bill (STSG) and the latest state of the art. This includes replacing the entire operating and safety system (fire protection, ventilation, lighting, video equipment, emergency call system and power distributor). In addition, the tunnel is fitted with the AKUT acoustic system and now possesses eight additional cross-passages, providing a total of 15 accessible escapeways.

Start of construction: September 2015
Open for traffic: May 2017
Investment: 48 million euros

A 11 Karawanken Motorway

Karawanken Tunnel: Building a new Bridge, New Construction 2nd Tube and Redeveloping existing Structure

The countdown for the biggest Kärnten project for years to come has also begun: the complete reconstruction of the Karawanken Tunnel including a second bore and the subsequent redevelopment of the existing tube. Work on the new bridge in the vicinity of the future tunnel portal is on schedule, the bridge and the entire portal zone will be completed in October 2017. The start on the new tunnel tube, which is being co-financed by the EU, will be tackled at the beginning of 2018 to coincide with construction activities at the Slovenian side.

The 7.9 km long Karawanken Tunnel (produced between 1987 and 1991) links Austria and Slovenia (pan-European corridor X) with each country responsible for roughly the half (Austria's share amounts to 56 %). Apart from its supraregional significance for linking major economic regions, the Karawanken route represents an important artery for tourists above all in the summer months. This is reflected primarily by the traffic frequencies at busy weekends, when in some cases three times the average amount of traffic is registered with up to 30 000 vehicles per day. Since 2006, ASFINAG and its Slovenian equivalent DARS have continuously invested in upgrading safety technology (renewing the emergency call systems, video detection, and ventilation). Since autumn 2015, the ASFINAG has built the missing part-section in front of the new tunnel portal – a 350 m long bridge as well as 250 m of carriageway. According to DARS

Das System AKUT – die „Tunnelohren“

2012 hat die ASFINAG das intelligente Akustiksystem AKUT präsentiert. Dabei nehmen Spezialmikrofone die Tunnelgeräusche auf. Bei untypischen Geräuschen (z. B. quietschende Reifen, zuschlagende Autotüren, menschliche Stimmen) wird in der nächsten Überwachungszentrale Alarm geschlagen – und das schneller als durch Video oder andere Sicherheitsausrüstungen. Nach dem erfolgreichen Pilot-Einsatz rüstet die ASFINAG insgesamt 40 Tunnel mit den High-Tech-„Tunnelohren“ aus, die Hälfte davon ist bereits umgesetzt. Den Anfang in Kärnten machte die Nordumfahrung Klagenfurt, gefolgt vom Oswaldibergtunnel und dem Kreislerwandtunnel – und neu wird AKUT jetzt auch im Kollmantunnel installiert.

The AKUT System – the “Tunnel Ears”

In 2012, the ASFINAG presented the intelligent acoustic system AKUT. In this case, special microphones record the sounds produced in the tunnel. In the event of non-typical sounds (e.g. screeching tyres, the slamming of car doors, human voices) alarm is sounded in the closest monitoring centre – more swiftly than via video or other safety installations. After a successful trial, the ASFINAG decided that no less than 40 tunnels would be equipped with the high-tech “tunnel ears”, half of which have already been tackled. In Kärnten, the Klagenfurt North Bypass was the first to be provided with the system, followed by the Oswaldiberg Tunnel and the Kreislerwand Tunnel – and of late the Kollmann Tunnel is also being fitted with AKUT.

statistics, Slovenia has contributed around 150 million euros for the upgrade. However, Slovenia is forced to spend more for improving existing facilities. For its part, Austria has committed itself to major investments in recent years, which could be incorporated in the redevelopment scheme. It seems likely that both tunnel bores will be fully open for traffic at the end of 2023.

Start of bridge construction: autumn 2015

Completion of bridge: October 2017

Start of construction for 2nd tube: early 2018

Completion of 2nd tube: early 2022

Fully commissioned for traffic: foreseeably late 2023

ASFINAG investment share: approx. 190 million euros



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

GROUTING SYSTEMS

HÄNY

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



Unterfahrung von Bahngleisen am Tunnel Metzberg

Die Durchführung eines Tunnelvortriebes unter einer bestehenden Bahnstrecke lässt eine nur sehr geringe Setzung der Gleise zu. Der Vortrieb muss entsprechend dieser Randbedingungen konzipiert werden. Zusätzlich muss zur Kontrolle eine kontinuierliche Überprüfung der Gleissetzung sichergestellt werden. Mit der Installation eines entsprechenden Monitoringsystems können die Vortriebsarbeiten permanent durch alle Beteiligten überwacht und der jeweiligen Situation angepasst werden.

Undertunnelling Tracks for the Metzberg Tunnel

Executing a tunnel drive beneath an existing railway line allows the tracks very little room for settling. The excavation must be devised in keeping with these marginal conditions. Furthermore, continuous checking of the track settlement must be assured for control purposes. By installing a corresponding monitoring system, it is possible for the driving operations to be monitored permanently by all those involved and adapted to the given situation.

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Mähner, Münster, Deutschland/Germany

Dipl.-Ing. Bert Bohlmann, Dr.-Ing. Alexander Nolte, Frankfurt, DB Netz AG, Deutschland/Germany

1 Allgemeines zum Projekt

Die Ausbaustrecke Hanau–Nantenbach ist Teil der rund 112 km langen Main-Spessart Bahn zwischen Hanau und Würzburg. Diese Trasse gehört mit über 200 Zügen täglich zu den am stärksten frequentierten Trassen im Netz der Deutschen Bahn. Mit dem Streckenausbau soll in den kommenden Jahren eine leistungsfähige und schnelle Verbindung zwischen dem Rhein-Main-Gebiet und Würzburg sowie der Region Franken geschaffen werden. Kernstück der Maßnahme ist die Umfahrungsspanne Schwarzkopftunnel zwischen Laufach und Heigenbrücken. In diesem Bereich unterfährt ein mehr als 160 Jahre altes Tunnelbauwerk den Schwarzkopf. Dieser Tunnel wurde in den vergangenen Jahren mehrfach saniert; dennoch lässt sich der Betrieb nur mit einem hohen Instandhaltungsaufwand aufrecht erhalten. Zur Umfahrung dieses Tunnels entstehen auf einer zweigleisigen Ausbaustrecke insgesamt vier Tunnelbauwerke, die, verbunden mit einer flacheren Trassierung, höhere Zuggeschwindigkeiten ermöglichen [1]. Es ist vorgesehen, die Umfahrungsstrecke im Jahr 2017 in Betrieb zu nehmen.

Im Bereich des Tunnels Metzberg wurden zwei Bestandsgleise unterfahren. Der nachfolgende Bericht behandelt die getroffenen Maßnahmen und die Erfahrungswerte im Bereich dieser Gleisunterfahrung.

2 Beschreibung Tunnel Metzberg

Der Tunnel Metzberg besteht aus zwei eingleisigen Röhren, die nach den Prinzipien der Spritzbetonbauweise im Spreng- und

1 The Project in General

The upgraded Hanau–Nantenbach line is part of the roughly 112 km long Main-Spessart route between Hanau and Würzburg. As this section has to cope with more than 200 trains per day, it is numbered among the busiest routes on the Deutsche Bahn network. By developing the route, it is intended to establish an efficient and fast link between the Rhine-Main District and Würzburg as well as the Region of Franconia in the years ahead. The core of this scheme is represented by the Schwarzkopf Tunnel bypass link between Laufach and Heigenbrücken. In this section, a more than 160 year old tunnel structure passes beneath the Schwarzkopf Mountain. This tunnel was renovated on several occasions in the past; notwithstanding, services can only be maintained through a high degree of effort. To bypass this tunnel, a total of four tunnel structures have been produced on a twin-track development line, facilitating higher train speeds in conjunction with a flatter trajectory [1]. It is intended to start operating the bypass line in the course of 2017.

Two existing tracks were undertunnelled in the vicinity of the Metzberg Tunnel. The following report deals with the measures undertaken and experiences obtained from undertunnelling the tracks.

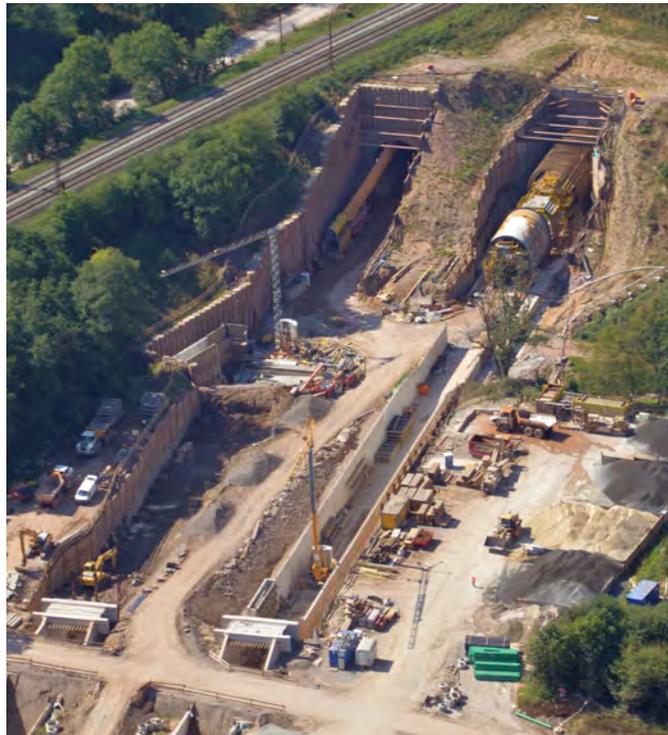
2 Description of the Metzberg Tunnel

The Metzberg Tunnel consists of two single-track tubes, which were driven by drill+blast and the application of excavators in accordance with the shotcrete method. The right tube is altogether 586 m long. 530 m of this total is accounted for by the conventional tunnelling section; 39 m (east) and 17 m (west) were produced by cut-and-cover.

Baggervortrieb aufgeföhren wurden. Die rechte Röhre weist eine Gesamtlänge von 586 m auf. Davon entfallen 530 m auf den bergmännischen Vortrieb sowie 39 m auf die offene Bauweise Ost und 17 m auf die offene Bauweise West. Die linke Röhre weist eine Gesamtlänge von 628,5 m auf. Davon entfallen 555 m auf den bergmännischen Vortrieb sowie 56 m auf die offene Bauweise Ost und 17,5 m auf die offene Bauweise West. Die Querschnittsfläche der Röhren liegt bei 49,3 m² über Schienenoberkante (Feste Fahrbahn). Die Entwurfsgeschwindigkeit v_e beträgt ≤ 160 km/h und die Längsneigung liegt bei $\leq 12,5$ ‰. Der Achsabstand der beiden Röhren beträgt rund 27 m und verringert sich im Bereich des Westportals bis auf rund 13 m. Die Innenschale wurde aus wasserundurchlässigem Beton mit Schalendicken von 40 bis 50 cm im Gewölbe ausgeführt. In Teilbereichen der linken Röhre liegt die Wasserdruckbelastung bei > 30 m über der Tunnelsohle; es ist daher für diese Abschnitte eine Kunststoffdichtungsbahn zusätzlich als Abdichtung erforderlich [2].

3 Vorgaben für die Bestandsgleise

Die Unterföhren der Bahn-
gleise wurde im Bereich des Ostportals in einem spitzen Winkel zu den Bestandsgleisen durchgeföhrt (**Bild 1 + 2**). Die Firstüberlagerung beträgt in diesem Bereich bis zu ca. 12 m. Da durch den Tunnelvortrieb und die dadurch resultierenden Setzungen an der Geländeoberkante eine Verschiebung der Bestandsgleise im Bereich des Möglichen lag, wurde im Vorfeld durch den Anlagenverantwortlichen ein Grenzwert nach Ril 836 [3] von 19 mm pro 10 m Schienenlänge als maximale Vertikalverformung für die Gleislage vorgegeben. Weiterhin galt ein Grenzwert für die Gleisverwindung von 4 ‰ bezogen auf eine Schienenlänge von 10 m. Auf Grundlage dieser Vorgaben wurden im Vorfeld ein umfangreiches Messkonzept sowie ein Maßnahmenkatalog erarbeitet und mit allen Beteiligten abgestimmt.



1 Ostportal Tunnel Metzberg, Luftaufnahme
East portal of the Metzberg Tunnel, aerial view



2 Ostportal Tunnel Metzberg
East portal of the Metzberg Tunnel

The left bore is 628.5 m long in total. 555 m are accounted for by the conventional tunnelling section and the 56 m (east) and 17.5 m (west) sections created by cut-and-cover. The cross-sectional area of the tubes amounts to 49.3 m² above the upper edge of the rails (slab track). The design speed v_e amounts to ≤ 160 km/h and the longitudinal inclination is ≤ 12.5 ‰. The centre distance of the two tubes equals roughly 27 m and diminishes to roughly 13 m in the vicinity of the west portal. The inner shell was executed using watertight concrete with shell thicknesses varying from 40 to 50 cm in the vault. In parts of the left tube the water pressure load amounts to > 30 m above the tunnel invert so that a plastic sealing membrane is essential for these sections as well [2].

3 Specifications for the existing Tracks

The railway tracks were under-tunnelled in the vicinity of the east portal at an acute angle to the existing tracks (**Figs. 1 + 2**). The roof overburden in this section extends up to ca. 12 m. As displacement of the existing tracks was feasible owing to the tunnel excavation and the resultant settlements on the ground surface, a limit value

in keeping with Ril 836 [3] of 19 mm per 10 m of rail length was determined by those in charge of the project as the maximum vertical deformation for the track bed. In addition, a limit value of 4 ‰ applied to the track distortion was set relating to a rail length of 10 m. Based on this procedure an extensive measuring concept including a list of measures was evolved in advance and coordinated with all those involved.

4 Geological Conditions and Tunnel Excavation

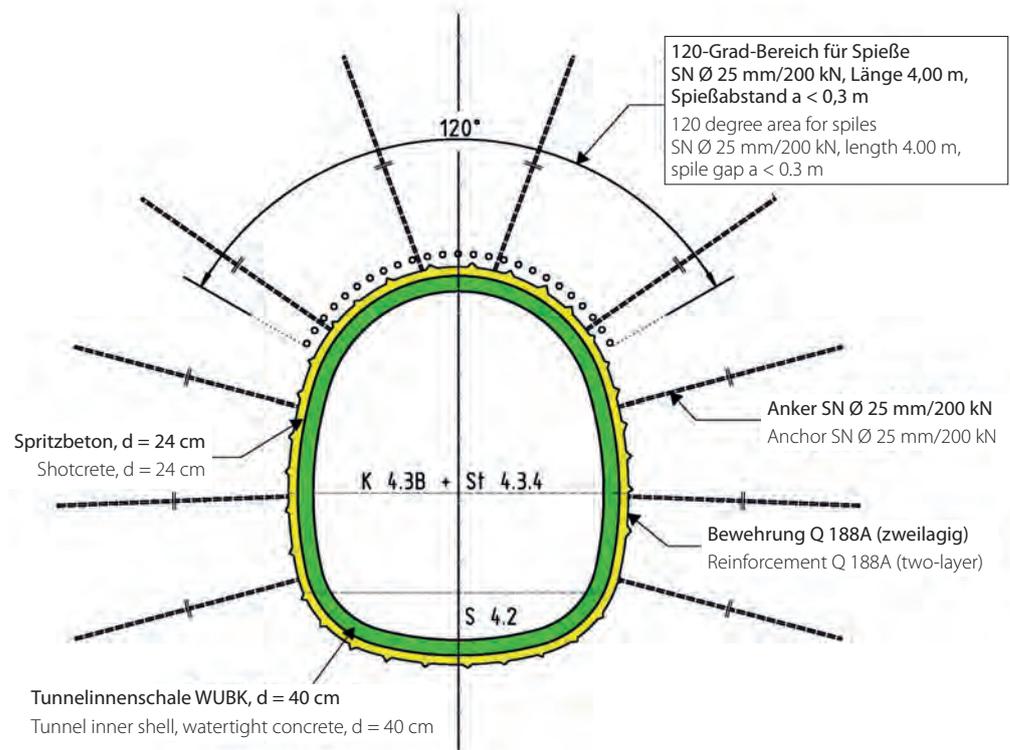
In accordance with the geological reports [4] the sections of the Metzfeld Tunnel built by conventional means are completely located in diorite. In the vicinity of the track undercutting (roof overburden roughly 12 m, fluctuating between approx. 5 and 36 m during

4 Geologische Verhältnisse und Tunnelvortrieb

Gemäß den geotechnischen Gutachten [4] liegen die in bergmännischer Bauweise erstellten Röhren des Tunnels Metzberg durchgängig im Diorit. Im Bereich der Gleisunterfahrung (Firstüberlagerung rund 12 m, diese schwankt im Verlauf des Tunnels zwischen ca. 5 bis 35 m) liegt ein Großteil des Ausbruchquerschnittes im unverwitterten Diorit, wobei lediglich im oberen Firstbereich stärker verwittertes Gestein zu erwarten war. Darüber stehen bis zur Geländeoberkante ca. 4–5 m oberhalb der Tunnelröhren Gesteine des Zechsteins sowie Bröckelschiefer an. Der Diorit weist im unverwitterten Zustand überwiegend eine sehr gute und im mäßig verwitterten Zustand eine gute Kornbindung auf. Im Diorit ist aufgrund seiner massigen Ausbildung keine Schichtung ausgewiesen. Das Trennflächengefüge wird hierbei durch eine zweischarige orthogonale Klüftung mit vorwiegend steil stehenden Klüften gebildet. Die charakteristischen Gebirgskennwerte für den unverwitterten Diorit liegen in einer Bandbreite von 2000–3000 MN/m² für den E-Modul des Gebirges, 500–700 kN/m² für die Kohäsion des Gebirges sowie für den Reibungswinkel bei 35–45°. Der mäßig verwitterte bis lokal stark verwitterte Diorit weist einen E-Modul von 500–1500 MN/m², eine Kohäsion von 250 kN/m² sowie einen Reibungswinkel von 35° auf. Im Rahmen der Standsicherheitsuntersuchungen wurden für den Bereich der Gleisunterfahrung die zu erwartenden Oberflächensetzungen durch Parameter-Untersuchungen mittels der Finite-Elemente-Methode abgeschätzt. Es zeigte sich bei diesen Auswertungen, dass die vorgegebenen Grenzwerte für die Bestandsgleise im Rahmen des Tunnelvortriebes wahrscheinlich nicht überschritten würden.

Im Zuge der Vortriebsplanung wurden diverse Vortriebsklassen definiert, um während der Vortriebsarbeiten vielfältige Möglichkeiten im Umgang mit den Gebirgsverhältnissen zu haben. Bei den Vortriebsklassen variierten unter anderem Abschlagslängen, Spritzbetondicken, vorauseilende Sicherungen und Ankeranordnungen.

Der Vortrieb in der rechten Röhre wurde im Bereich der Bestandsgleise im Zeitraum von November und Dezember 2014 durchgeführt. Der Tunnelanschlag war im November 2014, und der



3 Vortriebsklasse K4.3B + St4.3.4
Excavation classes K4.3B + St4.3.4

the course of the tunnel), a major portion of the excavated cross-section lies in unweathered diorite, with highly weathered rock only encountered in the upper roof zone. This is covered by Upper Permian rocks and crumbling shales ranging roughly 4–5 m above the tunnel tubes to the ground surface. In unweathered state, the diorite's grain composition is very good while it is good in moderately weathered state. The diorite is not layered on account of its massive form. In this case, the separation plane structure is formed by two-layered orthogenic fracturing with mainly upright clefts. The characteristic rock parameters for the sound diorite range between 2000–3000 MN/m² for the rock's E-module, 500–700 kN/m² for the rock's cohesion as well as 35–45° for the angle of friction. The moderately weathered to locally highly weathered diorite possesses an E-module of 500–1500 MN/m², cohesion of 250 kN/m² as well as an angle of friction of 35°.

Within the scope of stability investigations the anticipated surface settlements in the vicinity of the track undertunnelling project were estimated by parameter analyses by means of the finite element method. It was revealed during the course of these evaluations that the predetermined limit values for the existing tracks would probably not be exceeded during the tunnel excavation.

Various excavation classes were defined in the course of planning the drive in order to have different possibilities in conjunction with the rock conditions during the driving operations. The variations within the excavation classes included lengths of advance, shotcrete thicknesses, advance supports and anchor patterns.

Durchschlag erfolgte im Mai 2015. Bedingt durch die geologische Situation kam in diesem Bereich zuerst eine Vortriebsklasse K6.4 mit einer Abschlagslänge von 1,00 m zum Einsatz. Diese Klasse sieht einen Kalottenvortrieb sowie eine Schalendicke von 30 cm vor. Als Anker kamen SN-Anker (Durchmesser 25 mm, 200 kN Tragkraft) mit einer Länge von 6 m zum Einsatz. Als vorausseilende Sicherung waren, je nach geologischer Erfordernis, 4 m lange IBO Spieße R32 oder R38 vorgesehen. Direkt vor den Gleisen konnte aufgrund der Gebirgsverhältnisse und einer zunehmenden Überlagerung auf einen kombinierten Kalotten- und Strossenvortrieb K4.3B + St4.3.4 (**Bild 3**) mit einer Abschlagslänge von 1,30 m umgestellt werden. Diese Vortriebsklasse weist eine Spritzbetonschalendicke von 24 cm auf. Es wurden SN-Anker (Durchmesser 25 mm, 200 kN Tragkraft) mit einer Länge von 6 m verwendet. Als vorausseilende Sicherung wurden 4 m lange vermörtelte Spieße (Durchmesser 25 mm) nach geologischer Erfordernis eingebaut. Bei Erreichen eines Warnwertes von 15 mm Firstsetzung wurde vereinbart, die Abschlagslänge auf 1,00 m zu reduzieren. Im Zeitraum Juni bis Juli 2015 erfolgte der Vortrieb in der linken Tunnelröhre unter den Bestandsgleisen. Der Tunnelanschlag für diese Röhre war im Juni 2015, das Vortriebsende lag im November 2015. In diesem Bereich kam ebenfalls die Vortriebsklasse K4.3B + St4.3.4 mit einer Abschlagslänge von 1,30 m zum Einsatz. Bei Ausführung des Vortriebes in beiden Tunnelröhren war zu beachten, dass sämtliche Sprengungen nur in Zugpausen durchgeführt wurden. Diese Zugpausen mussten vorab bei den verantwortlichen Fahrdienstleitern angemeldet werden. Nach erfolgter Sprengung erfolgte eine abschließende Kontrolle und Freigabe der Gleise durch technische Berechtigte (4.2-er).

5 Messprogramm/Bauausführung

Die Unterfahrung der Bestandsgleise wurde intensiv messtechnisch begleitet. Auf einer Länge von ca. 180 m wurden auf den Gleisen mit einem Abstand von jeweils 10 m Messquerschnitte angeordnet (**Bild 4**). Neben den Gleisanlagen wurden außerdem diverse Geländepunkte beobachtet. Hierbei handelte es sich um den Böschungsbereich in Gleisnähe auf einer Länge von 85 m, den Böschungsfuß in Gleisnähe über einem Bereich von 25 m sowie um diverse Oberflächenmesspunkte in den Portalbereichen der rechten und linken Röhre. Die Überwachung des gesamten Messbereichs wurde automatisiert durchgeführt.

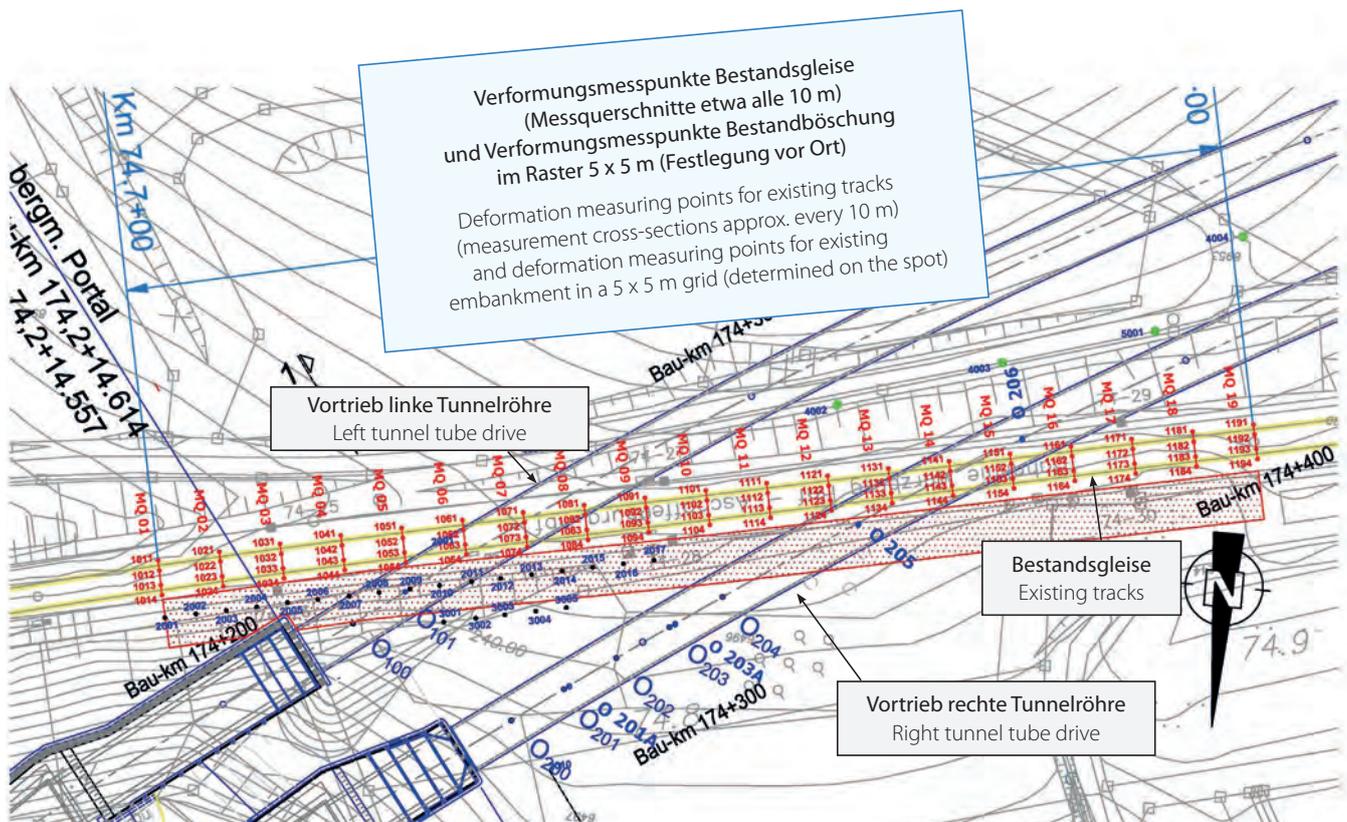
Die Messung der an den Schienen befestigten Messpunkte (**Bild 5**) erfolgte im Rhythmus von drei Stunden durch ein automatisches, Tachymeter-gestütztes geodätisches Monitoringsystem. Das System lässt sich grob in zwei Teile gliedern: Zum einen die Ansteuerung des Messgeräts vor Ort, realisiert durch einen Steuerrechner, zum anderen die automatische Auswertung der Messdaten im Hinblick auf etwaige Grenzwertüberschreitungen sowie die Visualisierung der Messdaten. Dies erfolgte auf einem zentralen Auswertungsrechner. Der Datentransfer zwischen dem Steuer- und dem Auswertungsrechner erfolgte via Internet, realisiert durch eine UMTS-Datenverbindung. Die Bereitstellung der visualisierten Ergebnisse für den verantwortlichen Personenkreis

The drive in the right tube was executed in the period from November to December 2014 in the vicinity of the existing tracks. Tunnelling started in November 2014 and the breakthrough took place in May 2015. Initially excavation class K6.4 with a length of advance of 1.00 m was applied in this zone on account of the geological situation. This class calls for a crown drive as well as a shell thickness of 30 cm. SN anchors (diameter 25 mm, 200 kN bearing capacity) with a length of 6 m were used. Depending on the geological requirements, 4 m long IBO spiles R32 or R38 were foreseen for advance support. It was possible to resort to a combined crown and bench drive K4.3B + St4.3.4 (**Fig. 3**) with a length of advance of 1.30 m directly in front of the tracks owing to the rock conditions and increasing overburden. This excavation class possesses a shotcrete shell thickness of 24 cm. SN anchors (diameter 25 mm, 200 kN bearing capacity) with a length of 6 m were utilised. 4 m long mortared spiles (diameter 25 mm) were installed as advance support in keeping with geological requirements. It was agreed to reduce the length of advance to 1.00 m once a critical value of 15 mm for the roof settlement was attained.

During the period from June to July 2015, the drive was undertaken in the left tunnel bore beneath the existing tracks. Tunnelling in this tube started in June 2015 and was completed in November 2015. Excavation class K4.3B + St4.3.4 was also applied in this zone with a length of advance of 1.30 m. While tunnelling in both tubes care had to be taken to tackle all blasting activities when trains were not running. These intervals had to be coordinated in advance with the responsible traffic controllers. After blasting had taken place, the tracks were then checked and the green light given by the appropriate technical supervisors.

5 Measurement Programme/ Executing Construction

The undertunnelling of the existing tracks was accompanied by an extensive measuring programme. Measurement cross-sections (**Fig. 4**) were set up on the tracks at 10 m gaps over a distance of roughly 180 m. Furthermore, various ground points were observed alongside the tracks. This involved the embankment area close to the tracks over a distance of 85 m, the foot of the embankment close to the track over a distance of 25 m as well as various surface measuring points in the portal areas of the right and left tubes. The monitoring of the entire measurement area was undertaken automatically. Measuring of the points attached to the rails (**Fig. 5**) was carried out at three hour intervals using an automatic, tachymeter-supported geodetic monitoring system. The system can roughly be split into two parts: firstly, for initiating the measuring unit on the spot accomplished by a control computer, and secondly automatic evaluation of the measurement data with respect to possibly overstepping limit values as well as the visualisation of measurement data. This took place on a central evaluation computer. The transfer of data between the control and evaluation computers was accomplished by internet via an UMTS data link. An online platform provided the visualised results for persons in the know, which could be accessed via an internet browser.



Quelle/credit: Angermeier Ingenieure GmbH

4 Tunnel Metzberg, Anordnung der Messpunkte für die Unterfahrung der Bahngleise im Bereich des Ostportals

Metzberg Tunnel, set-up of the measuring points for undertunnelling the railway tracks in the vicinity of the east portal

erfolgte wiederum auf einer Onlineplattform, auf welche über einen Internetbrowser zugegriffen werden konnte.

Um Restdeformationseinflüssen infolge möglicher Geländebewegungen auf den Instrumentenstandpunkt und somit systematisch verfälschten Deformationsmessungen vorzubeugen, wurde vor jedem Messzyklus eine automatische freie Stationierung (Abgleich mit bekannten Festpunkten) durchgeführt.

Etwa zwei Stunden nach Beginn eines Messzyklus lagen die Ergebnisse vor und konnten auf der Onlineplattform abgerufen bzw. in grafischer Form angesehen werden. Im Fall einer Grenzwertüberschreitung erhielt der im Vorfeld im Alarmplan festgelegte Personenkreis automatisiert eine Meldung via SMS und E-Mail. Zur Überwachung der Messungen wurden folgende kritische Werte für Setzungen des Gleiskörpers an den Messpunkten definiert:

- Vorwarnwert: 8 mm
- Grenzwert: 12 mm
- Alarmwert: 19 mm

Bei Annäherung bzw. Überschreitung der beiden ersten Werte hatten die unmittelbaren Projektbeteiligten und der Anlagenverantwortliche der Bahn sich abzustimmen und zu entscheiden, welche Maßnahmen kurzfristig ergriffen werden können. Darunter fielen beispielsweise kurzfristige Modifikationen der Vortriebsparameter, wie Verringerung der Abschlagslänge, Teilausbrüche, Verringerung der Lademenge je Zündzeitpunkt, verändertes Sprengbild etc.

Bei Überschreitung des Alarmwertes von 19 mm war eine Einstellung des Zugverkehrs vorgesehen, bis die Gleise nachgestopft

in order to prevent residual deformation influences resulting from possible ground movements affecting the location of the instruments and in turn, systematically falsified deformation measurements, automatic free stationing (comparison with known fixed points) was executed prior to each measurement cycle.

Roughly two hours after a measurement cycle had begun, the results were available and could be called up via the online platform or appraised in graphic form. If a critical value was exceeded, the circle of persons previously designated in the alarm plan were automatically notified by SMS and E-mail.

The following critical values for settlements affecting the track bed at the measuring points were defined for monitoring the measurements:

- Advance warning value: 8 mm
- Limit value: 12 mm
- Alarm value: 19 mm

If the first two values were approached or exceeded, those directly involved in the project and responsible for the railway facilities were called on to deliberate and decide which measures could be resorted to in the short term. These included for example, short-term modifications of the driving parameters such as reducing the length of advance, part-excavations, reducing the amount of charge per ignition phase, altering the blasting pattern etc. If the alarm value of 19 mm was exceeded, the cessation of train services was foreseen until the tracks had been tamped or realigned. As closing the track on a busy section carrying more than 200 trains per day can have immense implications, adhering to or falling short of the cited limit



Quelle/credit: D. Mähner

5 Eingebauter Messpunkt am Gleis
Measuring point installed on the track

bzw. nachgerichtet waren. Da eine Streckensperrung für einen stark frequentierten Abschnitt mit täglich über 200 Zügen immense Auswirkungen haben kann, hatte die Einhaltung bzw. Unterschreitung der genannten Grenzwerte oberste Priorität. Zudem musste stets eine kurzfristige Gleislagekorrektur mittels Stopfarbeiten sichergestellt werden, was eine besondere logistische Herausforderung bedeuten kann.

Für die Unterfahrung der Bestandsgleise sowie für die zugehörige Gleislagekorrektur mittels Stopfarbeiten wurden im Leistungsverzeichnis entsprechende Positionen definiert. So wurden beispielsweise auch die Ausfallzeiten durch die Streckensperrung während der Sprengarbeiten monetär vergütet.

6 Erfahrungswerte

Der erste Tunnelvortrieb in der rechten Röhre wurde bis zur Weihnachtspause 2014/2015 bis ca. 10 m hinter die Bestandsgleise vorgetrieben. Aufgrund der Vorgabe, während der Weihnachtspause eine durchgezogene Sohle (Ringschluss) in diesem Bereich eingebracht zu haben, wurden im Vorfeld in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vortriebsleistungen mögliche Ausführungsvarianten für das noch verbleibenden Zeitfenster abgestimmt. Während der Vortriebsarbeiten kam es im Bereich der Bestandsgleise zu keiner Überschreitung der Alarmwerte. Innerhalb der Weihnachtspause kam es allerdings zu einzelnen Alarmierungen aufgrund von festgestellten Überschreitungen der Vorwarn- und Warnwerte, die sich als Fehlmessungen herausstellten. Ursachen für diese Fehlmessungen waren wahrscheinlich ein lockeres Vermessungsprisma und zum Teil eingeschneite bzw. vereiste

values had utmost priority. In addition, a short-term correction of the track bed by means of tamping work had to be catered for, something which can represent a particular logistic challenge.

Corresponding positions were defined in the service specifications for undertunnelling the existing tracks as well as for the related correction of the track bed by means of tamping work. Thus for instance, the outage times resulting from closing the track during blasting operations were also financially recompensed.

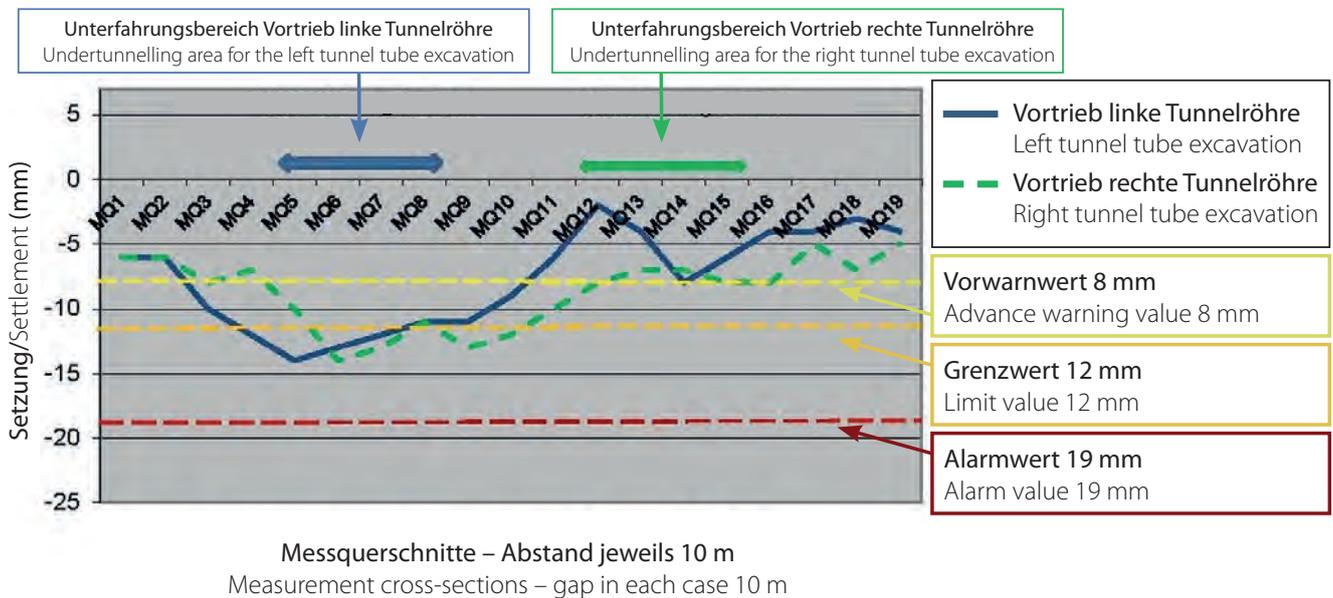
6 Lessons learned

The first tunnel drive in the right bore was excavated up to roughly 10 m behind the existing tracks until the Xmas break 2014/2015. On account of it being specified that a continuous invert (ring closure) had to be installed in this zone during the Xmas break, possible alternatives for execution were previously agreed on for the remaining time frame in relation to varying rates of advance.

During tunnelling, the critical values were never exceeded in the existing track section- However, during the Xmas break there were individual alerts after it was determined that the advance warning and alarm values had been exceeded, which emerged to be the result of errors. Probably these errors were caused by a loose surveying prism and in part, by prisms being affected by snow or ice. Based on the ring closure that had been accomplished prior to the Xmas break and the collected measurement values, an additional deformation would not have been assessed as being plausible. In this connection, an optical inspection of the track bed revealed no anomalies.

In summer 2015, there were a number of alerts when the left tube was being driven relating to the advance warning and limit values

Setzungsverlauf der Gleislage im Bereich der Unterfahrung Settlement course for the track bed in the vicinity of the undertunnelling scheme



6 Verlauf der Setzungen im Bereich der Bahngleise

Course of settlements in the vicinity of the railway tracks

Prismen. Bedingt durch den hergestellten Ringschluss und die gesammelten Messwerte vor der Vortriebsunterbrechung, wäre eine zusätzliche Deformation zudem auch nicht als plausibel zu bewerten gewesen. Eine optische Überprüfung der Gleislage ergab dabei keine Auffälligkeiten.

Beim Vortrieb in der linken Röhre kam es im Sommer 2015 zu einzelnen Alarmierungen bezüglich einer Überschreitung der Vorwarn- und Grenzwerte. Eine sofortige Überprüfung stellte diverse gelockerte Vermessungsprismen fest, die diese Alarmierungen ausgelöst hatten.

Im Bereich von zwei Messquerschnitten wurden bei Zugdurchfahrten Alarmierungen ausgelöst, die durch „Pumpbewegungen“ der Gleise verursacht wurden. Als Grund wurden Inhomogenitäten im Aufbau des Bahndammes vermutet. Nach der Durchführung von Stopfarbeiten in diesem Bereich kam es zu keinen weiteren Vorkommnissen.

Bild 6 zeigt die Auswertung der Setzungsverläufe für die linke und rechte Röhre. Hier ist erkennbar, dass die vorab definierten Warnwerte an einzelnen Stellen vom Setzungsmaß her überschritten wurden. Da die Vorgaben zu den Warnwerten sich jedoch auf einen 10 m langen Abschnitt (entspricht Abstand der Messquerschnitte) bezogen, wurden die zulässigen Neigungen an keiner Stelle im Gleisbereich während der Vortriebsarbeiten überschritten. Daher war im Bereich der Unterfahrung der Bestandsgleise keine wesentliche Modifikation der Vortriebsarbeiten erforderlich. Als Fazit dieser Unterfahrungsmaßnahme ist festzustellen, dass durch das umfangreiche Monitoringsystem eine systematische Überwachung der Gleissetzung sichergestellt werden konnte,

being exceeded. An immediate investigation revealed that various surveying prisms had loosened thus triggering these alerts.

Alerts were triggered in the vicinity of two measurement cross-sections when trains were passing, caused by “pumping movements” of the tracks. The reason seemed to be inhomogeneity in the rail embankment structure. Following the execution of tamping work in this zone, no further incidents were reported.

Fig. 6 shows evaluation of the settlement courses for the left and right tube. It is discernible here that the previously defined critical values were exceeded at certain points as far as the degree of settlement was concerned. However, as the specifications for the critical values related to a 10 m long section (corresponding to the measurement cross-sections), the permissible inclinations were not exceeded at any point on the section of track during tunnelling. As a result, no essential modification of the driving operations was necessary when the existing tracks were being undertunnelled.

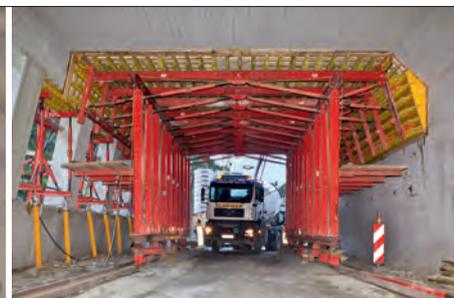
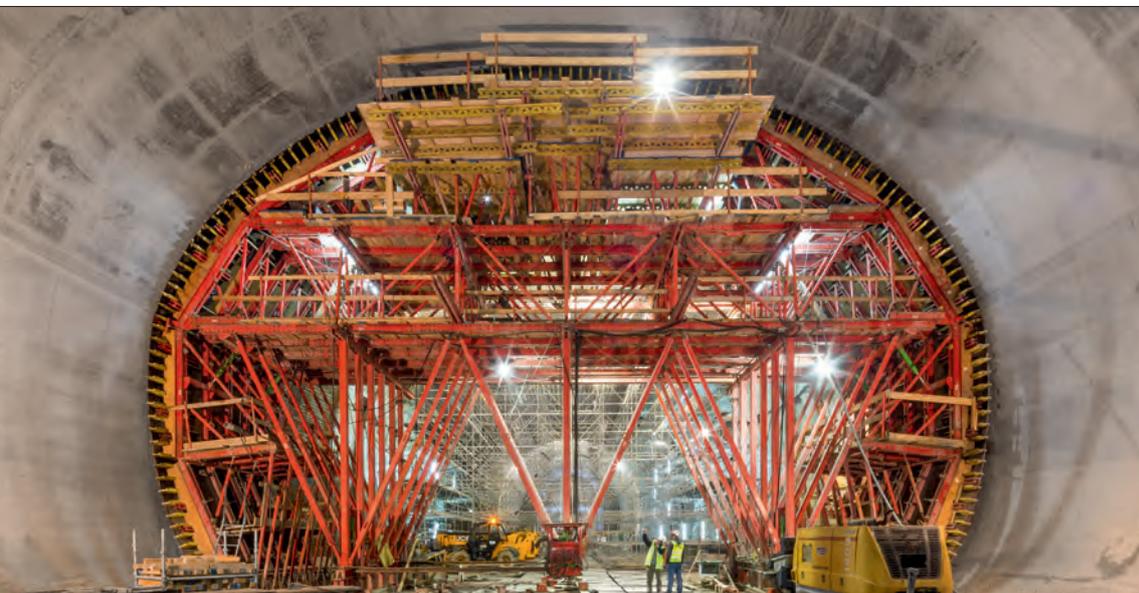
In summing up it can be concluded that the extensive monitoring system enabled track settlements to be monitored systematically, ensuring that all those involved obtained the results promptly. Thanks to the automatic alert, it was possible to react to changes in the settlements at any time by modifying the drive with an extensive catalogue of measures that had been evolved. Prior to undertunneling the tracks these aspects were agreed on with all those involved so that it was also possible to react promptly should problems arise. In addition, it can be maintained that thanks to these measures, undertunneling the tracks was by and large accomplished without major difficulties. Problems or false alarms resulted from measuring prism that had become loose or were affected by ice. Inspections

deren Ergebnisse allen Beteiligten auch kurzfristig zur Verfügung standen. Durch die automatische Alarmierung konnten mit Hilfe eines umfangreichen, ausgearbeiteten Maßnahmenkatalogs auf Veränderungen der Setzungen jederzeit durch eine Modifikation des Vortriebes reagiert werden. Im Vorfeld der Gleisunterfahrung wurden diese Punkte mit allen Prozessbeteiligten abgestimmt, so dass auch kurzfristige Reaktionen bei Problemen möglich waren. Des Weiteren lässt sich festhalten, dass durch diese Maßnahmen die Gleisunterfahrungen vorwiegend ohne größere Schwierigkeiten durchgeführt werden konnten. Probleme bzw. Fehlalarmierungen entstanden durch gelockerte oder vereiste Messprismen. Kurzfristige Begehungen und visuelle Kontrollen sowie die Weitergabe dieser Erkenntnisse an alle Beteiligten konnten jeweils für Aufklärung sorgen. Ein Einsatz dieser Mess- bzw. Überwachungskonzepte und den Maßnahmenkatalogen kann aufgrund der bei diesem Projekt erlangten Erkenntnissen bei zukünftigen Projekten empfohlen werden. 

at short notice or visual checks as well as the passing on of these findings to all those involved were always able to provide clarification. Application of these measurement and monitoring concepts and the catalogue of measures can be recommended for future projects based on the recognitions obtained. 

Literatur/References

- [1] DB ProjektBau GmbH: Ausbaustrecke Hanau–Nantenbach, Umfahrungsspange Schwarzkopftunnel – Projektvorstellung, 2013.
- [2] DB Netz AG: Richtlinie 853, Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten, 8. Aktl., 2014.
- [3] DB Netz AG: Richtlinie 836, Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, 4. Aktl. 2014.
- [4] Ingenieurgemeinschaft Baugrund: Ingenieur-, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Stellungnahme zum 4. EKP. 2011 (unveröffentlicht).



Economical solutions for each cross-section VARIOKIT Engineering Construction Kit

With VARIOKIT system components, cost-effective tunnel formwork carriages can be realized which are precisely adapted to meet the needs of the respective jobsite. Requirements such as drive-through openings for trucks or single-sided wall formwork are easily fulfilled. Additional components for lifting, lowering and moving are likewise available in the rentable PERI portfolio as are safe working platforms and access means.



**Formwork
Scaffolding
Engineering**

www.peri.com

Spezialtiefbau für die Umfahrung Schwarzkopftunnel

Zwischen Würzburg und Frankfurt lässt die Deutsche Bahn einen Streckenabschnitt neu bauen, der die Passage durch den Schwarzkopftunnel ersetzen soll. Zum einen genügt der über 160 Jahre alte Tunnel nicht mehr den heutigen Anforderungen; Personenzüge können den Tunnel nur mit einer gedrosselten Höchstgeschwindigkeit passieren. Schwere Güterzüge hingegen benötigen aufgrund der starken Steigung zusätzliche Schublokomotiven. Die Bauer Spezialtiefbau GmbH führte in einer Arbeitsgemeinschaft alle erforderlichen Spezialtiefbauarbeiten aus, die nicht bergmännisch hergestellt werden konnten.

Special Foundation Works for the Schwarzkopftunnel Bypass

Between Würzburg and Frankfurt, the German railway company Deutsche Bahn has a route section newly built which is to replace passage through the Schwarzkopf Tunnel. The almost 160-year old tunnel no longer meets today's requirements; passenger trains can only pass through the tunnel with reduced maximum speed. Heavy freight trains however need additional helper engines due to the steep inclination. Bauer Spezialtiefbau GmbH executed in a joint venture all required special foundation works which could not be constructed by mining method.

Dipl.-Ing. Hans-Gerd Haugwitz, Leiter Abteilung Projekte/head of project department;
Dipl.-Ing. Klaus Wecker, Projektleiter/project manager;
BAUER Spezialtiefbau GmbH, Schrobenhausen, Deutschland/Germany

Die Ausbaustrecke (ABS) Hanau–Nantenbach ist Teil der Main-Spessart-Bahn zwischen Hanau und Würzburg. Die Strecke ist seit Mitte des 19. Jahrhunderts in Betrieb und zählt zu den am stärksten frequentierten Trassen im Netz der Deutschen Bahn. Als eine zentrale Achse des Fern- und Güterverkehrs verbindet die Strecke die Wirtschaftszentren des Rhein-Main-Gebietes mit Würzburg und der Region Franken. Kernmaßnahme des Projekts ist die Umfahrung des 1854 in Betrieb genommenen Schwarzkopftunnels zwischen Laufach und Heigenbrücken. Für die Umfahrung des Schwarzkopftunnels werden im Zuge der Ausbaustrecke Hanau–Nantenbach vier neue Tunnel errichtet. Der 2600 m lange Tunnel Falkenberg wird den Schwarzkopftunnel ersetzen, die drei weiteren Tunnel Hain, Metzberg und Hirschberg sind eine Neukonzeption und sorgen für eine künftig flachere Steigung (**Bild 2**).



1 Übersicht des Streckenabschnitts (Trog Etzbachtal) zwischen Tunnel Hirschberg und Tunnel Metzberg (Ostportal, im Hintergrund)

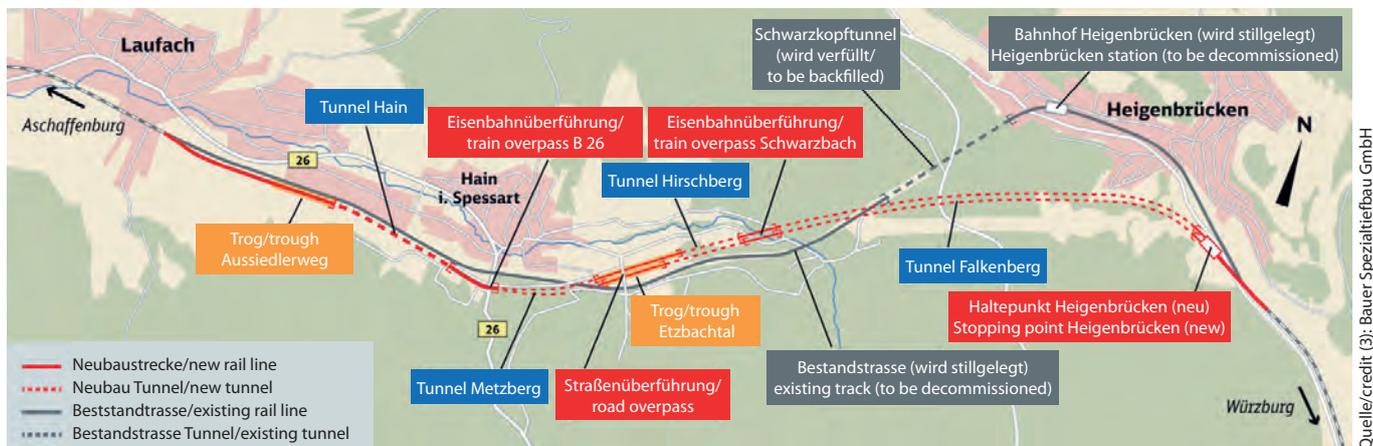
Overview of the route section (trough Etzbachtal) between Tunnel Hirschberg and Tunnel Metzberg (East portal, in the background)

The upgraded Hanau–Nantenbach line is part of the Main Spessart route between Hanau and Würzburg. The route has been operational since the middle of the 19th century and is numbered among the busiest routes of the Deutsche Bahn network. As a central axis of long-distance and freight traffic it links the economic centres of the Rhine-Main District with Würzburg and the region of Franconia.

A core measure of the upgrading is the bypass of the Schwarzkopf Tunnel between Laufach and Heigenbrücken.

In connection with the upgraded Hanau–Nantenbach line four new tunnels are installed for the bypass of the Schwarzkopf Tunnel. The Falkenberg Tunnel with its 2600 m will replace the Schwarzkopf Tunnel, the other three tunnels Hain, Metzberg and Hirschberg are newly designed and provide a flatter inclination (**Fig. 2**).

As part of a joint venture with Alfred Kunz Untertagebau,



2 Streckenführung Umfahrung Schwarzkopftunnel
Alignment of the Schwarzkopftunnel bypass

Die Bauer Spezialtiefbau GmbH führte zusammen mit der Bauer-Tochter SPESA Spezialbau und Sanierung GmbH in einer Arbeitsgemeinschaft mit den Firmen Alfred Kunz Untertagebau, Baresel GmbH, Schälerbau Berlin und der Leonhard Weiss GmbH & Co. KG diejenigen umfangreichen Spezialtiefbauarbeiten aus, die nicht bergmännisch hergestellt wurden: Die Baugruben für die offenen Tunnelabschnitte wurden mit Pfahlwänden, Nagel- und Verbauwänden gesichert, außerdem wurde für die Bahndämme der neuen Zugtrasse eine umfassende Pfahlgründung im Schneckenortbeton-Verfahren (SOB-Verfahren) ausgeführt. Hinzu kamen Bodenvernagelungen auf einer Länge von 550 m entlang der Bestandsgleise sowie Aussteifungen und temporäre sowie dauerhafte Verankerungen.

Die Herstellung der bis zu 25 m langen Pfähle erfolgte im harten Diorit, in Gneis und Buntsandstein, wobei die Einbindetiefe in den sehr harten Fels bis zu 10 m beträgt. Dieser Fels hat Festigkeiten von etwa 100 bis maximal 270 MPa. Für diese anspruchsvollen Bohrungen kamen zwei Drehbohrgeräte BAUER BG 40, zwei BG 28 und eine BG 20, fünf Ankerbohrgeräte und einige Nagelbohr- und Spritzbetongeräte zum Einsatz. Um die bergmännischen Arbeiten der Tunnelherstellung vorzubereiten, wurden für die Tunnelportale Portalbaugruben und Spritzbetonwände mit einer Höhe von bis zu 30 m erstellt. Diese Arbeiten führte neben der Bauer Spezialtiefbau GmbH überwiegend die

Baresel GmbH, Schälerbau Berlin and Leonhard Weiss GmbH & Co. KG, Bauer Spezialtiefbau GmbH together with the Bauer-subsiary SPESA Spezialbau und Sanierung GmbH executed those special foundation works which were not constructed by mining methods: The excavation pits for the open tunnel sections were supported with pile walls, nail and retaining walls; moreover, an extensive pile foundation was installed using the continuous flight auger method (CFA-method) for the railroad embankment of the new train path. In addition there are soil nailings on a length of 550 m along the existing tracks, as well as struttings and temporary and permanent anchors. The piles having a length of up to 25 m were constructed

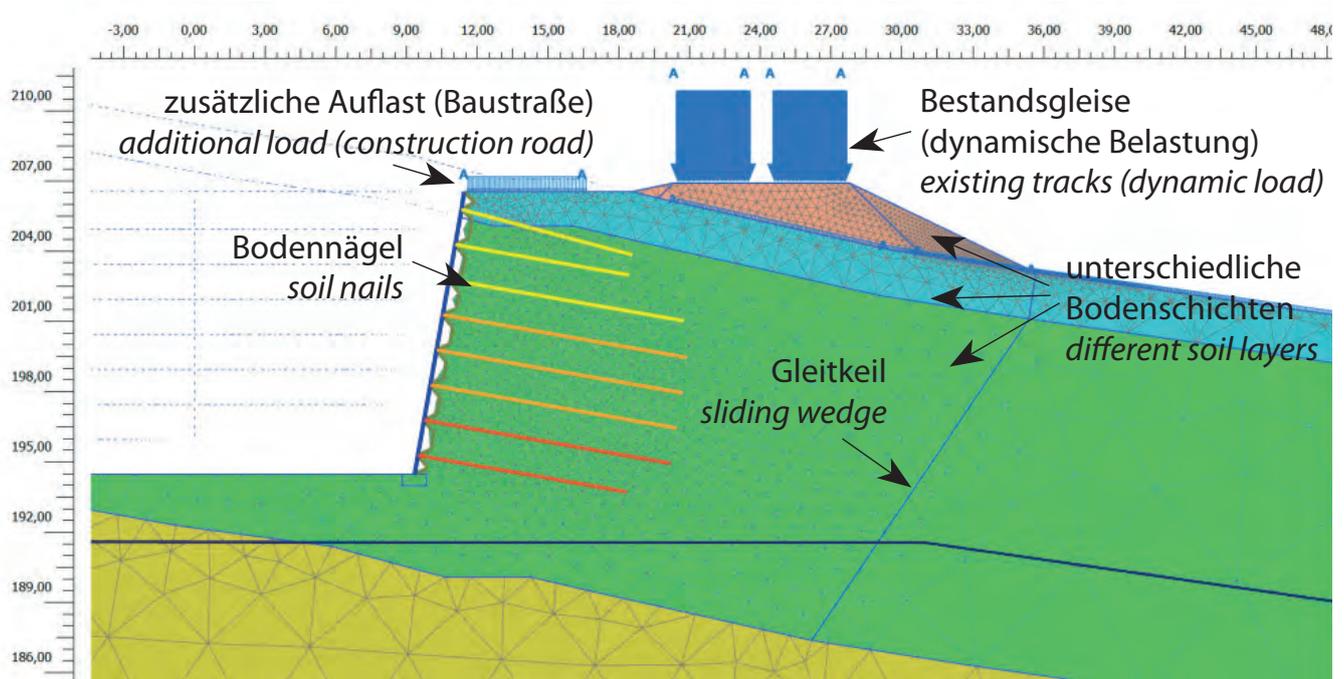
in hard diorite, in gneiss and bunter, whereupon the embedment depth in very hard rock amounts up to 10 m. This rock has a strength of 100 up to a maximum of 270 MPa. For these demanding bores two BAUER BG 40, two BG 28 and one BG 20, five anchor rigs and some nail drilling and shotcrete rigs were used.

In order to prepare the mining works of the tunnel construction, portal excavation pits and shotcrete walls having a height of up to 30 m were installed for the tunnel portals. Apart from Bauer Spezialtiefbau GmbH mainly the Bauer-subsiary SPESA Spezialbau und Sanierung GmbH executed these tasks. Especially the retaining with shotcrete panelling and slope protection with shotcrete and soil nailings had to be concluded. All shotcrete works were carried out



3 Offene Bauweise Tunnel Hain: Tangierende Pfahlwand, Böschung und Bodenvernagelung neben Bestandsgleis

Open cut method Tunnel Hain: contiguous pile wall, slope and soil nailings next to existing track



4 FE-Modell für die Bodenvernagelung im Bereich Tunnel Hain
FE-model for the soil nailing in the area of the Tunnel Hain

Bauer-Tochter SPESA Spezialbau und Sanierung GmbH aus. Vor allem Verbau mit Spritzbetonausfachung und Böschungssicherung mit Spritzbeton und Bodennägeln waren abzuwickeln. Alle Spritzbetonarbeiten wurden im Nassspritzverfahren mit Manipulator und verschiedenen Trägergeräten wie Teleskopstapler oder Bagger ausgeführt. Für die Boden- und Felsnägel wurden Kleinbohrgeräte und Bagger mit Anbaulafetten eingesetzt. Gebohrt wurde, je nach Untergrund und Nageltyp, mit hydraulischem Außenhammer oder Imlochhammer. Zusammenfassend wurden folgende Spezialtiefbauarbeiten ausgeführt:

- 52 000 m² Trägerverbau mit Holz/Betonausfachung,
- 95 000 m Temporäranker, Daueranker und GEWI-Anker,
- 35 000 m² Pfahlwände mit 900, 1200 und 1500 mm Pfahldurchmesser,
- 40 000 m Pfahlgründungen im Schneckenortbeton-Verfahren (SOB-Verfahren) mit Pfahldurchmessern von bis zu 750 mm,
- 4000 m Rüttelstopfverdichtung,
- 32 000 m² Bodenverankerung mit Spritzbetonwänden,
- 3000 m² Spundwandeinbau.

Insgesamt wurden 11 000 t Bewehrung eingebaut.

Bodenvernagelung im Bereich „Tunnel Hain“

Die Ausschreibung sah auf einer Länge von 750 m die Erstellung von Pfahlwänden mit zwei Steifenlagen als Baugrubensicherung vor. Aufgrund eines Nebenangebots wurde jedoch die Leistung dahingehend geändert, dass entsprechend der Ausschreibung nur noch auf einer Länge von 220 m eine tangierende Pfahlwand mit einem Pfahldurchmesser von 1200 mm, einer Pfahllänge von

using the wet-spraying method with manipulator and various base machines such as telescopic handler or excavator. Small diameter drilling rigs and excavators with attached feeds were deployed for the soil and rock nails. Depending on the subsoil and nail type, hydraulic top hammer or down-the-hole hammer were used for drilling.

- To sum up, the following construction methods had to be applied for the special foundation works:
- 52 000 m² king pile wall with wooden/concrete lagging,
- 95 000 m temporary anchors, permanent anchors and GEWI-anchors,
- 35 000 m² pile walls with 900, 1200 and 1500 mm pile diameter,
- 40 000 m pile foundations using the continuous flight auger method (CFA-method), having pile diameters of up to 750 mm,
- 4000 m vibro displacement,
- 32 000 m² soil nailing with shotcrete walls,
- 3000 m² sheet pile wall installation.

A total of 11 000 t reinforcement were installed.

Soil Nailing in the Area „Tunnel Hain“

The tender documents included the construction of pile walls with two strutting layers serving as excavation pit support on a length of 750 m. Due to a side offer, however, the scope was changed in such a way that – corresponding with the tender documents – only a contiguous pile wall on a length of 220 m, having a pile diameter of 1200 mm and a pile length of up to 22 m as well as two strut layers, had to be constructed. The remaining 530 m track length were executed as sloped excavation pit consisting of nail wall (trackside) and slope hill-facing (40 to 45 degrees inclination) (Fig. 3). The nail

bis zu 22 m und zwei Steifenlagen herzustellen war. Die verbleibenden 530 m Streckenlänge wurden als geböschte Baugrube bestehend aus Nagelwand (Gleisseite) und Böschung auf der Bergseite (40-45 Grad Neigung) ausgeführt (**Bild 3**). Die Nagelwand mit einer Höhe von bis zu 16 m erforderte den Einbau von bis zu zehn Nagelreihen und einer Nagellänge von bis zu 12 m. Der Spritzbeton musste mit einer Dicke von 15 bis 20 cm eingebracht werden.

Planung der Bodenvernagelung

Die Dimensionierung der Bodenvernagelung erfolgte mithilfe eines 2D FE-Modells (**Bild 4**). Grundlage für die Modellbildung waren die Angaben des Baugrundgutachtens und die Berechnungsparameter von Prof. von Wolfersdorff. Die zu berücksichtigenden Lastannahmen wurden entsprechend den einschlägigen Anforderungen der Deutschen Bahn AG angesetzt. Auf Grundlage der Planungsergebnisse wurden Grenzwerte für die Verformung der Wand und des bestehenden Gleiskörpers festgelegt (Warn- und Alarmwerte). Für die Überwachung wurde entsprechend der Normung die Beobachtungsmethode angewendet, wobei entsprechende Messspiegel in einem Abstand von 10 m angebracht wurden. Die geodätische Überwachung erfolgte in sensiblen Bereichen täglich und in weniger sensiblen Bereichen wöchentlich.

Ausführung der Bodenvernagelung

Bei der Bodenvernagelung wird eine stabförmige Bewehrung, der sogenannte Bodennagel, in den gewachsenen Boden eingebaut. Hierdurch soll die Zugfestigkeit und die Scherfestigkeit des Bodenpakets erhöht werden. Auf diese Weise entsteht ein Verbundkörper, der in seinem Tragverhalten dem einer Schwergewichtsmauer gleicht. Zur Herstellung einer Bodenvernagelung wird zunächst die erste Bodenlage ausgehoben, darauf folgend

wall having a height of up to 16 m required the installation of ten nail rows and a nail length of up to 12 m. The shotcrete had to have a thickness of 15 to 20 cm.

Planning Soil Nailing

Soil nailing was dimensioned using a 2D FE-model (**Fig. 4**). Modeling was based on the data by the soil analysis and the calculation parameter of Prof. von Wolfersdorff. The load assumptions to be considered were determined according to the relevant requirements by Deutschen Bahn AG. On the basis of the planning results limits for the deformation of wall and the existing trackbody were identified (warning and alarm values). Following the standard, the relevant monitoring method was used, and the corresponding measuring levels were fixed with a distance of 10 m. In sensitive areas, the geodetical surveillance was carried out daily and in less sensitive areas weekly.

Execution of Soil Nailing

For soil nailing, a bar-shaped reinforcement, the so-called soil nail, is installed in the natural ground. Thus, the tensile and shear strength of the soil body is to be increased. In this way, a composite body is formed which is similar to a gravity dam in its structural behaviour. To carry out soil nailing, the first soil layer is excavated at the beginning, then the shotcrete surface is added with reinforcement. Now the soil nails are installed. The bores of the soil nails are grouted with cement mortar. The soil nails are firmly but without pretensioning connected with the shotcrete surface. Subsequently, the next layer is excavated. **Figure 5** shows the soil nailing with shotcrete surface for the Tunnel Hain. The bores were executed using a small drilling rig. The nail length amounts up to 12 m. According to the admission of the Deutsches Institut für Bautechnik (Centre of Competence for Construction) load tests with up to twice the work load were carried out at 95 soil nails (320 kN test load) (**Fig. 6**).



5 Spritzbetonarbeiten im Zuge der Herstellung der Bodenvernagelung im Bereich Tunnel Hain

Shotcrete works during soil nailing in the area of the Tunnel Hain



6 Zugversuch zur Bodennagelprüfung im Bereich Tunnel Hain

Tensile test for soil nailing analysis in the area of the Tunnel Hain

wird die Spritzbetonhaut mit einer Bewehrung aufgebracht. Anschließend erfolgt der Einbau der Bodennägel. Die Bohrungen der Bodennägel werden mit Zementmörtel verpresst. Die Bodennägel werden kraftschlüssig, aber ohne Vorspannung, mit der Spritzbetonhaut verbunden. Anschließend folgt die nächste Aushublage. **Bild 5** zeigt die Herstellung der Bodenvernagelung mit Spritzbetonhaut für den Tunnel Hain. Die Bohrungen wurden mit einem Lafettenbohrgerät ausgeführt. Die Nagellänge beträgt bis zu 12 m. Gemäß Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik wurden an 95 Bodennägeln Probelastungen bis zum Zweifachen der Gebrauchslast (320 kN Prüflast) durchgeführt (**Bild 6**).

Trogerstellung am Beispiel „Trog Aussiedlerweg“

Im Bereich des Bauwerks „Trog Aussiedlerweg“ liegt das Gelände bis zu 10,6 m über der geplanten neuen Bahntrasse, sodass der Bau einer Stützwand für den Einschnitt in das Gelände für die gesamte Länge von 380 m erforderlich wurde. Gemäß Ausschreibung und Beauftragung war für den Trog eine überschnittene Pfahlwand mit einem Pfahldurchmesser von 1200 mm herzustellen, die zweifach, teilweise auch dreifach rückzuverankern war. Die Pfahlänge beträgt bis zu 18 m. Die Ausführung der Pfahlarbeiten erfolgte im Zeitraum vom 1. Mai bis 30. Oktober 2014. Zur Herstellung der rückverankerten, überschnittenen Bohrpfahlwand wurden zwei BG 40 Drehbohrgeräte eingesetzt. Für die Bohrarbeiten zur Pfahlherstellung waren Bohrungen in Augengneis mit Festigkeiten von bis zu 80 kN/m² und einer Bodenklasse von sechs und sieben auszuführen. Anschließend erfolgte im Zeitraum von Oktober 2014 bis April 2015 die Ausführung der Ankerarbeiten. Die Rückverankerung der Pfahlwand wurde mit zwei Ankerbohrgeräten vom Typ Klemm KR 806 im Überlagerungsbohrverfahren mit Schnecke bzw. mit Imlochhammer ausgeführt. In diesem Bereich stand neben verwittertem Fels auch zum Teil sehr fester Fels an. Das Überlagerungsbohrverfahren für Ankerlochbohrungen kam auf fast der gesamten Baustelle zum Einsatz.

Letzte Rückbaumaßnahmen und Testbetrieb

Die wesentlichen Arbeiten von Bauer Spezialtiefbau wurden Ende des Jahres 2015 abgeschlossen. Bis voraussichtlich Mitte 2017 werden die noch notwendigen Rückbaumaßnahmen ausgeführt. Das im Jahr 2013 begonnene Bauprojekt befindet sich mit dem Innenausbau der vier Tunnelbauwerke im Endspurt. Das Projekt liegt dabei sowohl zeitlich als auch in Bezug auf die Kosten voll im Plan. 2016 konnte die Bahn die Rohbauarbeiten an den Tunneln abschließen und stellte die feste Fahrbahn fristgerecht fertig. Erste Testfahrten starten voraussichtlich im Mai 2017. Die Inbetriebnahme der Umfahrung ist Ende 2017 geplant. 

Trough Construction at the Example „Trough Aussiedlerweg“

In the range of the structure „Trough Aussiedlerweg“ the area is up to 10.6 m above the planned new railway line; therefore a support wall for cutting into the area along the total length of 380 m was necessary. According to the tender documents and the project award, a secant pile wall having a diameter of 1200 mm had to be constructed for the trough which had to be tied back twofold and in parts also threefold. Pile length amounts up to 18 m. Piling was executed in the period 1 May to 30 October 2014. Two BG 40 drilling rigs were used for constructing the tied back secant bored pile wall. The drilling works for the pile installation comprised bores into augen gneiss, having a strength of up to 80 kN/m² and a soil class between six and seven. Later on, the anchoring works were carried out in the period of October 2014 to April 2015. The pile wall was tied back with two anchor rigs of the type Klemm KR 806 using the overlapping drilling method with auger and/or down-the-hole hammer. In this area apart from weathered rock also very hard rock was found in parts. The overlapping drilling method for anchor bores was used on almost the complete project site.

Dismantling Measures and Test Operation

Bauer Spezialtiefbau's essential works were completed by end of 2015. The dismantling measures still required will be executed until the middle of 2017. The bypass project has been under construction since 2013. With the tunnels being equipped for operation, the project is on schedule with regard to time and budget. In 2016 the Deutsche Bahn finished the structural works and the installation of the slab track as planned. The test operation is due to begin in May 2017, and the bypass is scheduled to be put into operation by the end of the year. 

Jetzt anmelden

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.

30. Mai bis 1. Juni 2017 in Luzern

Colloquium, 30. Mai

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 Basis-tunnel, Albvorlandtunnel, Oslo-Ski

Exkursionen, 1. Juni

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

Informationen zum Tagungsprogramm und Anmeldung:

www.swisstunnel.ch



Quelle/credit: Basler & Hofmann AG/Stefan Kubli, mit Genehmigung Marti AG, Bern



FGU Fachgruppe für Untertagbau
GTS Groupe spécialisé pour les travaux souterrains
GLS Gruppo specializzato per lavori in sotterraneo
STS Swiss Tunnelling Society

Schalungskonzepte für Ortbeton-Tunnel in offener Bauweise

Zunehmende Urbanisierung wird bis zum Jahr 2030 dazu führen, dass mehr als fünf Milliarden Menschen in städtischen Zentren leben [1]. Neben der digitalen Vernetzung ist es erforderlich, die stark wachsenden Ballungsräume mit schnellen Verkehrsadern miteinander zu verbinden. EU-Programme zur Erschließung des Europäischen Binnenmarktes wie TEN-T umfassen Konzepte zum Ausbau von 58 000 km Fernstraßen, 70 000 km Schienenstrecke und 12 000 km Binnenstraßen bis zum Jahr 2020. Demzufolge wird künftig auch der Tunnelbau eine noch wesentlichere Rolle spielen.

Formwork Concepts for in-situ Concrete Cut-and-Cover Tunnels

Increasing urbanisation will lead to more than five billion people living in large cities by 2030 [1]. In addition to digital networking, it is necessary to provide mobility for these fast-growing metropolitan areas with rapid transportation routes. EU programmes for the development of the European Single Market like TEN-T include plans for the building of 58 000 km of long-distance roads, 70 000 km of railway lines and 12 000 km of national roads by 2020. As a result of this, tunnelling will play an even more significant role in the future.

Ing. Christian Heuböck, Head of Competence Center Tunnels, Doka Group, Amstetten, Österreich/Austria

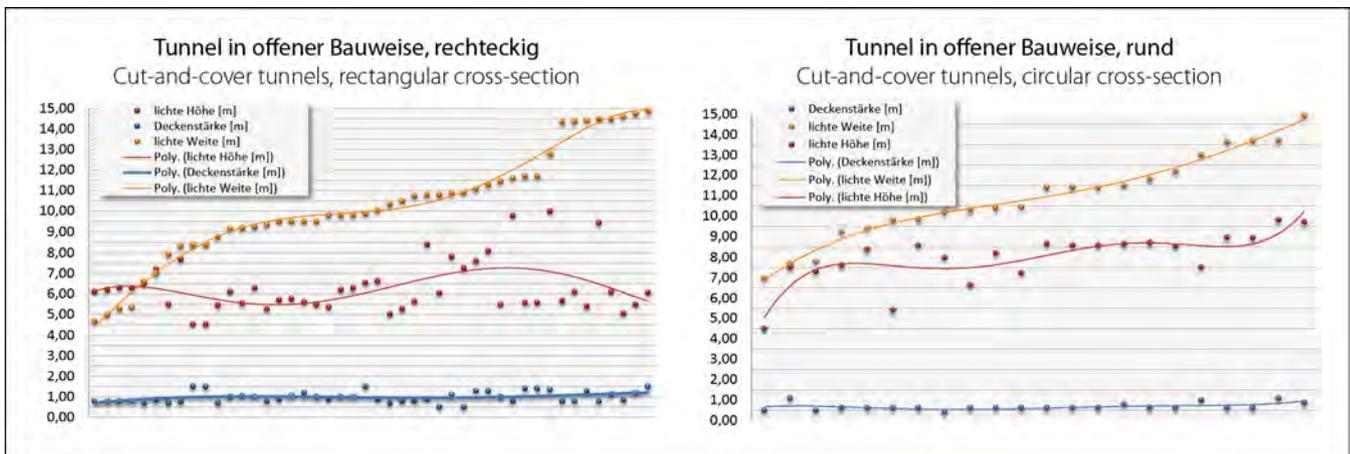
Dr. Tino Bretschneider, Senior Engineer Doka North America, Little Ferry, USA

Dr. Alexander Reinisch, Research & Development, Doka Group, Amstetten, Österreich/Austria



Quelle/credit (2): Doka

- 1 Beim Bahntunnel Imberg entstanden im Zuge der Neubaustrecke Wendlingen–Ulm 279 m Tunnel in offener Bauweise
279 m of cut-and-cover tunnel were constructed for the Imberg rail tunnel on the new line Wendlingen–Ulm



2 Von Doka ausgeführte Projekte in offener Bauweise

Cut-and-cover projects carried out by Doka (blue = slab thickness [m]; yellow = clear span [m]; red = clear height [m])

In Deutschland sind Tunnelprojekte mit einer relativ konstanten Auffahrlänge von rund 170 km pro Jahr zu erwarten. Aus Sicht der Schalungshersteller sind diese Projekte von hohem Interesse. Zum Jahreswechsel 2015/16 wurden in Deutschland im Vergleich zum Schildvortrieb (42,3 %) und der Spritzbetonbauweise (44,0 %) lediglich 13,6 % in offener Tunnelbauweise (**Bild 1**) erstellt [2]. Das europäische Gesamtpotenzial ist jedoch durch den Bau neuer U- und S-Bahnlinien in Paris und London, Straßentunnel in Norwegen, Absenktunnel in der Ostsee usw. wesentlich höher.

Wirtschaftlichkeit der Schalungstechnik

Für den Teilbereich der offenen Tunnelbauweise ist es heute möglich, mietbare Schalungssysteme einzusetzen, die speziell auf die Bauweise und Bauwerke abgestimmt sind. Eine Auswertung der Entwurfsgrundlagen und Ausschreibungsunterlagen der Bahn- und Straßenbetreiber sowie die Analyse abgewickelter Projekte ermöglicht hier eine aussagekräftige Einschätzung der künftig zu erwartenden Bauwerksgeometrien (**Bild 2**).

Schalungssysteme sind dann wirtschaftlich, wenn alle Komponenten bestmöglich ausgelastet sind und die Montage und Bedienung rasch durchführbar ist. Dies erfordert hoch tragfähige, optimal dimensionierte Komponenten (**Bild 3**): Zu hohe Tragfähigkeit führt zu nicht ausgelasteten Systemen und höheren Kosten; schwächer dimensionierte Komponenten führen zu kleinteiligem Design und somit zu höheren Montage- und Bedienungsaufwänden.

Eine ganzheitliche Betrachtung zeigt jedoch, dass die optimale Auslastung der Schalungskomponenten alleine nicht reicht, um zu wirtschaftlichen Ergebnissen zu kommen. Vielmehr sind alle Phasen des Projektes zu betrachten, um Aufwände zu reduzieren und die Qualität sicherzustellen.

Bereits bei der Grundmontage ermöglicht das Vormontieren der Schalungskomponenten im Werk des Herstellers enorme Einsparungen. Arbeitsschritte wie das Abladen von Einzelkomponenten, zwischenlagern, wieder auslagern, Richtboden bauen usw. können so zu einem großen Teil vermieden werden.

In Germany, tunnel projects with a relatively constant cumulated length of about 170 km per year are to be expected. From the formwork manufacturers' point of view these projects will be of great interest. At the turn of the year 2015/16, only 13.6 % of tunnel projects were cut-and-cover (Fig. 1), compared to mechanically bored (42.3 %) and the shotcrete method (44.0 %) [2]. The overall European potential is however considerably higher due to the construction of e.g. new underground and rapid transit lines in Paris and London, road tunnels in Norway and submerged tunnels in the Baltic.

Cost-Effectiveness of the Formwork Technology

In the partial sector of cut-and-cover tunnel building, it is possible today to use rented formwork systems specially designed for this construction method and structures. Assessment of the design guidelines and tender documents of rail and road operators and analysis of already completed projects permits a reliable estimation of the structural geometries to be expected in the future (**Fig. 2**). Formwork systems are economical when all the components are highly utilized and assembly and operation can be carried out efficiently. This demands high capacity, optimally dimensioned components (**Fig. 3**): if the load-bearing capacity is too high, systems are not fully utilized and higher material costs arise; low capacity components lead to small-scale design and thus to higher assembly and operating costs.

An overall economic consideration shows however that optimal utilisation of the formwork components alone is not sufficient to achieve economic results. Rather more, all phases of the project have to be considered in order to reduce expense and ensure quality.

Already at the stage of initial assembly, preassembly of formwork components at the workshop of the manufacturer can offer enormous savings. Working steps like the unloading of individual components, intermediate storage, taking from storage, building an assembly floor etc. can be largely avoided. The assembly of formwork parts at the workshop also ensures higher quality. Also the tensioning of bolted connections in accordance with standard and the bending and sealing of formwork panels are considerably more economical

Darüber hinaus stellt die Montage von Schalungsteilen im Werk eine höhere Qualität sicher. Das normgemäße Vorspannen von Schraubverbindungen sowie das Biegen und Versiegeln von Schalungsplatten ist in einer Halle witterungsunabhängig und unter Verwendung von Montage- und Hebevorrichtungen wesentlich wirtschaftlicher als auf der Baustelle (**Bild 4**).

Sicherheit ist oberstes Gebot

Eine schnelle und sichere Endmontage auf der Baustelle erfordert eine umfangreiche Montageanleitung, die bei hydraulischen Schalwagen den Anforderungen der Maschinenrichtlinie laut EN ISO 12100:2011 [3] entsprechen muss. Um diese Anforderungen wirtschaftlich zu erfüllen, werden in der Projektplanung schalungsspezifisch optimierte Risikobeurteilungstools verwendet, die ein einfaches Betrachten sämtlicher Lebenszyklen, die Erfassung von Arbeitsschritten und vorhersehbarer Fehlanwendungen sowie eine Dokumentation von Risiken und Gegenmaßnahmen ermöglichen. Die Ergebnisse dieser Betrachtung werden in umfassenden Montage- und Betriebsanleitungen dokumentiert. Dies stellt für das bauausführende Unternehmen sicher, dass die gesetzlichen Anforderungen erfüllt und keine Verzögerungen durch Sicherheitsmängel beim Schalungssystem zu erwarten sind. Die Montage- und Betriebsanleitungen des Schalungsherstellers dienen als fundierte Basis für die Gefährdungsbeurteilung.

Baustellen-Montageservice

Einige Schalungshersteller bieten zudem einen Baustellen-Montageservice an. Aufgrund der Routine dieser Teams können

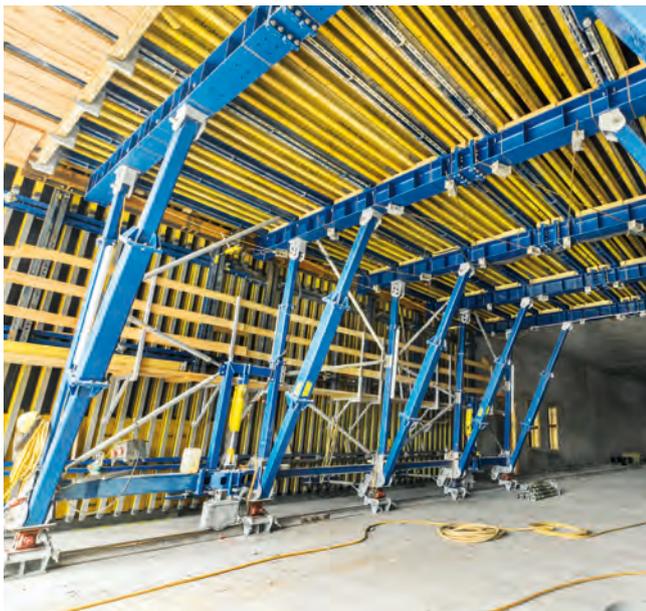
indoors, independent of the weather and using assembly and lifting tools, than on site (**Fig. 4**).

Safety is the first Priority

Rapid and safe final assembly on site requires extensive assembly instructions, which for hydraulic mobile formwork traveller have to comply with the requirements of the machines directive according to EN ISO 12100:2011 [3]. In order to fulfil these requirements economically, risk assessment tools specially optimized for formwork are used in the planning of the project. They allow for simple consideration of all lifecycles, the recording of working steps and documentation of risks and countermeasures. The results of this process are documented in comprehensive assembly and operating instructions, which ensures for the contractor that the legal requirements are fulfilled and no delays have to be expected due to safety issues with the formwork system. The assembly and operating instructions are provided by the formwork manufacturer serve as a sound basis for the assessment of hazards.

Site Assembly Service

Some formwork manufacturers additionally offer a site assembly service. Thanks to the routine of these teams, formwork travellers for cut-and-cover can be handed over "ready for forming" about 2–3 weeks after the delivery of the material (**Fig. 5**). When all agreed covenants are met, the cost contingency for formwork assembly becomes a nearly zero for the contractor. Also later malfunction liability claims can be dealt with more easily, presuming the given service intervals for the formwork traveller are met.



3 Baustelle Südgürtel Graz: Beispiel eines optimierten Systems mit nur fünf Gesperreebenen auf 12 m Betonierabschnittslänge bei bester Auslastung aller Schalungskomponenten.

Südgürtel Graz site: example of an optimised system with only five locking levels in 12 m concreting lengths with the best utilisation of formwork complements.



4 Die Montage von Schalungsteilen im Werk ermöglicht Einsparungen und stellt eine höhere Qualität sicher

The assembly of formwork elements in the workshop enables savings and ensures higher safety



5 Montage des Tunnelschalwagens auf der Baustelle Tunnel Imberg
Assembly of the tunnel formwork carriage at the site of the Imberg Tunnel

Schalwagen für die offene Bauweise rund 2–3 Wochen nach der Anlieferung des Materials „fertig zum Einschalen“ an die Baustelle übergeben werden (Bild 5). Bei Einhaltung aller zu stellenden Rahmenbedingungen wird das „Kalkulationsrisiko Schalungsmontage“ für das Bauunternehmen zu einem fix kalkulierbaren Wert. Spätere Gewährleistungsforderungen lassen sich ebenfalls leichter abwickeln – vorausgesetzt, dass vorgegebene Serviceintervalle der Schalwagen eingehalten werden.

Beschreibung eines Regelablaufes

Nach dem Betonieren des Querschnittes werden zuerst die Wandschalungsanker gelöst und die Stirnabschalung ausgeschalt. Erfahrungen haben gezeigt, dass das händische Lösen der Anker bis zu einer Ankerdimension von 20,0 mm (bei Auslastung lt. DIN18216:1986-12 [4]) problemlos möglich ist. Zudem sind bei der Verwendung des Ankersystems 20,0 mm im selben Querschnitt 40 % weniger Schalungsanker als beim Ankersystem 15,0 mm erforderlich. Zeitmessungen haben gezeigt, dass bei wiedergewinnbaren Wandschalungsankern nach etwa 5–8 Betonierabschnitten der Break-even-Point erreicht ist. Das heißt, das tragfähigere, jedoch teurere Ankersystem 20,0 mm wird insgesamt wirtschaftlicher.

Auch das Ein- und Ausschalen der Stirnabschalung ist bei vielen Tunnelbauwerken zeitaufwändig. Hier ist es von enormer

Description of a standard Procedure

After the casting of a cross-section, first the wall formwork ties are released and the bulkhead formwork is struck. Experience has shown that manual releasing of ties up to a size of 20 mm is possible without difficulty (maximum loaded according to DIN18216:1986-12 [4]). When 20 mm ties are used, 40 % less ties are needed compared to the same cross-section with 15 mm ties. Time measurements have shown that reusable ties have reached a break-even point after about 5–8 casting cycles. This means that stronger but more expensive 20 mm tie systems are overall more economical.

The forming and striking of the bulkhead formwork is laborious in many tunnels. An extensive study of the structure is important to find the starter bars, waterstop detail, joint dowels etc. in order to produce the best-possible solution for the site. For example, it is reasonable to fabricate parts of the wall formwork in steel in order to exclude damage to plywood formwork by the starter bars of the base slab on striking. For the slab bulkhead panels, on the other hand, it is more relevant to coordinate the waterstops with steel fixing and make the panels suitable for separation and cleaning. For striking of the slab bulkhead it is advantageous to move the form horizontal back to prevent damage to the waterstops. Afterwards the form traveller can be lowered and cycled forward (Fig. 6).

Wichtigkeit, das Bauwerk zu studieren und Anschlussbewehrung, Fugenbandführung, Fugenverdübelungen usw. zu kennen, um baustellenspezifisch die bestmögliche Lösung zu erarbeiten. Beispielsweise macht es Sinn, Teile der Wandabschalung aus Stahlpaneelen zu fertigen, um Beschädigungen einer hölzernen Schalhaut durch die Anschlussbewehrung der Bodenplatte beim Ausschalen auszuschließen. Bei den Abschalpaneelen der Decke ist es dagegen relevant, den Einbau der Fugenbänder mit dem Bewehrungseinbau abzustimmen und die Paneele entsprechend teil- und reinigbar auszuführen. Beim Ausschalen ist es dann optimal, die Paneele mittels einer Schlittenlösung erst parallel rückzufahren, um ein Beschädigen der Fugenbänder beim Absenken zu vermeiden (**Bild 6**). Erst danach kann der Schalwagen abgesenkt und vorgefahren werden.

Betonfestigkeit

Vor dem Absenken des Schalwagens ist es erforderlich, die Betonfestigkeit zu bestimmen. Diese kann mittels klassischer Methoden, wie einer Festigkeitsprüfung nach DIN EN 12390-1 bis 3, durchgeführt werden, was für den laufenden Baubetrieb einen überaus großen Aufwand darstellt. Der Aufwand liegt darin, dass die Prüfwürfel erstellt, gelagert und für die Druckfestigkeitsprüfung für jeden Prüfzeitpunkt separat zum Labor gebracht werden müssen. Die Methode der Baustellenlagerung hat darüber hinaus den Nachteil, dass man keine Messwerte über die kontinuierliche Festigkeitsentwicklung erhält, da meistens nicht genug Würfel vorhanden sind.

Die Wärmeentwicklung von Prüfwürfeln entspricht bei der Baustellenlagerung nicht unbedingt jener im Bauteil. Besonders im Winter und Sommer können signifikante Abweichungen auftreten. Die Methode der Würfellagerung ist daher nur unter bestimmten Rahmenbedingungen aussagekräftig.

Eine zeitgemäße Alternative ist die zerstörungsfreie, onlinebasierte Echtzeitmessung der Wärme- und Festigkeitsentwicklung des jungen Betons im Bauteil. Man spricht hier von Betonmonitoring-Systemen, welche auf der Reifegradmethode basieren, wie z. B. das Concremote-System von Doka.

Ohne Hilfsunterstellung

Bei der offenen Tunnelbauweise wird oftmals ein Wochentakt für die Herstellung der Betonierabschnitte angestrebt. Vom Ende der Betonage bis zum Absenken und Versetzen des Schalwagens vergehen erfahrungsgemäß 3–3,5 Tage. Vor Ablauf dieser Zeit ist es wichtig zu wissen, welche Druckfestigkeit der Beton erreicht hat. Anhand der Festigkeit

Concrete Strength

Before lowering the formwork traveller, it is necessary to determine the concrete strength. This can be done by traditional methods such as strength testing according to DIN EN 12390-1 to 3, which is a great effort on a running construction site. The workload is caused by the concrete test specimens having to be made, stored and transported to the laboratory for compression testing each test time. The methodology of storage on site has the disadvantage that no information is obtained about continuous strength development since usually the number of test specimens is not sufficient.

The temperature development of test specimens stored on site does not necessarily correspond to the one in the structure. Particularly in winter and summer, there can be significant deviations. The method of storing test specimens on site is therefore only reliable under certain conditions.

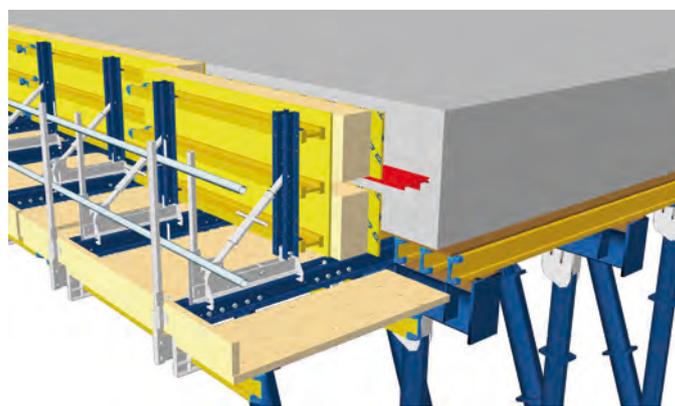
A modern alternative is non-destructive, online-based real time measurement of the temperature and strength development of the young concrete in the structure. This is described as a concrete monitoring system, based on the maturity method, like for example the Concremote system from Doka.

Without reshoring

In cut-and-cover tunnelling, a weekly cycle sequence is the target. Based on experience it takes 3–3.5 days from the end of casting until lowering and moving the formwork traveller. Within this timeframe, knowledge about the concrete strength development is necessary. Knowing the strength, decisions about reshoring requirements can be made.

In DIN 1045-3 and the DBV bulletin for concrete formwork and striking times, guideline figures are given for striking. A very conservative concrete strength development and a load utilisation factor of 70 % (70 % of the final state E_{d28}) were assumed for the calculation of these guideline figures. Due to these conservative assumptions, the maintenance of the cycle times seems impossible.

For the example of a cut-and-cover tunnel with a slab thickness of 60 mm and using concrete of grade C30/37/XF2 (medium strength development), the striking time according to the DBV bulletin with a load utilisation factor $\alpha_0 = 0.70$ and a structure temperature or ambient temperature $\geq 15^\circ\text{C}$ is 8 days. At winter temperatures between 5 and 15 °C structure temperature or ambient temperature, the striking time increases to 12 days. Striking times based on verification of the strength or the maturity method in summer are about 2 to 2.5 days, and in winter between 3 and 4 days. If the necessary concrete strength to maintain the cycle time is not



6 Beim Ausschalen ist es optimal, die Paneele mit einem Abschalschlitten erst parallel rückzufahren, um eine Beschädigung der Fugenbänder beim Absenken zu vermeiden

When striking, it is optimal first to draw the panels back on a slide in order to avoid damage to the waterstops through lowering

lässt sich entscheiden, ob eine Hilfsunterstellung notwendig sein wird.

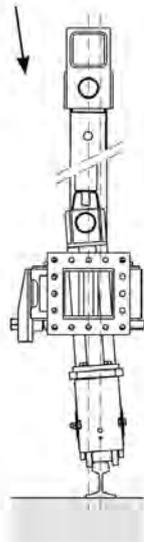
In der DIN 1045-3 und im DBV-Merkblatt „Betonschalungen und Ausschalfrieten“ sind Richtwerte für das Ausschalen angegeben. Zur Berechnung dieser Richtwerte wurden sehr konservative Betonfestigkeitsentwicklungen und ein Lastausnutzungsfaktor von 70 % (70 % des Endzustandes, Ed28) herangezogen. Durch diese konservativen Annahmen ist ein Einhalten der Taktzeiten alleine auf Basis der Richtwerte nicht möglich.

Anhand eines Beispiels für einen Tunnel in offener Bauweise mit einer Deckenstärke von ca. 60 cm und unter Verwendung eines Betons C30/37/XF2 (mittlere Festigkeitsentwicklung) liegt die Ausschalffrist gemäß DBV-Merkblatt, mit einem Lastausnutzungsfaktor $\alpha_0 = 0,70$ und einer Bauteiltemperatur bzw. Umgebungstemperatur $\geq 15^\circ\text{C}$, bei 8 Tagen. Bei winterlichen Temperaturen zwischen 5 und 15°C Bauteiltemperatur bzw. Umgebungstemperatur erhöht sich die Ausschalffrist auf 12 Tage. Die Ausschalfrieten mittels Nachweis der Festigkeit über die Reifegradmethode liegen im Sommer bei ca. 2 bis 2,5 Tagen und im Winter zwischen 3 und 4 Tagen. Erreicht man etwa im Winter nicht die benötigte Ausschalffestigkeit zur Einhaltung des Taktes, ist es unter Einbindung des Betonherstellers möglich, über eine Optimierung des Betons (z. B. Erhöhung der Frischbetontemperatur, Anpassung der Zemente) dennoch den Wochentakt einzuhalten.

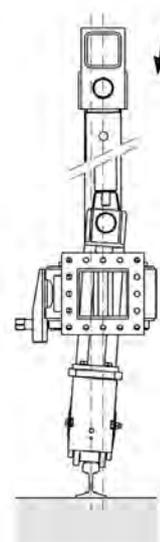
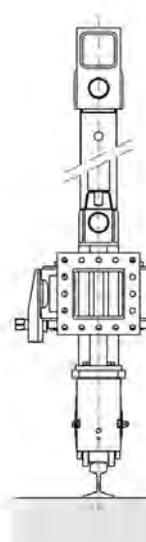
Die Methode zur Ermittlung der Wärmentwicklung und Betonfestigkeit über die Reifegradmethode wird in Deutschland in folgenden technischen Unterlagen und Normen behandelt bzw. kann in deren Anwendungsrahmen verwendet werden:

- DBV-Merkblatt, Betonschalungen und Ausschalfrieten. Berlin, DBV 2013
- DIN 1045-3:2012-03: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3, Anwendungsregeln zu DIN EN 13670. Berlin, Beuth 2012
- DIN EN 13670:2011-03, Ausführung von Tragwerken aus Beton. Berlin, Beuth 2011
- ZTV-ING, Verkehrsblatt-Sammlung Nr. S 1056 – Vers12/2013, der Bundesanstalt für Straßenwesen. Dortmund, Verkehrsblatt-Verlag 2013
- DAfStb Massige Bauteile aus Beton:2010-04. Berlin, Beuth 2010

Drehung der Stellschraube nach rechts
Turning the adjusting screw to the right



Drehung der Stellschraube nach links
Turning the adjusting screw to the left



7 Elektrohydraulische Hubeinrichtung
Electro-hydraulic lifting apparatus

reached in winter, the concrete producer might optimise the concrete mixture (e.g. raising the wet concrete temperature, adaptation of the cement) to maintain the weekly cycle.

The method of determining the heat development and the concrete strength is regulated in Germany in the following technical standards and documents, and can be applied within their scope:

- DBV bulletin for concrete formwork and striking times. Berlin, DBV 2013
- DIN 1045-3:2012-03: Concrete, reinforced concrete and prestressed concrete structures – Part 3, Application rules for DIN EN 13670. Berlin, Beuth 2012
- DIN EN 13670:2011-03, Execution of concrete structures. Berlin, Beuth 2011

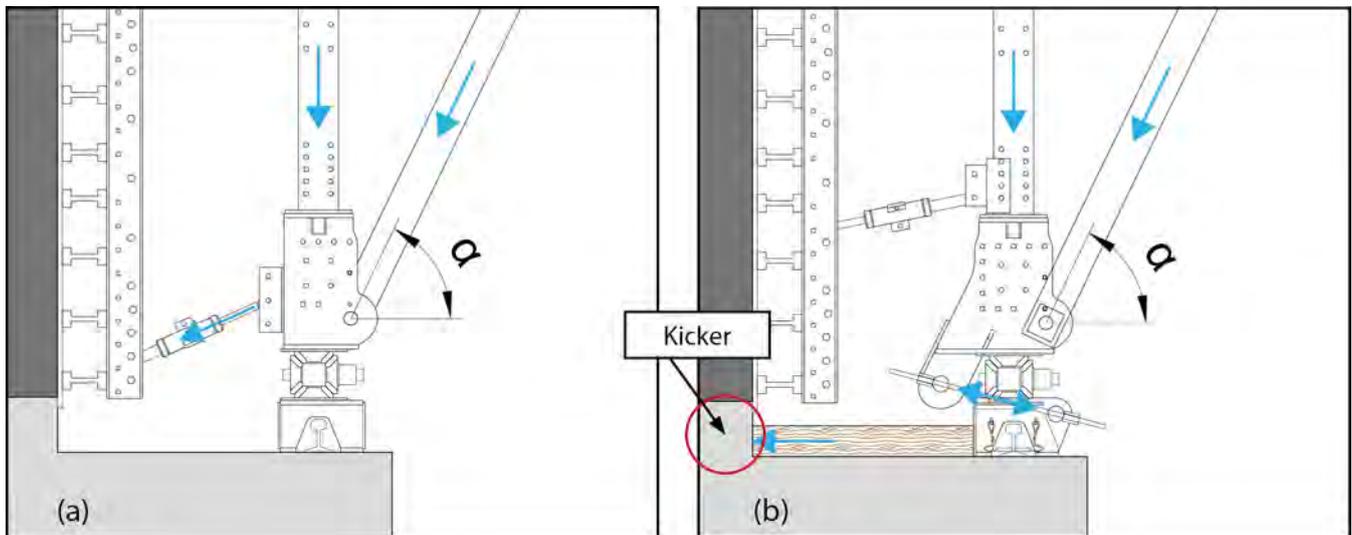
- ZTV-ING, Verkehrsblatt-Sammlung Nr. S 1056 – Vers12/2013, der Bundesanstalt für Straßenwesen. Dortmund, Verkehrsblatt-Verlag 2013
- DAfStb Massige Bauteile aus Beton:2010-04. Berlin, Beuth 2010

It should be pointed out that the technology for real-time monitoring enables clients, contractors and concrete producers to easily document the construction process as part of quality assurance and take actions based on the measured data. It is also possible to ensure the planned schedule or perhaps even to accelerate it. The concrete monitoring described above is another important step in the direction of „integral construction“ and thus makes its contribution to modern quality assurance.

Rapid Turnaround of the Formwork

Once the strength is verified and documented, the work can proceed quickly: within only two hours (with four men), $200\text{--}300\text{ m}^2$ of formwork can be lowered, driven forward hydraulically and brought to the new working position. This is demonstrated by current experience from the Imberg Tunnel on the new line Wendlingen–Ulm (Germany). A small number of shoring frames together with special designed bearing points makes it possible to relieve the vertical and horizontal support elements at the same time. The formwork traveller remains stationary on its electro-hydraulic lifting apparatus to largely avoid undefined loads when the traveller is lowered.

After the lowering wedges have been relieved (these remain fixed to the traveller and thus move with it), the traveller is moved forward on rails to the next casting step. The use of rails proved to be



8 Lastabtrag des Schalwagens direkt über die geschlossene Schalung (a) oder im unteren Bereich des Kickers (b)
Load transfer from the formwork carriage directly through the closed formwork (a) or into the lower part of the kicker (b)

Quelle/Credit (2): Doka

Hervorzuheben ist, dass die Technologie des Echtzeitmonitorings den Bauherren, Bauunternehmern und Betonherstellern ermöglicht, den Bauprozess im Zuge der Qualitätssicherung einfach zu dokumentieren und aus den Messdaten Maßnahmen abzuleiten. Des Weiteren ist es möglich den geplanten Bauablauf zu sichern sowie fallweise sogar zu beschleunigen. Das vorgenannte Betonmonitoring ist ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung „Integrales Bauen“ und leistet damit seinen Beitrag zu einer modernen Qualitätssicherung.

Schnelles Umsetzen der Schalung

Wenn die Festigkeit nachgewiesen und dokumentiert ist, geht es zügig weiter: innerhalb von nur zwei Stunden (mit vier Mann) sind 200–300 m² Schalung abgesenkt, hydraulisch vorgefahren und am neuen Einsatzort in Position gebracht. Das belegen aktuelle Erfahrungen am Tunnel Imberg auf der Neubaustrecke Wendlingen–Ulm. Eine geringe Anzahl an Unterstellungsrahmen und ausgeklügelte Fußpunktstrukturen ermöglichen es, die vertikalen und horizontalen Abstützelemente gleichzeitig zu entlasten. Der Schalwagen bleibt dabei auf der elektrohydraulischen Hubeinrichtung stehen, um undefinierte Lasten beim Absenken des Wagens weitgehend zu vermeiden.

Nach dem Entspannen der Absenkkeile – die am Schalwagen befestigt bleiben und so gleich mitfahren – wird der Wagen auf Schienen in den nächsten Betonierabschnitt vorgefahren. Die Verwendung von Schienen hat sich beim Tunnel Imberg gegenüber anderen Verfahrenskonzepten (wie „Verfahren mit Panzerrollen in U Profilen“ oder „Verfahren mit Rädern auf Beton“) bestens bewährt. Viele Bauunternehmen verfügen über S 49-Schienen. Damit lassen sich Lasten beim Verfahren optimal in die Fundamentplatte verteilen und kleine Öffnungen und Fugen in der Fahrbahn überbrücken; Verschmutzungen fallen beim Verfahren von den Schienen ab. Systeme mit Allradantrieb können so auf trockenen, fettfreien Schienen Längs- und Querneigungen bis ca. 8 % abrollsicher durchfahren.

the best solution at the Imberg Tunnel compared to other travel systems such as moving on heavy-duty rollers in U-channels or travel with wheels on concrete. Many contractors already possess S 49 rails. The loading is optimally distributed over the foundation slab, small gaps and joints in the surface are bridged and dirt falls from the rails as the carriage travels. Systems with all-wheel drive can travel on dry, grease-free rails with longitudinal or transverse gradients of approximately up to 8 % without any danger of running away.

The tunnel formwork system DokaCC also enables relocation of the rails as the concrete is curing. The formwork traveller does not stand on the rails during casting but on elevated rail distance pieces instead. Travellers are often driven by hydraulic or electrically motorised double flanged wheels, which can effectively hold the travellers even against a transverse gradient. When the traveller has reached its new position, it is lifted with the optimised electro-hydraulic lifting apparatus and exactly positioned by the surveyor with a sideways adjustment apparatus. When the position is correct, just the lowering wedges have to be inserted and tensioned. It is particularly important here that the entire traveller and the lifting apparatus are sufficiently stiff, in order to enable simple adjustment even on transverse gradients (Fig. 7).

Repeated Casting

After the positioning of the formwork traveller, the installation of the bulkhead formwork and the placing of the formwork ties, the next section is casted. The load from the slab is transferred into the foundation through vertical or diagonal struts (Fig. 8). As far as possible tunnel foundations are used to save the costs of additional temporary foundations. Modern formwork systems can be used on strip foundations as well as on a closed base slab. Especially in tunnels supported on strip foundations, it should be considered that during casting of the slab, a large portion of the deadload of the slab is transferred into the strip foundation beside

Das Tunnelschalungssystem DokaCC ermöglicht darüber hinaus ein Umsetzen der Schienen während des Aushärteprozesses des Betons. Dabei steht der Schalwagen beim Betonieren nicht auf den Schienen, sondern auf aufgeständerten Lastschemeln. Das Verfahren der Wagen erfolgt dann oftmals mit hydraulisch oder elektromotorisch angetriebenen Doppel-Spurkranzrädern, die den Wagen auch bei Querneigungen wirkungsvoll in der Spur halten. Am Einsatzort angelangt, wird der Wagen mit der optimierten, elektrohydraulischen Hubeinrichtung angehoben und nach Vorgaben des Vermessers mit einer Querverschubeinrichtung exakt positioniert. Wenn die Position erreicht ist, sind nur noch die Absenckeile zu stellen und zu spannen. Hier ist es besonders wichtig, dass der gesamte Wagen sowie die Hubeinrichtung entsprechend steif ausgeführt sind, um speziell bei Querneigungen ein einfaches Justieren zu ermöglichen (Bild 7).

Erneute Betonage

Nach dem Einschalen, dem Einbauen der Abschaltung und dem Setzen der Schalungsanker wird der nächste Abschnitt betoniert. Der Lastabtrag aus der Decke erfolgt dabei über vertikale oder diagonale Stützen in das Fundament (Bild 8). Hier ist zu beachten, dass möglichst die vorhandenen Fundamente genutzt werden, da temporäre Fundamente unnötige Mehrkosten mit sich bringen. Moderne Schalungssysteme lassen sich sowohl bei Streifenfundamenten als auch bei geschlossener Bodenplatte einsetzen. Speziell bei Tunneln, die auf Streifenfundamenten aufsetzen, ist jedoch zu berücksichtigen, dass beim Betonieren der Tunneldecke ein Großteil des Eigengewichts der Decke in das Streifenfundament neben der aufgehenden Wand eingeleitet wird. Dies kann bei einigen Bauwerken zu unzulässigem Kippen und Gleiten des Wandfundamentes führen. Durchdachte Schalungssysteme nehmen hier Rücksicht und leiten die Lasten so ein, dass gemeinsam mit der Auflast der Wand keine unzulässigen Verschiebungen zu erwarten sind.

Das statische System „Schalwagen“

Das generelle statische System eines Schalwagens in Querrichtung ist in vielen Fällen ein einfacher Zweigelenrahmen. Hierbei bestimmt das Verhältnis von Riegelsteifigkeit zur Stielsteifigkeit und das Höhen- zu Breitenverhältnis die Horizontallast (Bild 9).

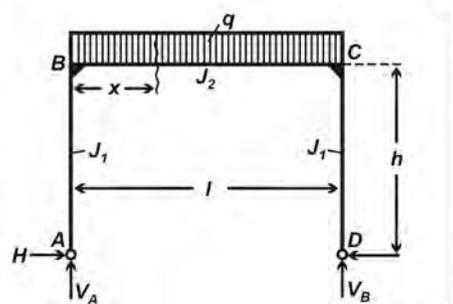
the wall axle. This can lead to unacceptable tilting and sliding of the wall foundations. Well designed formwork systems take this into account and transfer the loading in such a way that, together with the surcharge from the wall, no impermissible displacements are to be expected.

The static System “Formwork Traveller”

The general static system of the formwork traveller in the transverse direction is in many cases a simple two-hinged portal frame. In a two-hinged portal frame, the horizontal load is determined by the relationship of beam to column stiffness and height to width ratio (Fig. 9).

The lattice-like V-prop reduces the problem to a function of the two lengths l_1 and l_2 (alternatively the angle α), the height h and the beam stiffness (Fig. 10).

The graph in Fig. 11 shows that the horizontal load from the formwork traveller increases with a smaller angle α , but at the same time, flatter diagonals reduce the moment and deflection in the beam. Even if smaller moments and deflections are advantageous for the formwork traveller manufacturer, the caused higher horizontal loads require more attention. Alternatively, these horizontal loads can be restricted at the cost of the requirements to the beam section.



9 Auflagerreaktionen am Zweigelenrahmen unter Gleichlast

Support reactions of a two-hinged portal frame under equally distributed loading

$$V_A = V_B = \frac{q l}{2}$$

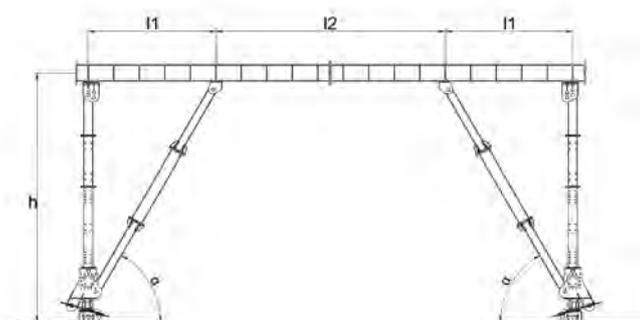
$$H = \frac{q l^2}{4h(2k+3)}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

Geotechnical Verification during Construction

A tunnel formwork traveller is normally supported by a continuous base slab or, under geologically favourable conditions, by a strip foundation. The critical static proofs are “limit state loss of equilibrium EQU: tilting”, “limit state overall stability GEO 2: by failure of the bearing resistance and sliding” and the limitation of joint opening in the limit state of serviceability:

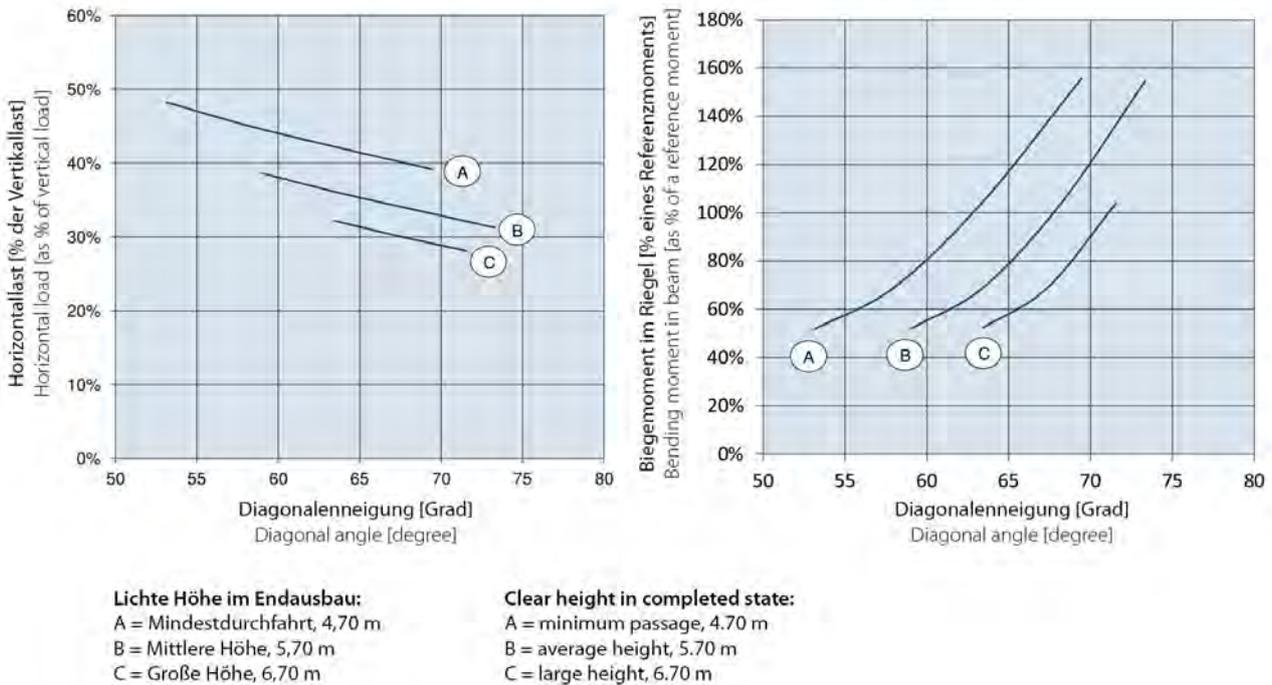
- DIN EN 1997-1:2014: Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 1: General rules; German version EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013. Berlin, Beuth 2014
- DIN 1054:2012-08: Subsoil – verification of the safety of earthworks and foundations – Supplementary rules to DIN EN 1997-1. Berlin, Beuth 2010



10 Aufgelöste Stütze/V-Stütze bei Schalwagen für die offene Bauweise

Separated support prop/V-support of formwork carriage for cut-and-cover tunnels

Quelle/Credit: Grafik nach Adolf Kleinlogel [5]



Quelle/credit (2): Doka

11 Prozentuale Horizontalkraft und relatives Moment für verschiedene Diagonalenreibungen und Tunnelhöhen
Percentage horizontal force and relative moment for various diagonal angles and tunnel heights

Durch die aufgelöste Stütze (V-Stütze) im Design herkömmlicher Schalungssysteme reduziert sich das Problem auf eine Funktion der zwei Längen l_1 und l_2 (alternativ des Winkels α), der Höhe h und der Riegelsteifigkeit (**Bild 10**).

In der Grafik im **Bild 11** ist leicht zu erkennen, dass die Horizontallast aus dem Schalwagen bei flacheren Diagonalen, kleiner Winkel (α), ansteigt. Gleichzeitig sinkt bei einer flacheren Diagonale die Momentenbeanspruchung und Durchbiegung im Riegel.

Auch wenn kleinere Momente und Durchbiegungen vom Schalwagenhersteller angestrebt werden, bedürfen die jedoch größeren Horizontallasten besonderer Beachtung. Alternativ sind diese Horizontallasten zu Ungunsten der Anforderungen an den Riegelquerschnitt zu beschränken.

Geotechnische Nachweise im Bauzustand

Eine Tunnelschalung wird üblicherweise entweder von einer durchgehenden Bodenplatte oder, bei geologisch günstigen Verhältnissen, von Streifenfundamenten getragen. Die kritischen Nachweise sind „Grenzzustand der Lagesicherheit EQU: Umkippen“, „Grenzzustand der Gesamtsicherheit GEO 2: Grundbruch und Gleiten“ sowie die Begrenzung der klaffenden Fuge in Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:

- DIN EN 1997-1:2014: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013. Berlin, Beuth 2014
- DIN 1054:2012-08: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1. Berlin, Beuth 2010

Especially for strip foundations, the geotechnical verifications during construction can be decisive. In the construction state, the foundations have normally not yet been backfilled and the passive ground resistance against the foundation as an additional resistance against sliding is lacking (**Fig. 12**).

Fig. 12 also shows that a certain degree of horizontal load H displaces the vertical load V from the formwork traveller positively in the direction of the center of the bearing surface. An excessive horizontal load, as can occur with flat diagonals in a wide-span tunnel, means at least more effort with the proof against sliding, if not additional constructive measures. For example according to DIN 1054:2010-12, more extensive calculations have to be made, if the horizontal load exceeds 20 % of the vertical one.

Local Load Transfer

One special static proofpoint is the load transfer of the horizontal forces from the formwork traveller into the foundation. Usual approaches are either directly through closed formwork (Fig. 8a) or to the lower side of the kicker (Fig. 8b).

The two possibilities differ. With variant 8a, the load-bearing capacity of the lowest formwork waler is critical. In this case the timber, if timber beams are being used, is loaded perpendicular to the grain. At the same time, the direct compression area is very small, acts significantly on the concrete edge and the position is comparatively higher than with variant 8b. Striking the wall formwork with variant 8a also leads to a change of the structural system, since there no longer any horizontal load resistance.

Speziell bei Streifenfundamenten können die geotechnischen Nachweise im Bauzustand maßgebend werden. Im Bauzustand fehlt üblicherweise die Hinterfüllung der Fundamente und damit auch der passive Erdwiderstand vor dem Fundament als zusätzliche Gleitbehinderung (**Bild 12**).

Bild 12 zeigt auch, dass ein gewisses Maß an Horizontalkraft H die Vertikallast V aus dem Schalwagen positiv in Richtung des Kernquerschnittes verschiebt. Eine übermäßige Horizontalkraft, wie sie bei eher flachen Diagonalen in weitgespannten Tunneln auftritt, bereitet zumindest einen höheren Aufwand im Gleitnachweis, wenn nicht auch zusätzlich konstruktive Maßnahmen erforderlich sind. Zum Beispiel müssen nach DIN 1054:2010-12 ab einer Horizontallast von 20 % der Vertikallast ausführliche Nachweise geführt werden.

Lokale Lasteinleitung

Einen speziellen Nachweispunkt stellt auch die Lasteinleitung der Horizontalkräfte aus dem Schalwagen in das Fundament dar.

Übliche Ansätze sind entweder direkt über die geschlossene Schalung (Bild 8a) oder auf der Unterseite des Kickers (Bild 8b). Beide Möglichkeiten unterscheiden sich. Zu beachten ist in der Variante 8a die Tragfähigkeit des untersten Schalungsträgers. Hier wird Holz – sofern ein Holzträger verwendet wird – senkrecht zur Faser beansprucht. Gleichzeitig ist die direkte Druckfläche sehr klein, liegt signifikant auf der Betonkante, und die Position ist im Vergleich höher zu der Variante 8b. Weiterhin führt das Ausschalen der Wandschalung bei der Variante 8a zu einer Änderung des statischen Systems, da der Horizontallastabtrag nicht mehr gegeben ist.

In der Variante 8b ergeben sich statische Vorteile: Die Last wirkt parallel zur Holzfaser und greift sowohl tiefer als auch weiter entfernt von der Betonkante an. Gleichzeitig kann die Wandschalung ausgeschalt werden ohne den Lastabtrag des Hauptsystems zu verändern. Neben der auf das Bauwerk optimierten Lastableitung ist die Entflechtung der Arbeitsschritte und die damit verbundene

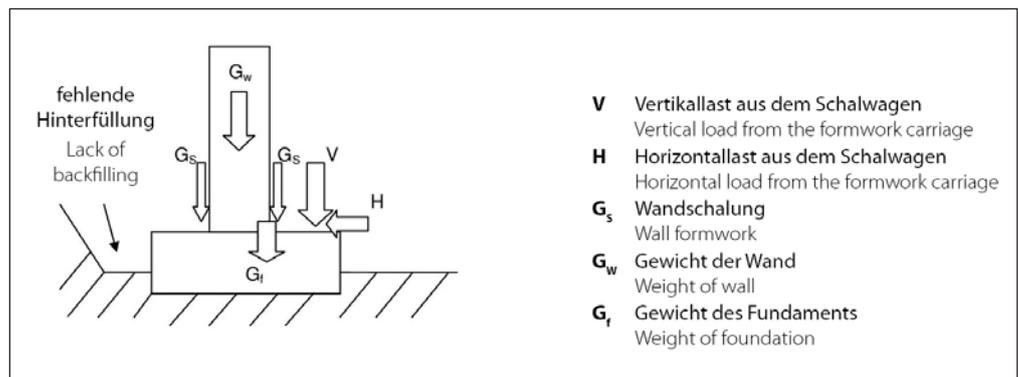
With variant 8b, there are structural advantages: the load acts parallel to the grain of the timber and acts deeper and further from the concrete edge. At the same time, the wall formwork can be struck without changing the load resistance of the main system.

In addition to the optimised load transfer to the structure, the separation of the working steps and the associated acceleration of the working sequence is a visible feature of a formwork system especially intended for cut-and-cover tunnels.

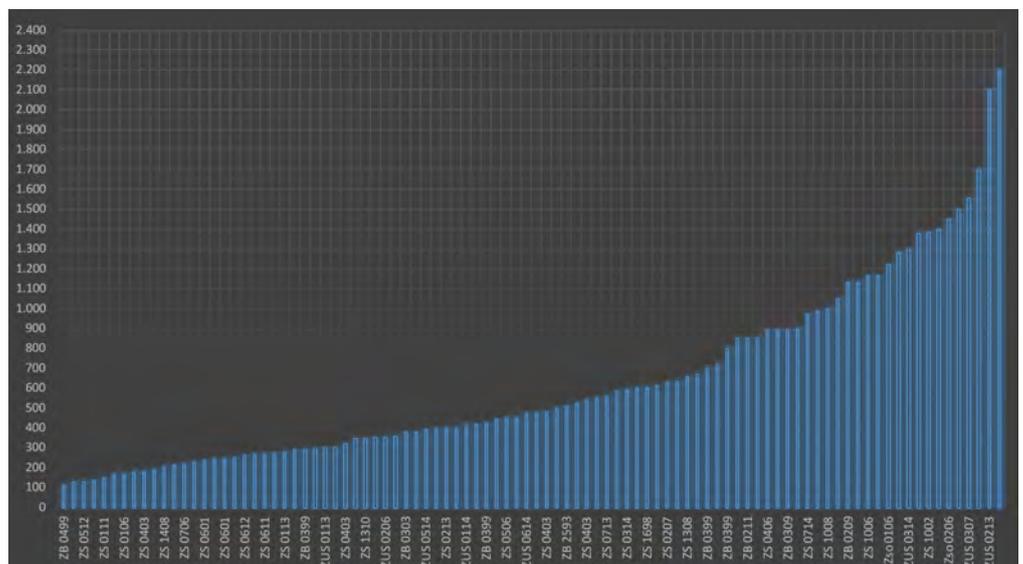
Maintaining the Working Cycle Speed

In addition to the choice of the correct formwork system, it is important right from the beginning to select the correct formwork sheeting for the particular construction project. According to tunnel statistics from STUVA, 40 tunnels less than 400 m long will be built in Germany in the next few years. Another 55 tunnels will have lengths of more than 400 m and up to 2200 m (**Fig. 13**).

Experience shows that formwork sheeting made of Finnish birch plywood with a coating thickness of 220 g/m² is suitable for up



12 Lasten am Fundamentkörper
Loads on foundation



13 Längenverteilung der Tunnel in Deutschland, die sich im Bau oder in der Planungsphase befinden (basierend auf der STUVA-Statistik Tunnelbau in Deutschland 2014/2015)

Distribution of the lengths of tunnels currently at the design phase or under construction in Germany (based on the STUVA statistics for tunnels in Germany 2014/2015)



Quelle/credit (2): Doka

14 Xface nach 59 Betoniereinsätzen in der Wand einer Tunnelschalung
Xface after 59 concreting pours in the wall of a tunnel formwork

Beschleunigung des Arbeitsablaufes ein sichtbares Merkmal eines auf die offene Bauweise abgestimmten Schalungssystems.

Im Arbeitstakt bleiben

Neben der Wahl des richtigen Schalungssystems ist es von Beginn an wichtig, die richtige Schalhaut für das jeweilige Bauvorhaben auszuwählen. Laut der Tunnelstatistik der STUVA werden in Deutschland in den nächsten Jahren 40 Tunnel in offener Bauweise gebaut, die kürzer als 400 m sind. Weitere 55 Bauwerke werden eine Länge von mehr als 400 m bis hin zu 2200 m aufweisen (**Bild 13**). Die Erfahrung zeigt, dass Schalhaut aus finnischem Birkenesperrholz mit einer Beschichtungsstärke von 220 g/m² für bis zu 40 Betoniervorgänge geeignet ist. Bei höheren Einsatzzahlen ist dagegen die Verwendung von modernen, kunstharzbeschichteten und faserverstärkten Schalhäuten empfehlenswert, da diese eine höhere Resistenz gegen Kratzer aufweisen. Dadurch wird ein Quellen und Absplittern der Oberfläche weitgehend reduziert, und es ist möglich, ohne Schalhautwechsel bis zu 100 Betoniervorgänge auszuführen. Bei Doka sind solche Schalhäute unter der Bezeichnung Xface erhältlich.

Hohe Einsatzzahlen

Bei höheren Anforderungen an die Betonqualität und Einsatzzahlen sind in der Regel phenolharzbeschichtete Birkenesperr-

to 40 casting steps. If the formwork is intended to be used more often, the use of modern resin-coated and fibre-reinforced sheeting should be recommended, since these show better resistance against scratching. Swelling and splitting of the surface are also considerably reduced and it is possible to use the formwork up to 100 times without changing the sheeting. Such formwork sheeting is available from Doka under the name Xface.

High Number of Reuses

If the requirements for concrete quality and number of reuses are increasing, phenol resin-coated birch plywood panels are the state of the technology. These often represent a good solution but have a few weaknesses (e.g. rippling, delamination, scratches). In order to compensate for these, the Xface panel has been developed. It is based on a large-format birch plywood panel with a special fibre-reinforced resin coating about 0.6 mm thick.

The Xface panel has more than ten times the abrasion resistance of a conventional Plex panel with 220 g coating. Tests in the laboratory (Taber Abraser) showed abrasion of the coating of Plex panels after 770 turnarounds, with Xface only after more than 10 000. The coating is also significantly more resistant to damage by the vibrator. It shows very good concrete separation and can under normal conditions be even used ten times without release agent.

holzplatten Stand der Technik. Diese stellen in vielen Fällen eine gute Lösung dar, haben jedoch einige Schwächen (z. B. Ripping, Delaminierung, Kratzer). Um diese zu kompensieren, wurde die Xface-Platte entwickelt. Sie basiert auf einer großflächigen Birkenperrholzplatte mit einer speziellen, ca. 0,6 mm dicken, faserarmierten Kunstharzbeschichtung.

Die Xface-Platte weist eine mehr als zehnfache Abriebfestigkeit gegenüber einer herkömmlichen Plex-Platte mit 220 g Beschichtung auf. Prüfungen im Labor (Taber Abraser) ergaben einen Durchrieb der Beschichtung bei Plex-Platten nach 770 Umdrehungen, bei Xface erst nach mehr als 10 000. Auch gegen Rüttlerbeanspruchung ist die Beschichtung der Platte deutlich widerstandsfähiger. Sie weist eine sehr gute Betontrennung auf und kann bei üblichen Bedingungen in bis zu 10 Einsätzen auch ohne Trennmittel verwendet werden.

Mit 59 Einsätzen lieferte die Xface-Platte auf der Tunnelbaustelle Südgürtel Graz in Österreich beste Ergebnisse. Laut Aussage der Bauleitung wären noch mindestens 40 weitere Einsätze möglich gewesen. **Bild 14** zeigt einen Ausschnitt der Platte in der Wand und **Bild 15** in der Decke der Tunnelschalung.

Zusammenfassung

Tunnel in offener Bauweise stellen einen nicht unerheblichen Anteil der auszuführenden Tunnelbauwerke weltweit dar. Die Optimierung der Bauprozesse in diesem Segment gewinnt daher stetig an Bedeutung und erfordert gleichzeitig den Einsatz neuer Technologien, um Aufwandswerte auf der Baustelle zu reduzieren, Prozesse zu beschleunigen und gleichzeitig die Qualität zu erhöhen. Umfangreiche Servicepakete, neue, optimierte Schalungssysteme, langlebige Schaloberflächen und Betonmonitoring leisten hier einen erheblichen Beitrag, um diese Ziele zu erreichen. ☺



15 Ausschnitt einer Xface-Platte aus dem Deckenbereich der Tunnelschalung nach 59 Betoniereinsätzen. Trotz einer Vielzahl von Nagellöchern ist die Oberfläche noch gut für weitere Betoniereinsätze geeignet

Excerpt of an Xface panel from the deck area of the tunnel formwork after 59 concrete pours. Despite the many nail holes, the surface is still suitable for further concrete pours

The Xface panel delivered the best results at the site of the Südgürtel Graz Tunnel in Austria with 59 uses. According to the statement of the site management, at least 40 additional reuses would have been possible. **Fig. 14** shows a section of the panel in the wall and **Fig. 15** in the slab of the tunnel formwork

Summary

Cut-and-cover tunnels represent a considerable proportion of the tunnels under construction in the world. Optimisation of construction processes in this segment is therefore constantly gaining significance and at the same time demands the application of new technologies, processes to accelerate and also increase quality. Extensive service packages, long-lived formwork surfaces and concrete monitoring make a considerable contribution to achieving these aims. ☺

Literatur/References

- [1] Bevölkerungsfonds der Vereinten Nationen, <http://www.unfpa.org/urbanization> (Abrufdatum:12.10.2016)
- [2] STUVA Tunnelbaustatistik 2015/2016, Stichtag zum Jahreswechsel 2015/2016, <http://www.stuva.de/tunnelbau-bautechnik/statistik.html> (Abrufdatum:14.12.2016)
- [3] DIN EN ISO 12100:2011. Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung/ Safety of machinery – general principles of design – risk assessment and risk reduction, Berlin, Beuth. 2011
- [4] DIN 18216:1986-12. Schalungsanker für Betonschalungen; Anforderungen, Prüfung, Verwendung/Formwork ties: requirements, testing, use. Berlin, Beuth. 1986
- [5] Adolf Kleinlogel, Rahmenformeln, Berlin, Ernst und Sohn, 1914, Seite 57

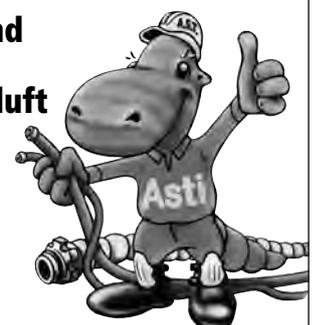
A.S.T. Bochum

Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik

Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik für Beton, Wasser und Pressluft

A.S.T. Bochum GmbH
Kolkmannskamp 8
D-44879 Bochum

fon: 00 49 (0) 2 34/5 99 63 10
fax: 00 49 (0) 2 34/5 99 63 20
e-mail: info@astbochum.de



Deutschland

U-Bahn-Tunnel U4, Hamburg: Im Wochentakt von der Hafencity zu den Elbbrücken

Die Hafencity Hamburg ist das größte innerstädtische Stadtentwicklungsprojekt Europas. Zur Anbindung der östlichen Quartiere an den Nahverkehr wird derzeit im Auftrag der Hamburger Hochbahn AG die U-Bahn-Linie U4 in Richtung der Elbbrücken erweitert.

Der im Dezember 2012 eröffnete Hamburger U-Bahnhof Hafencity Universität stellt die Endstation der jetzigen U4-Linie dar. Die Verlängerung nach Südosten hin zum neuen Haltepunkt „Elbbrücken“ ist mit insgesamt 1,3 km Länge derzeit die längste Baustelle in Hamburgs Stadtgebiet. Der Weiterbau der U4 stellt die Weichen, um rund 2800 Wohnungen und 20 000 Arbeitsplätze der beiden neu entstehenden Quartiere Baakenhafen und Elbbrücken an den Nahverkehr anzubinden.

Die Streckenführung verläuft größtenteils in ca. 20 m Tiefe unterhalb der Versmannstraße.

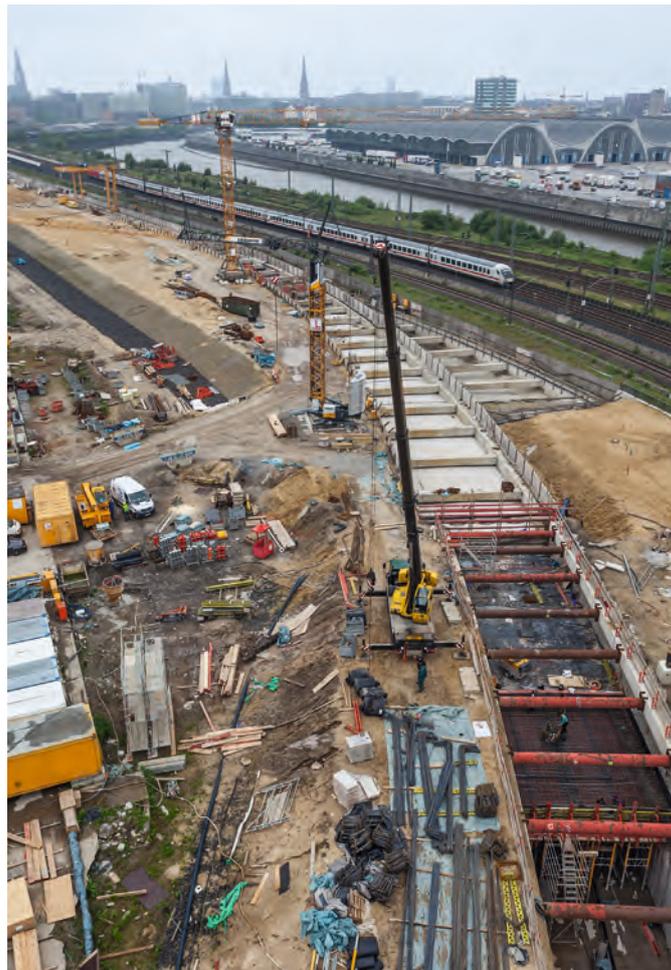
Der Zeitplan ist ambitioniert: Ende 2018 soll der Bahnbetrieb aufgenommen werden. Die Hochbahn rechnet für das Gesamtprojekt inklusive Tunnel und Trogbauwerk, der Kehr- und Abstellanlage sowie des Ausbaus der Haltestelle Elbbrücken mit Kosten in Höhe von knapp 180 Millionen Euro. Für den Anfang wird mit rund 18 000 Fahrgästen täglich gerechnet, Tendenz steigend.

Offene Bauweise – teilmonolithische Herstellung

Der 710 m lange Tunnel wird von den Roh- und Spezialtiefbauern der Firmengruppe Max Bögl in offener Bauweise hergestellt. Mithilfe der Peri Tunnelschalungs-Systemlösung Variokit werden insgesamt 71 Abschnitte im regelmäßigen Wochentakt geschalt und betoniert – Wände und Decke in einem Guss. Anfang März 2017 waren rund 60 Betonierblöcke fertiggestellt; die Rohbauarbeiten sollen voraussichtlich im Juli beendet sein.

Germany

Metro Tunnel U4, Hamburg: From the Hafencity to the Elbe Bridges in a weekly Cycle



Hamburg's U-Bahnlinie U4 wird derzeit um 1,3 km von der Hafencity Universität in Richtung Elbbrücken verlängert.

Hamburg's U4 Metro Line is currently being extended by 1.3 km from the Hafencity University towards the Elbe bridges (Elbbrücken)

The Hamburg Hafencity is the biggest inner-urban development project in Europe. On behalf of the Hamburg Hochbahn AG the Metro Line U4 is currently being extended in the direction of the bridges over the Elbe to link the eastern suburbs with the local transit system.

The Hafencity University Metro Station opened in December 2012 represents the terminus for the present U4 Line. The extension towards the south-east to the new "Elbbrücken" stop is 1.3 km long, which currently makes it the longest construction section within Hamburg's urban area. The continuation of the U4 enables the linking up of the around 2800 dwellings and 20 000 working places in the developing new suburbs of Baakenhafen and Elbbrücken with the local transit system. The route largely runs at a depth of some 20 m beneath the Versmannstraße. The schedule is an ambitious one: rail services are expected to commence at the end of 2018. The Hochbahn estimates that the costs for the entire project including tunnels and trough structures, the turning and holding facility as well as developing the Elbbrücken stop will be around 180 million euros. Around 18 000 passengers daily are anticipated for the new extension, and a substantial increase of this number over time is expected.

ing and holding facility as well as developing the Elbbrücken stop will be around 180 million euros. Around 18 000 passengers daily are anticipated for the new extension, and a substantial increase of this number over time is expected.

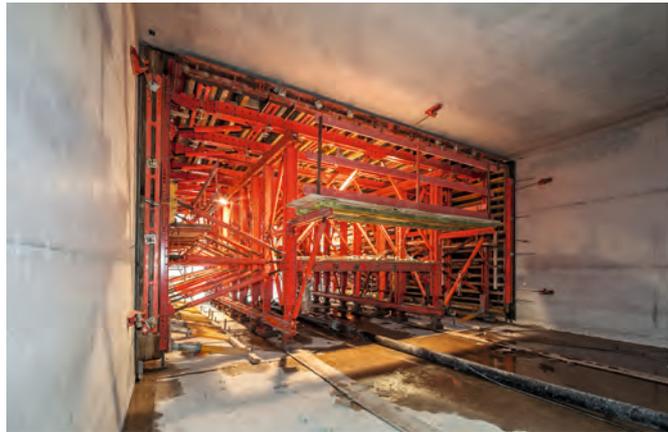
Cut-and-Cover Construction Method – part-monolithic Production

The 710 m long tunnel is being produced by the roughwork and special foundation engineering specialists of the Max Bögl group of companies using cut-and-cover. A total of 71 sections are shuttered and concreted in a regular weekly cycle with the help of the Peri Variokit tunnel formwork system. Walls and ceiling are tackled in one pour. In early March 2017 about 60 concreting sections had

Die Ingenieure des Schalungs- und Gerüstherstellers konzipierten hierfür eine weitestgehend auf Systembauteilen basierende, maßgeschneiderte Projektlösung. Da die Wände einhäufig gegen die Schlitzwände betoniert werden, müssen die hohen Lasten innerhalb der Schalwagenkonstruktion abgeleitet werden. Darüber hinaus passt sich diese den veränderlichen Querschnittsbreiten und -höhen an.

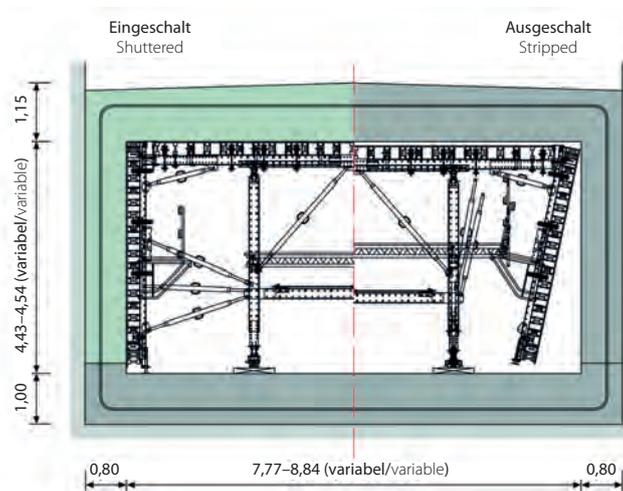
Der Produktname Variokit bezeichnet ein Baukastensystem mit mietbaren Systembauteilen und standardisierten Passbolzenverbindungen. Nur drei Kernbauteile decken dabei die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche ab. Peri liefert hierfür neben dem benötigten Material für den Ingenieurbau auch das dazugehörige Know-how als Gesamtlösung für die Bauausführung.

Beim Bau von Tunneln in offener oder bergmännischer Bauweise sowie bei deren Sanierung kommt der Variokit Tunnelschalwagen VTC zum Einsatz. Aufgrund des flexiblen Baukastensystems lassen sich unterschiedliche Querschnitte bei vergleichsweise geringen Umbauzeiten einfach realisieren. Es können dabei monolithische, teilmonolithische oder aufgelöste Verfahren realisiert werden. Ergänzende Bauelemente zum Verfahren sind ebenso verfügbar wie arbeitstechnisches Zubehör – beispielsweise Betonpumpenanschlüsse. Zum schnelleren Ein- und Auschalen sowie Heben und Senken kann der Tunnelschalwagen mit Hydraulikkomponenten ausgestattet werden. 



Wände und Decke in einem Guss: Unter Einsatz des Variokit Tunnelschalwagens werden insgesamt 71 Abschnitte im regelmäßigen Wochentakt hergestellt.

Walls and ceiling in one pour: by using the Variokit tunnel formwork carriage a total of 71 sections are produced in regular weekly cycles



Tragfähige Peri-Systemlösung: Da die Wände einhäufig gegen die Schlitzwände betoniert werden, müssen die hohen Lasten innerhalb der Schalwagenkonstruktion abgeleitet werden. Darüber hinaus passt sich diese den veränderlichen Querschnittsbreiten und -höhen an.

Load-bearing Peri system solution: as the walls are concreted single-faced against the diaphragm walls, the high loads must be diverted within the formwork carriage structure. Furthermore, it adapts to the changing cross-sectional widths and heights

for instance. The tunnel formwork carriage can be provided with hydraulic components for faster shuttering and stripping as well as hoisting and lowering. 

been completed; all structural works are scheduled to be finished in July. The engineers of the formwork and scaffolding manufacturer devised a solution for the project mainly tailored from system components. As the walls are concreted single-faced against the diaphragm walls, the high loads must be diverted within the formwork carriage structure. Furthermore, it adjusts to the changing cross-sectional widths and heights.

The product name Variokit applies to a modular system with rentable system components and standardised fitted bolts. In this case, only three core components cover the most varied fields of application. For this purpose, Peri supplies the know-how as an overall solution for executing construction in addition to the material needed for structural engineering.

For building tunnels by cut-and-cover or mined means as well as for their redevelopment, the Variokit formwork carriage VTC is utilised. Thanks to the flexible modular system, various cross-sections can be accomplished in a straightforward manner given relatively short conversion times. In this way, monolithic, part-monolithic or separate casting methods can be achieved. Additional structural elements for the system are available as well as technical accessories – concrete pump connections

Österreich

Österreichischer Tag 2016

Das Österreichische Nationalkomitee der International Tunnelling Underground Space Association (ITA) veranstaltet mit seinen Mitgliedern, der Österreichischen Gesellschaft für Geotechnik (ÖGG), der Austrian Tunnel Association (ATA), der Österreichischen Bautechnik Vereinigung (öbv), der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) und dem Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein (ÖIAV), alle zwei Jahre vor dem jährlich stattfindenden Geomechanik Kolloquium den Österreichischen Tag im Kongresszentrum in Salzburg. Der 10. Tag fand am 12. Oktober 2016 statt und war mit 700 Teilnehmern erneut eine wichtige Plattform für einen breiten professionellen Erfahrungsaustausch.

Nach den Ausführungen vom Leiter des 10. Österreichischen Tages, Univ.-Prof. Robert Galler (Montanuniversität Leoben), sowie den Eröffnungsreden von ITA-Präsident Prof. Tarcísio Celestino aus Brasilien und der EU-Abgeordneten Mag. Claudia Schmidt (Vortrag: „Infrastruktur – Lebensader einer modernen Gesellschaft“), folgten ausführliche Berichte über besondere Herausforderungen derzeitiger Großbaustellen und zum hochaktuelle Thema „BIM im Tunnelbau“. Zudem wurde der traditionelle „Innovationspreis Tag“ vergeben.

Besondere Herausforderungen aktueller Großbaustellen

Der erste Vortrag behandelte die Neuordnung des Bahnknotens Stuttgart mit „Erfolgen und Herausforderungen am Beispiel des Tunnels nach Ober- und Untertürkheim“. Dabei wurden unter anderem die Möglichkeiten und Grenzen des Sprengvortriebs thematisiert – zum Beispiel die Erprobung unterschiedlicher Ansätze moderner Zünd- und Sprengtechnik zur Reduzierung vom Lärm und Erschütterungen bei der Unterfahrung von Wohngebieten oder zur Minimierung von Gebirgsauflockerungen im Gipskeuper. Der folgende Vortrag widmete sich der Vielzahl von Herausforderungen und Schwierigkeiten beim maschinellen Vortrieb für den 3,5 km langen Aposelemis-Tunnel zur Wasserversorgung auf der griechischen Insel Kreta. Wider Erwarten ergaben sich bei diesem vergleichsweise kleinen Projekt viele Problemstellungen, beginnend bei den Spezifikationen der Vergabe und der Vertragsgestaltung, über technische Anforderungen, bis hin zu den geologischen und hydrogeologischen Voraussetzungen, die sich deutlich von den günstigen Bedingungen unterscheiden, die anhand der geologischen Kartierung prognostiziert wurden. Zu diesen Widrigkeiten zählen unter anderem instabiles Gestein, Einbrüche an der Ortsbrust und in der Firste, Gaseintritte und ein weiträumiges Karst-Hohlraumsystem.

Am Beispiel des Bauloses Crossrail C510 in London befasste sich ein weiterer Beitrag mit den logistischen Herausforderungen des innerstädtischen Tunnelbaus, bezüglich Lärm- und Staubschutzmaßnahmen mit Rücksicht auf die Anrainer, der strikten Regulierung der Baustellenandienung sowie auch der Anzahl

Austria

Austrian Tunnel Day 2016

On October 12th, 2016 the Austrian national committee of the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) staged its 10th Tunnel Day at the Salzburg Congress Centre in conjunction with its members – the Austrian Society for Geomechanics (ÖGG), Austrian Tunnel Association (ATA), Austrian Society for Construction Technology (öbv), Austrian Research Association for Road and Rail Traffic (FSV) and the Austrian Society of Engineers and Architects (ÖIAV). The Congress takes place there every two years in conjunction with the annual Geomechanics Colloquium. With 700 participants, last year's Tunnel Day once again proved to be a valuable platform for a broad exchange of professional experiences.

The 10th Tunnel Day was opened with speeches from host Prof. Robert Galler (Montanuniversität Leoben), ITA president Prof. Tarcísio Celestino from Brazil, and the Member of the European Parliament Mag. Claudia Schmidt, who talked about infrastructure as a "lifeline of modern societies". The following lecture programme included detailed reports on specific challenges of current major tunnelling projects and presentations on the highly topical issue of BIM in tunnelling. Furthermore the 2016 Tunnel Day Innovation Prize was awarded.

Challenges of current major Projects

The first talk dealt with the restructuring of the Stuttgart Rail Node in Germany and the "successes and challenges through the example of the Ober- and Untertürkheim tunnels". Amongst other things the possibilities and limits of blasting technology were described – e.g. various methods of modern detonation and blasting technology to reduce the emissions of noise and vibration in the sections passing below residential areas, and to minimize the loosening of the gypsum Keuper rock mass.

The following lecture dealt with a variety of demanding aspects in the TBM excavation of the 3.5 km Aposelemis water supply tunnel on the Greek island of Crete. Unexpectedly, this relatively small project has offered a wide spectrum of tunnelling problems, concerning the tender and the contractual situation, technical challenges and geological and hydrogeological conditions that differ considerably from the fair conditions predicted by the geological mapping – with incompetent rock, collapses of roof and face, gas intrusions and a huge karst cavity system.

Using the example of Crossrail contract C510 in London, the next presentation considered the logistical challenges of inner-city tunnelling, including noise and dust protection measures out of consideration for the local inhabitants, strict regulations of construction site services as well as the number and road safety equipment of the lorries in use. Another topic was the long-term settlement in London clay, with the results of observations for up to 2.5 years contradicting expert opinion. Long-term settlement approximately doubles the settlement that is directly due to tunnelling. The measurements demonstrate that inclinations and deflections to buildings are growing and long-term damage cannot be ruled out.

der gleichzeitig im Einsatz befindlichen Lkw und ihrer Straßenverkehrs-Sicherheitsausstattung. Darüber hinaus wurden auch die zum Teil mehr als zweieinhalb Jahre andauernden Beobachtung zu Langzeitsetzungen im Londoner Ton thematisiert, deren Ergebnisse der bisherigen Lehrmeinung widersprechen: Langzeitsetzungen, so die Erkenntnis, sorgten in etwa fur eine Verdopplung der direkten, vortriebsbedingten Setzungen. Diese Messungen seien der Beleg, dass Neigung und Durchbiegung an den Gebäuden zunehmen und langfristig Schaden nicht auszuschließen sind.

BIM im Tunnelbau

Weitere drei Vorträge des Tunneltages widmeten sich dem in aller Munde befindlichen Thema BIM – Building Information Modeling. BIM wurde als neues, digitales Werkzeug von hohem Mehrwert fur die Realisierung von Großprojekten der Deutschen Bundesbahn vorgestellt; desweiteren wurde die Implementierung von BIM in die Tunnel-Entwurfsplanung aus der Sicht der beratenden Ingenieurunternehmen dargestellt. Hier enthalten war ein allgemeiner Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten ebenso wie die Behandlung von tunnelbauspezifischen Aspekten. Ein dritter Vortrag beschäftigte sich mit den Einflüssen von Digitalisierung und BIM auf die Prozessabläufe im Tunnelbau.

Innovationspreis Tunneltag

Insgesamt wurden elf interessante Projekte fur den Innovationspreis Tunneltag 2016 eingereicht. Der International Award ging an Benot Jones aus England fur das Projekt „Strength Monitoring Using Thermal Imaging“. Fur den verantwortungsvollen Umgang und die Verwendung des Tunnelausbruchmaterials wurde der sterreichischen Bundesbahn Infrastruktur AG (BB), stellvertretend dem Projektleiter Dietmar Schubel, und den damit befassten Auftragnehmern am Koralmtunnel, Baulos KAT2, der Umweltpreis zuerkannt. Die Auszeichnung mit dem Innovationspreis ging an das Siegerprojekt „Tunnelauskleidung aus Tbblingen bzw. Pressrohren mit mineralischen, nicht korrosiven Bewehrungsfasern aus Basalt“, eingereicht von Arthur Gobl, Porr Bau GmbH, und Per Cato Standal aus Norwegen.

Das Bau-Soll im Tunnelbau

Nach Vorstellung des neuen Merkblattes der Forschungsgesellschaft Straße und Verkehr (FSV) zum Thema „Value Engineering „wurde der Beitrag „Das Bausoll im Tunnelbau – wo liegen die Missverständnisse?“, nach Kurzvorträgen aus juristischer Sicht sowie Stellungnahmen der Auftraggeber- und Auftragnehmerseite, im Rahmen einer Podiumsdiskussion abgehandelt.

Der nächste sterreichische Tunneltag findet am 10. Oktober 2018 vor dem Geomechanik Kolloquium in Salzburg statt. 

G. B./M. K.

BIM in Tunnelling

Three further talks of the Tunnel Day revolved around the highly topical issue BIM – Building Information Modeling. BIM was presented as a new digital tool with a great added value for the successful implementation of major projects of German Railways (DB). Then the engineering consultant’s perspective of the BIM implementation in the tunnel design was shown, with a general overview of BIM and its benefits as well as specifics concerning the integration of BIM in the tunnelling business. The third presentation dealt with the influence of digitalization and BIM on the various processes in the tunnelling business.

Tunnel Day Innovation Prize

Altogether eleven interesting projects were entered for the prize. The International Award went to Benoît Jones from England for the project “Strength Monitoring Using Thermal Imaging”. For the responsible handling an recycling of tunnel spoil material, the BB Infrastruktur AG, represented by project manager Dietmar Schubel, and the appointed contractors on the Koralm Tunnel, contract KAT2, received this year’s Environmental Prize. The winner of the Innovation Prize was the project “Tunnel Lining of Segments or Jacked Pipes with mineral, non-corrosive Reinforcement Fibres of Basalt”, entered by Arthur Gobl, Porr Bau GmbH, and Per Cato Standal from Norway.

Contractual Project Specifications in Tunnelling

After a presentation of the new FSV bulletin from the Austrian Research Association for Road and Rail Traffic on the subject of Value Engineering, the subject of a podium discussion was “The Contractual Project Specifications in Tunnelling – where are the Misunderstandings?“, preceded by short introductions from the legal point of view and statements from the client and contractor sides.

The next Austrian Tunnel Day will take place on October 10, 2018 in Salzburg, prior to the Geomechanics Colloquium. 

G. B./M. K.

Österreich

Geomechanik Kolloquium 2016

Im Anschluss an den 10. Österreichischen Tunneltag veranstaltete die Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) am 13. und 14. Oktober 2016 das 65. Geomechanik Kolloquium in Salzburg. Die Leitung hatte O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont Wulf Schubert, Leiter des Instituts für Felsmechanik und Tunnelbau der Technischen Universität Graz und Vorstandsvorsitzender der ÖGG.

Die Veranstaltung stand diesmal im Zeichen von Prof. Georg Feder, der als Quereinsteiger in den Tunnelbau das Institut für Konstruktiven Tiefbau an der Montanuniversität Leoben aufbaute und von 1974 bis 1984 dessen Leiter war. Nach Prof. Johan Golsers Laudatio auf Georg Feder folgten ausführliche Berichte über folgende Sachgebiete:

- Aktuelle Großprojekte in Österreich
- Geothermie: Erfahrungen, Chancen und Risiken
- Geomechanische Aspekte im Bergbau
- TBM – Erwartungen und Wirklichkeit

Aktuelle Großprojekte in Österreich

Der erste Halbtage beinhaltete Berichte über den Weg von der geotechnischen Prognose zur tunneltechnischen Rahmenplanung am Beispiel des Semmering-Basistunnels sowie über kreative Lösungen für komplexe Schachtbauwerke am Baulos SBT2.1, Tunnel Fröschnitzgraben. Zudem wurden die unterschiedlichen und zum Teil ausnehmend schwierigen Bedingungen beim Tunnelbau der Tunnelkette St. Kanzian thematisiert und der Stand der Arbeiten an der Tunnelkette Granitztal, die das zweitlängste Tunnelsystem der Koralmbahn bildet. Zum Abschluss gab es eine umfassende Schilderung zum Neubau der zweiten Röhre des Gleinalmtunnels und einen Vortrag zur Bauausführung des Pumpspeicherkraftwerks Obervermuntwerk II.

Geothermie: Erfahrungen, Chancen und Risiken

Am zweiten Halbtage folgten Ausführungen zur Geothermie. Näher eingegangen wurde dabei auch auf entsprechende Entwicklungen im Zusammenhang mit dem Tunnelbau. Im Detail wurde dazu die Ausstattung des Stuttgarter B10 Rosensteintunnel mit einer Anlage zur Gewinnung von Erdwärme beschrieben, und

Austria

Geomechanics Colloquium 2016

Am 13. und 14. Oktober 2016 veranstaltete die Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) das 65. Geomechanik Kolloquium in Salzburg

The 65th Geomechanics Colloquium, organized by the Austrian Society for Geomechanics (OEGG), took place in Salzburg on October 13 and 14, 2016

Subsequently to the 10th Austrian Tunnel Day, the 65th Geomechanics Colloquium, organized by the Austrian Society for Geomechanics (OEGG) took place in Salzburg on October 13 and 14, 2016. It was chaired by O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont Wulf Schubert, head of the Underground Space Institute for Rock Mechanics and Tunnelling, Graz University of Technology, and president of the OEGG board. The event was dedicated to Prof. Georg Feder. Feder, originally not specialised in the field of tunnelling, established the Institute for Heavy Construction Industry at the Montanuniversität Leoben. From 1974 to 1984 he also acted as head of the Institute. Following the laudatory speech on Georg Feder, held by Prof. Johan Golser, the programme of lectures began, with presentations covering four main topics:

- Large projects in Austria
- Geothermal energy – experiences, chances, risks
- Geomechanical aspects in mining
- TBM – expectations and reality

Large projects in Austria

The first session included reports on the transformation from the geotechnical prediction to the framework plan by the example of the Semmering Base Tunnel and on creative solutions on complex shaft construction at the contract SBT2.1, Tunnel Fröschnitzgraben. Furthermore the varied and partially extremely difficult conditions during the construction of the St. Kanzian Chain of Tunnels were discussed. The audience got an update on the state of works at the

anhand der Analyse und Diskussion der Messdaten der Tunnel Stuttgart-Fasanenhof und Jenbach wurde das Potenzial der thermischen Aktivierung von Tunneln weiter beleuchtet. In diesem Zusammenhang stand auch der Vortrag über das Forschungsprojekt MinTherm, das sich mit dem Nutzungspotenzial von Tiefergeothermiekraftwerken für Tunnel und Bergbaustrukturen befasst.

Geomechanische Aspekte im Bergbau

Die Vorträge am dritten Halbtage befassten sich mit Themen wie Felssturzgefahr im ehemaligen Tagebau, mikroseismische Überwachungssysteme oder durch kontrollierte Flutungen ausgelöste Seismizität in einem stillgelegten Uranerzbergwerk. Mit der Ausweitung des Abbaus in immer größere Tiefen, so Wulf Schubert, sei der Bergbau ein Hoffungsgebiet für die gesamte Tunnelindustrie.

Maschinelles Tunnelvortrieb – Erwartungen und Wirklichkeit

Der letzte Halbtage befasste sich mit der Gegenüberstellung der oft übersteigerten Erwartungen beim maschinellen Tunnelvortrieb mit den Erfahrungen während des Baus. Dazu wurde über einige fertiggestellte Projekte berichtet: Der Hydroschildvortrieb

Granitztal Tunnel Chain, which is the second longest tunnel system on the Koralmbahn, and listened to reports on the challenges posed by the construction of the Gleinalm Motorway Tunnel's second tube and the Obervermuntwerk II pumped storage power station.

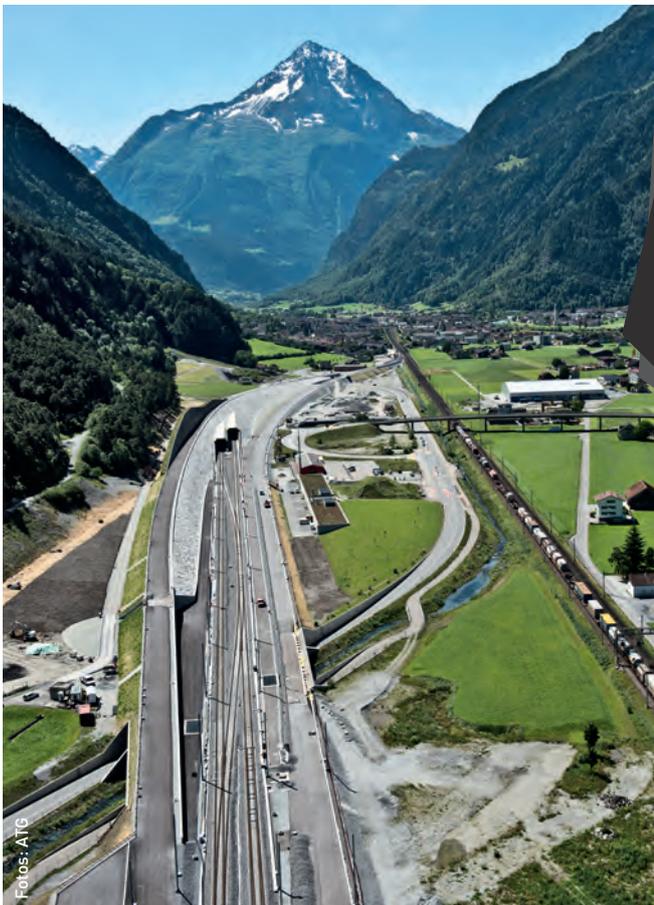
Geothermal Energy – Experiences, Chances, Risks

The second session focused on the utilization of geothermal energy. In this regard a closer look was also taken at corresponding developments in connection with tunnelling projects. One presentation provided a detailed description of designing a geothermal energy system for the Rosenstein Tunnel project in Stuttgart. On the basis of the analysis and discussion of measurement results gained from the geothermal plants of the tunnels Stuttgart-Fasanenhof and Jenbach, the potential of thermally activated tunnel-constructions was further examined.

Similarly, the lecture on the research study MinTherm focused on the potential use of geothermal energy power plants in subsurface infrastructure, such as tunnels and active or closed mines.

Geomechanical Aspects in Mining

The lectures of the third session dealt with topics like rockslide hazard in a former quarry, microseismic monitoring systems or seismicity induced by controlled flooding in a former uranium mine. According



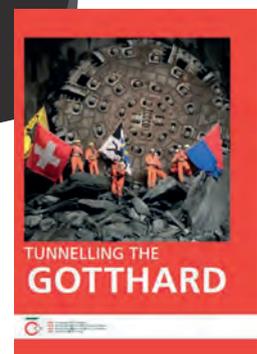
Fotos: ATG

NEUERSCHEINUNG NEW RELEASE

Bestellen Sie jetzt bei Profil
Order now at Profil

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

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



BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG

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



Mehr als 900 Teilnehmer aus 12 Ländern besuchten das zweitägige Kolloquium mit begleitender Fachmesse im Salzburg Congress

More than 900 participants from 12 countries attended the two-day colloquium with accompanying trade exhibition in the „Salzburg Congress“

mit 13 m Durchmesser für einen zweigleisigen Tunnel im Unterinntal wurde beispielsweise technisch und vertraglich erfolgreich abgewickelt. Dennoch lohnte sich hier ein Blick auf nicht deckungsgleiche Erwartungshaltungen von Auftraggeber und Auftragnehmer in der Bauausführung des Vortriebs unter geotechnisch anspruchsvollen Voraussetzungen. Weitere Projektbeispiele, die die Möglichkeit zum Abgleich der Erfahrungswerte mit der vorausgegangenen Erwartungshaltung ermöglichten, waren die TBM-Vortriebe des Wienerwaldtunnels, der Vortrieb Faido im Gotthard Basistunnel, die Tunnelkette Perschling sowie die sich über 34 km erstreckenden sechs EPB-Vortriebe für die Metro Doha Green Line. Hier konnte eine große Bandbreite an Erfahrungen im Angesicht sehr spezieller Randbedingungen beleuchtet werden, vom klimatischem und kulturellem Umfeld und Arbeiten mit ungelerntem/angelerntem Personal über Vortriebs- und Logistikkonzepte, geologische Verhältnisse und Vorauserkundung bis hin zur technischen Ausführung von Tübbingungen samt Dichtungen und Arbeitssicherheitsaspekten

Das Geomechanik Kolloquium 2016 bot mit über 900 Teilnehmern aus Belgien, Bulgarien, Deutschland, Finnland, Großbritannien, Italien, Kroatien, Österreich, Polen, Slowenien, Ukraine und Ungarn sowie einer Ausstellung mit 60 beteiligten Unternehmen auch wieder die Möglichkeit zum weitergehenden Erfahrungsaustausch.

Das 66. Geomechanik Kolloquium wird am 12. und 13. Oktober 2017 wieder in Salzburg stattfinden. 

G. B./M. K.



60 Unternehmen präsentierten ihre Produkte und Dienstleistungen auf der gut besuchten Fachmesse

60 companies presented their products and services on the busy trade exhibition

to Wulf Schubert the field of mining becomes increasingly interesting for the entire tunnelling industry, since the extension of mining activities reaches greater depths.

TBM Excavations – Expectations and Reality

The last session focused on a comparison between unduly expectations regarding mechanical excavation and actual construction experiences. A number of completed tunnel drives were presented to give an exemplary overview on this topic. The hydroshield drive with a diameter of 13 m for a two-track tunnel in the Lower Inn Valley for example was successfully completed. Nevertheless, a closer look at the different expectations of client and contractor at the start of the construction phase with demanding geotechnical conditions ahead proved to be worthwhile. Further project reports giving the opportunity of comparing experiences with previous expectations included the mechanised tunnel drives for the Wienerwald Tunnel, the Faido excavation works in the Gotthard Base Tunnel, the Perschling Tunnel Chain and the six EPB excavations covering a total distance of 34 km for the Metro Doha Green Line. This project offered a broad range of experiences made under very special marginal conditions. The topics tackled in the report included: climate and cultural environment, working with unskilled and semiskilled personnel, TBM and logistics concepts, geological conditions and advance explorations, segment production (including gaskets) as well as health and safety aspects.

With more than 900 participants from Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Finland, Germany, Hungary, Italy, Poland, Slovenia, Ukraine and the United Kingdom, and with an exhibition presenting 60 companies, the 2016 Colloquium once again provided ample opportunity to exchange professional experiences.

The 66th Geomechanics Colloquium will be held from 12. to 13. October 2017, as usual in Salzburg. 

G. B./M. K.

Österreich

Workshop an der TU Graz: Tunnelbau in Störungszonen

Störungszonen stellen im Tunnelbau eine große Herausforderung an Planer, Geologen und Ausführende dar. Nicht immer ist es einfach, Störungszonen zu erkennen und einzugrenzen sowie aussagekräftiges Probenmaterial zu gewinnen, um deren Eigenschaften zu ermitteln. Die meist ausgeprägte Ungleichmäßigkeit von Störungszonen erschwert die Voraussage des Gebirgsverhaltens und damit die Planung von Ausbruch und Stützung sowie die Einschätzung der zu erwartenden Verformungen.

Um diesbezüglich wichtige Fragestellungen zu diskutieren und praktische Lösungen in der Planung und der Ausführung zu erarbeiten, veranstaltete das Institut für Felsmechanik und Tunnelbau der Technischen Universität Graz am 25. November 2016 unter Leitung von Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Wulf Schubert den Workshop „Tunnelbau in Störungszonen – Eine Herausforderung“, der sich an alle Projektbeteiligten richtete: den Bauherrn, die Geologen und Geotechniker, die Planer und die Ausführenden. Rund 130 Teilnehmer aus Belgien, Deutschland, Italien, Österreich und Slowenien nahmen an der Fachveranstaltung teil.

Vortragsthemen

Der Workshop behandelte in sechs Vorträgen die folgenden Themen:

Ingenieurgeologische Charakterisierung von Störungszonen

(Robert Vanek, Florian Fasching, Alfred Fasching)

Der Eröffnungsvortrag befasste sich mit der Charakterisierung von Störungszonen als eine der wesentlichen interdisziplinären Aufgaben der Fachgebiete Ingenieurgeologie und Geotechnik – mit essentieller Bedeutung für eine adäquate Planung und eine erfolgreiche Bauausführung von Untertagebauten in gestörtem

Austria

Workshop at the TU Graz: Tunnelling in Fault Zones

Fault zones represent a major challenge in tunnelling for planners, geologists and contractors. It is not always easy to identify and localise fault zones quite apart from obtaining significant sample material in order to establish their characteristics. Normally the distinctive irregularity of fault zones makes it difficult to predict behaviour of the rock and in turn, planning of excavation and support as well as assessing the expected deformations.

The Institute of Rock Mechanics and Tunnelling at Graz Technical University held the workshop “Tunnelling in Fault Zones – a Challenge” chaired by Prof. Wulf Schubert in order to discuss related important issues and work out practical solutions for design and execution. It was aimed at all those parties involved in tunnelling projects: clients, geologists and geotechnicians, planners and contractors. Around 130 participants from Belgium, Germany, Italy, Austria and Slovenia attended the event.

Lecture Topics

The workshop tackled the following subjects in six papers:

Engineering Geological Characterisation of Fault Zones

(Robert Vanek, Florian Fasching, Alfred Fasching)

The opening paper was devoted to the characterisation of fault zones as one of the key interdisciplinary tasks in the field of engineering geology and geotechnics with essential significance for satisfactory planning and successful execution of construction of underground facilities in disturbed rock. In addition to basic definitions and explanations, the lecture targeted the structural technical relevance in tunnelling projects and the accompanying project-specific characterisation of the rock. This should not simply reflect the geological, hydrogeological and geotechnical



Sign up
for the
newsletter!



tunnel

The international trade magazine
for underground construction

www.tunnel-online.info/newsletter

Gebirge. Neben grundlegenden Definitionen und Erläuterungen befasste sich der Vortrag gezielt mit der bautechnischen Relevanz für Tunnelbauprojekte und einer entsprechend einhergehenden projektspezifischen Gebirgscharakterisierung. Diese sollte nicht nur die geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Gebirgsverhältnisse widerspiegeln, sondern auch bautechnische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen eines Projekts berücksichtigen, um letztendlich verwertbare Informationen für Planung und Ausführung liefern zu können.

Hydraulische Charakterisierung von Störungskernzonen anhand von Beispielen aus dem Semmering-Gebiet

(Gerfried Winkler, Patricia Leitner, Otto Leibniz, Roland Leitner)

Ergänzend zu den hydraulischen Vorerkundungen des Semmering-Basistunnels wurden Untersuchungen durchgeführt, die die quantitative Erfassung des hydraulisch anisotropen Verhaltens von Störungskernzonen sowie Aussagen zur Heterogenität als Ziel hatten. Die Untersuchungen wurden an einer obertägig aufgeschlossenen Störungskernzone und an zahlreichen Kernzonen in unterschiedlichen Lithologien aus Erkundungsbohrungen durchgeführt.

Neue Geophysik-Technologien zur Störungs-, Karst- und Hohlraumerkundung im Tunnelbau

(Thomas Richter, Markus Schmidt)

Anhand von vier Fallbeispielen der deutschen Projekte Katzenbergtunnel, Osterbergtunnel, Steinbühlentunnel und Boßlertunnel wurde die erfolgreiche Integration von innovativen geophysikalischen Konzepten zur Karsterkundung aufgezeigt. Spezialverfahren wie Radar- und Bohrloch-Radar-Technologie, Mikrogravimetrie und geoelektrische Tomographie können mit hoher Effizienz zur Erkundung und Erfassung eingesetzt werden, da sie in Kombination mit einer gezielten bohrtechnischen Aufschlusserkundung eine umfassende räumliche Strukturerkundung der Gesteinsformationen ermöglichen.

Überprüfung des Systemverhaltens anhand eines numerischen Modells

(Markus Brandtner, Gerold Lenz)

Als Basis für die geotechnische Planung des Semmering-Basistunnels wurden in einer Geologie mit einem äußerst komplexen Störungssystem aufwändige Baugrunderkundungen angestellt. In diesem Zusammenhang wurden die Vorgehensweise und die verschiedenen Aspekte der numerischen Modellierung umfassend vorgestellt. Die Verwendung von numerischen Modellen in der Planungsphase wurde dabei als ergänzendes Mittel charakterisiert, das es erleichtern soll, unterschiedliche Szenarien durchzuspielen, nicht aber als alleiniges Prognosewerkzeug.

Aspekte des Ausbaus

(Wulf Schubert, Manfred Blümel, Stefan Brunnegger, Robert Staudacher, Peter J. Sellner)

Dieser Vortrag widmete sich den Herausforderungen, die der Tunnelbau in Störungszonen durch die zu erwartenden

rock conditions but also the technical and economic marginal conditions of a project to ultimately obtain valuable information for design and execution.

Hydraulic Characterisation of Fault Core Zones based on Examples from the Semmering District

(Gerhard Winkler, Patricia Leitner, Otto Leibniz, Roland Leitner)

Investigations were carried out to follow up on hydraulic advance exploration for the Semmering Base Tunnel, which were aimed at establishing the hydraulic anisotropic behaviour of fault core zones as well as statements relating to heterogeneity. These investigations were executed in a fault core zone opened up from the surface and by means of exploratory drilling in numerous core zones with different lithologies.

New geophysical Technologies for Investigating Faults, Karst and Cavities in Tunnelling

(Thomas Richter, Markus Schmidt)

The successful integration of innovative geophysical concepts for exploring karsts was revealed on the basis of four case examples of the German projects Katzenberg Tunnel, Osterberg Tunnel, Steinbühl Tunnel and Boßler Tunnel. Special methods such as radar and drill hole radar technology, microgravimetry and geoelectric tomography can be applied with great efficacy for investigation and evaluation purposes as they facilitate extensive spatial structural exploration of the rock formations in conjunction with targeted drill technical investigations.

Testing systemic Behaviour based on a numerical Model

(Markus Brandtner, Gerold Lenz)

Extensive ground investigations were undertaken as the basis for the geotechnical planning of the Semmering Base Tunnel in geology with an extremely complex fault system. Towards this end, the approach and the different aspects of numerical modelling were presented in detail. In this presentation the application of numerical models during the design phase was characterised as a complementary approach, devised to facilitate various scenarios that were implemented but not as the sole tool for prognoses.

Support Aspects

(Wulf Schubert, Manfred Blümel, Stefan Brunnegger, Robert Staudacher, Peter J. Sellner)

This paper was devoted to the challenges posed on the means of support by the expected deformations when tunnelling in fault zones: crack formation on the means of support (frequently when the cross-section is altered or cross-passages included), which can be countered by the application of stress controllers; frictional connection of shotcrete shells in the event of partial excavation by means of connecting elements; mortared rock bolts – measures to prevent mortar setting incompletely as a result of shearing displacements and the resultant diminishing of the bonding effect between bolts, mortar and rock.

Verformungen an die Ausbaumittel stellt: Rissbildung in der Auskleidung (häufig auch bei Querschnittswechseln oder beim Ansatz von Querschlägen), der durch den Einsatz von Stauchelementen entgegengewirkt werden kann; kraftschlüssige Verbindung von Spritzbetonschalen beim Teilflächenausbruch durch Anschlusselemente; vermörtelte Felsbolzen – Maßnahmen gegen die gestörte Aushärtung des Mörtels durch Scherverschiebungen und daraus resultierende Minderung der Verbundwirkung zwischen Bolzen, Mörtel und Gebirge.

Prognose von Störungszonen auf Basis geologisch-geotechnischer Beobachtungen im Vortrieb

(Gerold Lenz, Alexander Kluckner, Robert Holzer, Thomas Stadlmann, Tobias Schachinger, Gerhard Gobiet)

Anhand ausgewählter Fallbeispiele wurden die Auswirkungen von Störungszonen unterschiedlicher Ausprägung auf das Systemverhalten des Semmering-Basistunnels, Baulos SBT1.1, bei der Durchörterung aufgezeigt und analysiert. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die frühzeitige Erkennung der Störungszonen auf Basis von geologischen und geotechnischen Beobachtungen gelegt. Die systematische Analyse der geotechnischen Messdaten bildet hierzu eine elementare Grundlage, führt aber alleine nicht immer zum Ziel. Anhand von Erfahrungen beim Baulos SBT1.1 wird gezeigt, dass auch eine systematische Auswertung ausgewählter geologischer Parameter und geotechnische Beobachtungen beim Vortrieb wichtige Grundlagen für eine Kurzzeitprognose bilden können.

Unterstützt wurde die Veranstaltung durch DSI Dywidag-Systems International, BASF Performance Products GmbH, RockMore International, TPH Bausysteme GmbH, 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH, Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) und STRABAG. Im Anschluss an den Workshop fand die traditionelle Barbarafeier des Instituts für Felsmechanik und Tunnelbau der TU Graz mit nahezu 200 Teilnehmern statt. 

Marvin Klostermeier/Gunther Brux

Predicting Fault Zones based on geological-geotechnical Observations during Tunnelling

(Gerold Lenz, Alexander Kluckner, Robert Holzer, Thomas Stadlmann, Tobias Schachinger, Gerhard Gobiet)

The effects of fault zones of varying extent on the systemic behaviour of the Semmering Base Tunnel, contract section SBT1.1, during tunnelling were displayed and analysed on the basis of selected case examples. Particular attention was paid to the early identification of the fault zones based on geological and geotechnical observations. Systemic analysis of the geotechnical measurement data in this case form an elementary basis but does not always lead to a solution on its own. Based on findings in contract section SBT1.1 it is shown that a systematic evaluation of selected geological parameters and geotechnical observations during tunnelling can provide important foundations for a short-term prognosis. 

The event was sponsored by DSI Dywidag-Systems International, BASF Performance Products GmbH, RockMore International, TPH Bausysteme GmbH, 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH, Austrian Society for Geomechanics (ÖGG) and STRABAG. The workshop was followed up by the traditional St. Barbara Day celebrations staged by the TU Graz's Institute of Rock Mechanics and Tunnelling, which was attended by almost 200 participants.

Marvin Klostermeier/Gunther Brux

 **PROFIL**
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG
fachbuchtipp

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 Untertagebaus 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

Kompendium

Taschenbuch für den Tunnelbau 2017

Dieses Taschenbuch für den Tunnelbau ist seit über 40 Jahren ein praxisorientierter Ratgeber für Auftraggeber, Planer und Bauausführende. Er greift aktuelle Entwicklungen und Problemlösungen auf, dokumentiert dabei den jeweiligen Stand der Technik und vermittelt praktische Erfahrungen. Die aktuelle Ausgabe 2017 enthält zahlreiche Projektbeiträge, unterteilt nach verschiedenen Themenschwerpunkten:

- Baugruben und Tunnelbau in offener Bauweise (Schutzgalerie gegen Naturgefahren, Planung und Ausführung)
- Konventioneller Tunnelbau (Bau eines Stadtbahntunnels unter schwierigsten geologischen Verhältnissen; U12 in Stuttgart)
- Maschineller Tunnelbau (Schildvortriebe mit Baugrundvereisung; Tunnel Rastatt)
- Tunnelbetrieb und Sicherheit (Echtzeit-Sicherheits-Management-System (ESIMAS) für Straßentunnel; RABT 2016 – Perspektiven für die Sicherheit in Straßentunneln)
- Forschung und Entwicklung (Prozesssimulation für Leistungsermittlung und -planung beim maschinellen Vortrieb; Building Information Modeling (BIM) im maschinellen Tunnelbau)
- Vertragswesen, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz (Technische Bewertung von Angeboten im Vergabeverfahren von Tunnelprojekten; dynamisches Berechnungsmodell für die Ermittlung der Bauzeit am Beispiel Alababstiegstunnel)
- Praxisbeispiele (Erfahrungen bei Druckluftarbeiten unter Anwendung von Sauerstoff; Druckluftvortrieb im gering durchlässigen Tonstein zur Steuerung der vortriebsbedingten Senkungen)

Abgerundet wird das Buch durch ein nach Warengruppen gegliedertes Lieferantenverzeichnis des Tunnelbedarfs. 

G. B.

Taschenbuch für den Tunnelbau 2017

Kompendium der Tunnelbautechnologie, Planungshilfe für den Tunnelbau

Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), Essen

41. Jahrgang, 368 Seiten, A6 mit 157 Abb./Tab.

und 112 Quellen, gebunden 39,90 Euro

Verlag Ernst & Sohn, Berlin

Print ISBN 978-3-433-03168-1

eBook ISBN 978-3-433-60666

Kompendium

Tunnelling Manual 2017

For more than 40 years this pocketbook has been a practice-oriented guide for clients, planners and contractors. It tackles topical developments and provides solutions to problems while at the same time documenting the state of the art and passing on practical tips. The 2017 issue contains a large number of examples of projects, classified in accordance with specific fields:

- Construction pits and tunnelling via cut-and-cover (protective gallery against natural hazards, planning and execution)
- Conventional tunnelling (producing an urban rail tunnel under complex geological conditions; U12 in Stuttgart)
- Mechanised tunnelling (shield drives with ground freezing; Rastatt Tunnel)
- Tunnel operation and safety (real time safety management system (ESIMAS) for road tunnels; RABT 2016 – perspectives for safety in road tunnels)
- Research and development (process simulation for determining performances and planning for mechanised tunnelling; Building Information Modeling (BIM) in mechanised tunnelling)
- Contractual practice, economy and acceptance (technical evaluation of offers in tender procedure for tunnel projects; dynamic calculation model for establishing construction time based on the Alababstieg Tunnel)
- Practical examples (experiences with compressed air operations when applying oxygen; compressed-air excavation in slightly permeable mudstone to control settlements caused by tunnelling)

The book is rounded off by a list of suppliers classified according to categories of products required in tunnelling. 

G. B.

Tunnelling Manual 2017

Kompendium of tunnelling technology, design aid for tunnelling

Publisher: German Association for Geotechnics (DGGT), Essen

41st annual issue, 368 pages, A6

with 157 illustrations/tables and 112 references, hardback 39.90 euros

Verlag Ernst & Sohn, Berlin

Print ISBN 978-3-433-03168-1

eBook ISBN 978-3-433-60666-0



32. Christian Veder Kolloquium

Zuglemente 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
18.–19.04.2017

Dorsett Grand Subang Hotel, Subang Jaya, Selangor, Malaysia

Contact:

SEACETUS2017 Secretariat
c/o IEM Training Centre Sdn. Bhd.
Tel.: +603 7958 6851
Fax.: +603 7958 2851
nora@iem.org.my
http://www.iemtc.com/asset/SEACETUS2017.pdf

EURO:TUN 2017

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

SAFEX Congress XIX

Scandic Grand Marina Hotel Helsinki, Finland
15.–20.05.2017

Contact:

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

2nd Roads, Bridges and Tunnel Fair

Congresium, Ankara, Turkey
24.–26.05.2017

Contact:

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

Swiss Tunnel Congress 2017

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

Contact:

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

RETC 2017

Manchester Grand Hyatt, San Diego, California, USA
04.–07.06.2017

Contact:

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

World Tunnel Congress 2017

Edvard Grieg Hall, Bergen, Norway
09.–16.06.2017

Contact:

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

Eurock 2017

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

Contact:

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

Rapid Underground Mine and Civil Access Conference 2017

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

Contact:

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

ICTUS17

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

Contact:

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

Shotcrete for Underground Support XIII

Rock Engineering, Tunnelling, Underground Space and Deep Excavation

Kloster Irsee, near Augsburg, Germany
03.–06.09.2017

Organized by:

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

9th EFEE World Conference on Explosives and Blasting

The Brewery, Stockholm, Sweden
10.–12.09.2017
Contact:
info@efee2017.com
www.efee2017.com

NRMS 2017

3rd Nordic Rock Mechanics Symposium
Best Western Plus Hotel Haaga, Helsinki, Finland
11.–12.10.2017
Organizing Committee:
Erik Johansson
Tel.: +358 9 530 6540
erik.johansson@sroy.fi

Symposium Secretariat:

Ville Raasakka
Finnish Association of Civil Engineers RIL
Tel.: +358 50 3668687
ville.raasakka@ril.fi
www.rock2017.fi

66. Geomechanik Kolloquium 2017

Salzburg Congress, Salzburg, Austria
12.–13.10.2017
Contact:
Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG)
Tel.: +43 662/87 55 19
Fax: +43 662/88 67 48
Salzburg@oegg.at
www.oegg.at

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
www.aftes.asso.fr

STUVA-Tagung 2017/ STUVA Conference 2017

ICS Internationales Congresscenter Stuttgart, Germany
06.–08.12.2017
Contact for participants:
Dipl.-Ing. Stefanie Posch
STUVA e. V.
Tel.: +49 221/5 97 95-0
team@stuva-conference.com
www.stuva-conference.com
Contact for exhibitors:
Heiko Heiden
deltacom
projektmanagement GmbH
Tel.: +49 40/35 72 32-0
heiden@deltacom-hamburg.de
www.stuva-expo.de

bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 36. Jahrgang / 36th Year
www.tunnel-online.info

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bezugspreise und -zeit / Subscription rates and period:

Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr/
Tunnel is published with 8 issues per year.
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten)/
Annual subscription (including postage):
Inland / Germany € 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 members
Inland / Germany € 121,00
Ausland / Other Countries € 129,00

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



tunnel

The international trade magazine
for underground construction

tunnel
eMagazine

only

€ 99

(8 issues)

image – © ÖBB/Gerhard Berger

Receive each tunnel issue as a PDF file.

Get free access to all published tunnel
editions since 2010.

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

Learn about

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

www.tunnel-online.info/emag phone +49 52418090884 readerservice@bauverlag.de





NATIONAL RECORD OF
57 METERS
IN A SINGLE DAY

TÚNEL EMISOR PONIENTE II, MEXICO CITY



FOCUSED
FORWARD

STAYING AHEAD OF YOUR NEXT CHALLENGE

Right now on Mexico City's TEP II project, a Robbins Crossover machine is excavating at record-breaking speed through varying geology. Since the beginning, we have been on a relentless pursuit to find innovative solutions to the tunneling challenges our partners face. We don't innovate for innovation's sake. We innovate to break records on your next project.

