www.tunnel-online.info

tunnel

7
October
2013

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

Deep Geothermics – A Vision for Construction underground
HP Water Mist Technology sets new Standards in Tunnel Safety
Tradition of Innovation: The Next Push for Machine Tunnelling

bauverlag
Wir geben Ideen Raum

Tough

Herrenknecht TBMs (Ø >11.5 m) have achieved their targets in 40 **large-scale projects**, and excavated more than **171 km of road tunnels.**

Giant

In Italy the Herrenknecht EPB Shield has created the new 2.5 km long twin-bore **Sparvo Tunnel**. With its shield diameter of **15.55 meters**, "Martina" is the world's largest TBM to have successfully completed a project.

Secure

In gaseous soils, the TBM was equipped with an **encased belt conveyor** and fresh air supply.

Pioneering Underground Technologies

› www.herrenknecht.com

HERRENKNECHT
Tunnelling Systems

tunnel 7/13

Offizielles Organ der STUVA
www.stuva.de

Ein Wort zum Thema… / On the Topic of… 2

Tiefengeothermie – interdisziplinäre Herausforderung und Innovationstreiber Eine Vision für den Untertagebau
Deep Geothermics – interdisciplinary Challenge promoting Innovations
A Vision for Construction underground
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Robert Galler

Aktuelles / Topical News 4

STUVA-Nachrichten / STUVA News 10

Aussteller STUVA-Expo 2013 / Exhibitors STUVA-Expo 2013 16

Ihr Unternehmen auf der STUVA-Tagung'13 in Stuttgart/D
Your Company at the 2013 STUVA Conference in Stuttgart/D

Hauptbeiträge/Main Articles

Tiefengeothermie – Interdisziplinäre Herausforderung und Innovationstreiber – Kurzüberblick über den Stand der Technik 22
Deep Geothermics – inter-disciplinary Challenge promoting Innovation – Overview on the State of the Art
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Robert Galler

Innovation als Tradition: Der nächste Entwicklungsschub im maschinellen Tunnelbau 28
A Tradition of Innovation: The Next Push for Machine Tunnelling
Dick Robbins

Dartford Crossing: Hochdruck-Wassernebeltechnik setzt neue Maßstäbe in der Tunnelsicherheit 38
Dartford Crossing: High-Pressure Water Mist Technology sets new Standards in Tunnel Safety
Armin Feltmann, Dirk Laibach

Special formwork for hydraulic tunnel lining with application of HDPE membrane 48
Eugenio Bertino

Neue Produkte / New Products

Muldenkipper / Dump Truck 54
Tunnelausstattung | LED-Beleuchtung / Tunnel-Equipment | Led-Light 56
Bohrwagen / Jumbo 60
Vermessungskreisel / Surveying Gyroscope 61

Informationen / Information

Veranstaltungen / Events 62
Inserentenverzeichnis / Advertising List 64
Impressum / Imprint 64

Sandvik DTi jumbos to excavate world's longest subsea road tunnel, p.60

Title

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

(Photo: BASF Construction Chemicals Europe AG, www.ugc.basf.com)

Ein Wort zum Thema…

Tiefengeothermie – interdisziplinäre Herausforderung und Innovationstreiber

Eine Vision für den Untertagebau

Die tiefengeothermische Nutzung von Energie in Form von Wärme und Strom wird aufgrund der Verknappung von fossilen Energieträgern aus ökologischen aber auch aus wirtschaftlichen Gründen zukünftig stark an Bedeutung gewinnen. Dies unter anderem deshalb, weil sowohl die Nutzung als auch die Produktion von geothermischer Energie große Vorteile gegenüber allen anderen erneuerbaren Energieformen hat. Die Energiegewinnung aus der Erdkruste ist 24 Stunden/Tag 365 Tage/Jahr unabhängig von klimatischen Bedingungen oder Wetterlagen möglich. Damit wird Tiefengeothermie wichtige Quelle für die Bereitstellung von Grundlaststrom und -wärme; aktuell wird diese Energieform als erneuerbare Energiequelle aufgrund der hohen Bohrkosten nur unwesentlich genutzt und trägt in einem verschwindenden Anteil zum Energiemix bei.

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Robert Galler,
Leiter des Lehrstuhls für Subsurface Engineering – Geotechnik und Unterirdisches Bauen, Montanuniversität Leoben, Leoben/A
www.subsurface.at

Der große Vorteil der Energiegewinnung aus der Tiefe der Erdkruste ist, dass diese grundsätzlich unabhängig von den äußeren Umweltbedingungen überall verfügbar ist und im Vergleich zur Solar- oder Windenergieerzeugung wesentlich höhere Lebensdauern aufweist. Dazu kann geothermische Energie nahezu CO_2-frei produziert und gefördert werden. Bei der Gewinnung handelt es sich um einen rein physikalischen Prozess. Es findet also keine Verbrennung oder eine andere chemische Umwandlung statt. Geothermische Energie, die zu den erneuerbaren gezählt wird, ist im Übrigen als einzige dieser umweltfreundlichen Energien grundlastfähig.

Bei der Nutzung der Erdwärme mittels Tiefengeothermie unterscheidet man im Wesentlichen zwischen hydrothermalen und petrothermalen Systemen sowie zwischen offenen und geschlossenen Systemen. Diese werden der Volständigkeit halber in einem separaten Beitrag in dieser Ausgabe näher erläutert.

Eine Vision ist, dass beinahe sämtliche Anlagen zum Betrieb eines geothermischen Kraftwerks unter Tage errichtet werden könnten, woraus sich geringste Emissionen für die Umwelt ergeben würden. Geothermische Energiegewinnungsanlagen hätten damit den geringsten Oberflächenbedarf aller erneuerbaren Energien.

Zusätzlich könnten bei der Herstellung eines Geothermiekraftwerks auch Synergien mit anderen Energieträgern genutzt werden und somit der Gesamtwirkungsgrad erhöht werden. Eine Möglichkeit wäre, den Höhenunterschied innerhalb der Untertageinfrastrukturen hydraulisch zu nutzen (z.B. Spitzenabdeckung durch Speicherkraftwerk) und über eine Turbine Strom

On the Topic of…

Deep Geothermics – interdisciplinary Challenge promoting Innovations

A Vision for Construction underground

The deep geothermal exploitation of energy in the form of heat and electricity is bound to grow considerably in significance both ecologically and economically in future owing to the scarcity of fossil energy sources. This is also because the use as well as the generation of geothermal energy possesses major advantages when compared with all other kinds of sustainable forms of energy. Obtaining energy from the earth's crust is possible 24 h/day, 365 days/year regardless of climatic conditions or weather patterns. Consequently deep geothermics represents an important source for providing baseload electricity and heat; at present this form of energy is only rarely exploited as a renewable source on account of the high drilling costs and contributes to the overall energy mix to a negligible extent.

The great advantage of generating energy from deep in the earth's crust is that it is essentially available everywhere regardless of external environmental conditions and possesses a substantially greater life expectancy than solar or wind energy production. Furthermore, geothermal energy can be produced and obtained practically without CO_2. It is produced by a purely physical process. In other words, no combustion or other chemical transformation takes place. Geothermal energy, which is numbered among the renewable forms, is incidentally the only one of these environmentally acceptable energies, with a baseload capacity.

By and large, when exploiting the earth's heat using deep geothermics, a distinction is drawn between hydrothermal and petrothermal systems as well as between open and closed systems. These are dealt with at length in a separate report in this issue.

It represents a vision that practically all facilities devised to operate a geothermal power plant could be set up underground, resulting in minimal emissions for the environment. Geothermal energy production plants would thus require the smallest amount of surface space of all renewable energies.

In addition, when establishing a geothermal power plant synergies with other energy sources can be exploited so that the overall degree of efficiency is increased. One possibility would be to make use of the difference in height within the underground structures (e.g. covering peaks by means of a storage power plant) and to generate electricity via a turbine. Another conceivable method would be to take advantage of the difference of temperature, which results from differences in the density of the ventilation in the intake

zu erzeugen. Eine andere denkbare Möglichkeit wäre, den Temperaturunterschied zu nutzen, durch welchen es zu Dichteunterschieden der Wetter in den Ein- und Ausziehschächten kommt. Diese Wetterbewegung könnte unter Umständen durch Rotoren energetisch genutzt werden.

Um solche Energiequellen zu erschließen, benötigt man Bohrtechnologien, mit denen man in die nötige Teufe vordringen kann. Heutzutage sind Bohrungen technisch in bis zu 7.000 m Teufe Stand der Technik; als wirtschaftlich sind jedoch nur Teufen bis zu 5.000 m anzusehen.

Für den Bau- und Betrieb von untertägigen Tiefengeothermieanlagen sind Kavernen mit großen Querschnitten und relativ geringer Länge erforderlich. Die Verbindung zur Erdoberfläche würde durch Stollen (Strecken) oder Schächte erfolgen. Die Wahl günstiger Querschnittsformen, die Anwendung gebirgsschonender Ausbruchsverfahren sowie die Wahl von Stützmaßnahmen als temporäre und endgültige Sicherungsmaßnahmen gehören hier zu den wesentlichen Aufgaben. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die bisher tiefste untertägige Bohrung mit dem größten Untertagetiefbohrgerät, der RB50 von Prakla, bereits 2.000 m erreichte. Größere und damit stärkere Bohrgeräte bedingen naturgemäß mehr Raum, um unter Tage aufgestellt bedient werden zu können, was logistisch, sicherheitstechnisch, felsmechanisch und geotechnisch neue Herausforderungen mit sich bringt.

Ein solches Szenario erahnend sollte sich die heute tätige Generation aus meiner Sicht intensiv mit geologischen und geothermischen Standortfragen zur Nutzung tiefengeothermischer Energie auseinandersetzen, Bohrtechnologien inklusive der Bereitstellung der notwendigen Infrastrukturen zum Abteufen von Tiefenbohrungen von unter Tage aus entwickeln, Gebirgs-, Betriebs- und Prozessparameter erarbeiten sowie Sicherheitsaspekte untersuchen, die sich im Spezialfall in bestehenden oder auch neu zu errichtenden untertägigen Anlagen ergeben.

Schlussendlich müssen das Potenzial der Tiefengeothermie und deren Risiken technisch und wirtschaftlich erfasst werden. Die wissenschaftliche aber auch wirtschaftliche Behandlung des Themas Tiefengeothermie erfordert die interdisziplinäre Entwicklung von Konzepten und Methoden aller involvierten Disziplinen. Die in diesem Zusammenhang gewonnenen Forschungsergebnisse können weltweit Anwendung finden. Tiefengeothermie ist einerseits hoch innovativ und andererseits auch riskant, wird aber selbst im einzelnen Misserfolgsfall eine Reihe von Erkenntnissen liefern, die in anderen Zusammenhängen ihren Nutzen bringen werden.

and outlet shafts. This air movement could possibly be exploited energetically by rotors.

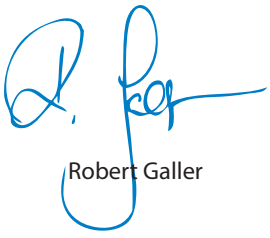
In order to open up such sources of energy, drilling technologies are needed by means of which it is possible to arrive at the required depth. Nowadays drilling down to a depth of 7,000 m is state of the art in technical terms; however, depths of 5,000 m can be regarded as economically feasible.

Caverns with major cross-sections and relatively short length are needed for constructing and operating underground deep geothermal plants. They would be connected to the earth's surface via headings or shafts. The choice of favourable cross-sectional forms, the application of excavation methods that go easy with the rock as well as selecting means of support as temporary and final securing measures are represented among the most vital tasks. In this connection, it should be mentioned that the deepest underground drill hole bored by the Prakla RB50, the largest deep drilling rig, reached 2,000 m. Larger and in turn more powerful drilling rigs require more space of course, so that they can be operated when set up underground, which naturally results in new challenges in logistical, safety technical, rock mechanical and geotechnical terms.

I am convinced that the generation that is active today should deal intensively with such a scenario regarding geological and geothermal location issues in order to exploit deep geothermal energy. Drilling technologies including the provision of the necessary infrastructures for sinking deep holes from an underground site must be developed, rock, operating and process parameters evolved as well as safety aspects appraised, which occur in the special case of existing or even newly set up underground facilities.

Finally the potential of deep geothermics and its risks have to be appraised both in technical and economic terms. Scientific as well as economic evaluation of the topic of deep geothermics calls for the interdisciplinary development of concepts and methods of all the disciplines involved. The research results obtained in this connection can be applied on a worldwide scale. On the one hand, deep geothermics is highly innovative and on the other, also risky, but would provide a series of findings, which will be of use in other fields, even if not crowned by success.

Ein herzliches Glückauf! / All the best,
Ihr / Yours,



Robert Galler

Österreich

Koralmtunnel: Baubeginn im Hauptabschnitt

Der 32,8 km lange Koralmtunnel in Kärnten und der Steiermark wird der längste Eisenbahntunnel Österreichs und ist das Kernstück der im Bau befindlichen 130 km langen zweigleisigen Koralmbahn Graz-Klagenfurt, einer Hochgeschwindigkeitsstrecke (200 km/h) mit über 5 Mrd. € Gesamtinvestitionen. Diese stellt die Hauptverbindung zwischen dem Baltikum und der Adria (TEN-Korridor 23) und ist ein zentrales Projekt des österreichischen Infrastrukturausbaus. Nach Abschluss der Vorerkundungen (Erkundungsstollen Leibenfeld, Peierdorf und Mitterpichling sowie Erkundungsschacht Peierdorf) und Erteilung der Baugenehmigung Ende 2007 wurde mit dem Bau der beiden Tunnelröhren 2011 begonnen und die Rohbaumaßnahmen sollen bis 2018 fertig gestellt sein.

Die beiden Tunnelröhren des Koralmtunnels mit rd. 40 m Achsabstand werden alle 500 m durch Querschläge miteinander verbunden und in Tunnelmitte ist eine Nothaltestelle mit über 900 m Länge vorgesehen. Der insgesamt 32,8 km lange Tunnel ist in drei Abschnitte unterteilt, wovon das Baulos KAT2 in der Mitte rd. 18 km der längste ist: die beiden parallelen eingleisigen Röhren mit ca. 82 m² Ausbruchquerschnitt werden maschinell mit Tunnelvortriebsmaschinen in Richtung Kärnten hauptsächlich durch kristallines Felsgestein (Glimmerschiefer, Gneise usw.) bis 2016 aufgefahren (30 m/Tag). Die Tunnelröhren des Bauloses KAT1 (4,1/5,1 km) wurden vom Lüftungsschacht Leibenfeld aus zyklisch vorgetrieben (NATM) und die des Bauloses KAT3 (rd. 11 km) maschinell oder zyklisch.

G.B.

Austria

Koralm Tunnel: Start of Construction in Main Section

The 32.8 km long Koralm Tunnel in Kärnten and Styria will be the longest rail tunnel in Austria, representing the core of the 130 km long, twin-track Koralmbahn Graz-Klagenfurt, currently under construction. This high-speed route (200 km/h) involves total investments in excess of € 5 billion. It provides the main link between the Baltic and the Adriatic (TEN Corridor 23) and is a central project of Austria's infrastructural development. After concluding prior investigations (Leibenfeld, Peierdorf and Mitterpichling exploratory tunnels and the Peierdorf exploratory shaft) and the granting of the building permit in late 2007, work began on the 2 tunnel bores in 2011 with the roughwork due for completion in 2018.

The 2 tunnel bores for the Koralm Tunnel with a centre distance of roughly 40 m are linked every 500 m by cross-passages with a more than 900 m long emergency stop foreseen at the centre of the tunnel. The altogether 32.8 km long tunnel is split into 3 sections, with the roughly 19 km long central contract section KAT2 the longest one: the 2 parallel single-track bores with an excavated cross-section of some 82 m² are to driven by mechanised means with tunnelling machines towards Kärnten mainly through crystalline rock (glimmer slate, gneisses etc.) by 2016 (30 m/day). The tunnel bores of contract section KAT1 (4.1/5.1 km) are driven cyclically (NATM) from the Leibenfeld ventilation shaft and those of contract section KAT3 (roughly 11 km) either mechanically or cyclically.

G.B.

Die Redaktion ist für Sie da!

Haben Sie Fragen oder Vorschläge zu den Artikeln in tunnel, zu Autoren oder zu den Produkten?
Wollen Sie uns Ihre Meinung sagen?

Schreiben Sie uns oder rufen Sie an:
Redaktion tunnel,
Avenwedder Straße 55,
D-33311 Gütersloh

Dr.-Ing. Katrin Brummermann
Phone: +49 151 / 64 94 74 95
E-Mail: Katrin.Brummermann@Bauverlag.de

Dipl.-Ing. Manfred König
Phone: +49 171 / 560 23 90
E-Mail: Manfred.Koenig@Bauverlag.de

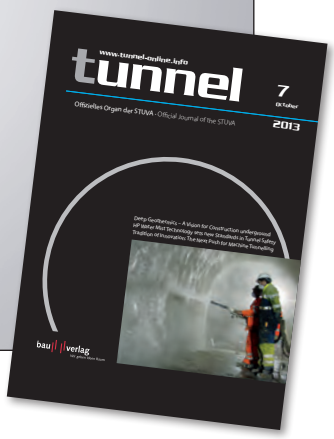
Your Editorial Staff takes care of you!

Do you have questions or proposals concerning the articles of tunnel, the authors or the products?
Do you like to tell us your opinion?

Don´t hesitate to contact us:
Editorial office of tunnel,
Avenwedder Straße 55,
D-33311 Gütersloh

Dr.-Ing. Katrin Brummermann
Phone: +49 151 / 64 94 74 95
E-Mail: Katrin.Brummermann@Bauverlag.de

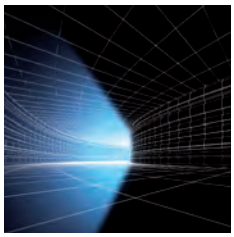
Dipl.-Ing. Manfred König
Phone: +49 171 / 560 23 90
E-Mail: Manfred.Koenig@Bauverlag.de



MINOVA Ground Support Systems

Minova tunnelling and civil business area delivers high performing ground support and consolidation products and services to people working in tunnelling, infrastructure, construction and repair works. Our expertise has been developed through growing our people complimented by our long and solid history in global mining and tunnelling works. We are striving to be the preferred supplier of safe and high performing products to people working in tunnelling and civil projects, anywhere around the world.

- **High performance injection resins and resin capsules (Polyurethane, Silicate, Acrylic, Phenolic)**
- **Bolting systems (SDA, GRP, Fore poling system and others)**
- **Professional assistance from experienced engineers**



Minova CarboTech GmbH
Tunnelling & Civils
Phone: +49 (0)201 80983 730
info@minovaint.com
www.minovainternational.com

ORICA
A member of the Orica Group

MINOVA
Ground Support Systems

Deutschland

Verlängerung der U5 mitten durch Berlin

Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) verlängern die U-Bahn U5 vom Alexanderplatz vorbei am Berliner Rathaus direkt durch Berlins historische Mitte bis zum Brandenburger Tor. Dort wird sie mit der bereits fertigen U55 zusammengeführt, die über die Station Bundestag zum Berliner Hauptbahnhof fährt. Nach Fertigstellung der U5-Verlängerung gibt es dann eine umsteigefreie Verbindung zur historischen Innenstadt, zum Regierungsviertel und zum Berliner Hauptbahnhof. Rotes Rathaus, Nikolaiviertel und Museumsinsel sind endlich mit der U-Bahn erreichbar. Für etwa 155.000 Fahrgäste täglich ergeben sich zahlreiche neue Verknüpfungspunkte mit dem Berliner Schnellbahn- und Omnibusnetz.

Zur 2,2 km langen Neubaustrecke (433 Mio. €) gehören zwei eingleisige Tunnelröhren und drei neue Stationen: Berliner Rathaus, Museumsinsel und Unter den Linden. Die beiden je etwa 1,6 km langen Röhren werden nacheinander mit einem 74 m langen Mixschild (S-788, Herrenknecht AG) mit 6,67 m Durchmesser und 700 t Gewicht bis Mitte 2014 in 5 bis 17 m Tiefe aufgefahren und mit Stahlbetontübbingen ausgebaut, und zwar mit 1,50 m breiten und 0,35 m dicken Ringen aus sechs gleich großen Tübbingen und einem Schlussstein (6+1). Der Mixschild wurde nach Werksabnahme in Schwanau bei Offenburg demontiert, auf dem Wasserweg nach Berlin transportiert und begann dann nach dem Zusammenbau aus der 20 m tiefen Startgrube am Max-Engels-Forum mit dem Auffahren der ersten Tunnelröhre. Das Ausbruchmaterial (rd. 120.000 m^3) gelangt über ein Förderband zur Startgrube und wird dann auf dem Wasserweg abtransportiert.

Die Station unter den Linden mit Umstieg zur U6 wird in offener Bauweise errichtet, die Station Berliner Rathaus in Deckelbauweise. Die Station Museumsinsel wird dagegen in geschlossener Bauweise ausgeführt, da sie zum Teil unter dem Spreekanal liegt, und zwar im Vereisungsverfahren wie seinerzeit beim Bau des U-Bahnhofs Brandenburger Tor. G.B.

Germany

Extension of the U5 through the middle of Berlin

The Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) are extending the U5 Metro from Alexanderplatz passing the Berlin Rathaus directly through Berlin's historic centre to reach the Brandenburg Gate. It will link up there with the already completed U55, which runs to the Berlin Hauptbahnhof via the Bundestag Station. After the U6 extension is finished, there will be a direct connection to the historic city centre, the government district and Berlin Hauptbahnhof without having to change. The Red Rathaus, Nikolai District and the Museum Island can finally be reached by Underground. The outcome will be new connections linking up with the Berlin rapid transit and bus network for around 155,000 passengers per day.

The 2.2 km long new route (€ 433 million) will possess 2 single-track bores and 3 new stations: Berlin Rathaus, Museuminsel and Unter der Linden. The 2 roughly 1.6 km long bores are to be driven one after the other using a 74 m long Mixshield (S-788, Herrenknecht AG) with 6.67 m diameter weighing 700 t by mid-2014 at a depth of 5 to 17 m and lined with reinforced concrete segments, comprising 1.40 m wide and 0.35 m thick rings made up of 6 equally large segments and a keystone (6+1). After approval at the Schwanau plant near Offenburg, the Mixshield was dismantled and transported to Berlin by waterway. After being reassembled in the 20 m deep starting pit at Max-Engels-Forum, the first bore was driven. The excavated material (some 120,000 m^3) was carried via a conveyor belt to the starting pit and then removed via waterway.

The Unter der Linden Station transferring to the U6 is being set up by cut-and-cover; the Berlin Rathaus Station by the top cover method. The Museuminsel Station is being produced by trenchless means, as it is partly located beneath the River Spree. Here freezing is being applied as was the case with the Brandenburg Gate Metro station. G.B.

Italien

Sparvo-Tunnel: Zweiter Durchschlag

Beim Ausbau der Autobahn A1 in Italien wird derzeit der vielbefahrene Teilabschnitt zwischen Bologna und Florenz (90.000 Fahrzeuge/Tag) durch eine Ausweichstrecke mit dem 2.413 m langen Sparvo-Tunnel mit zwei parallel geführten Röhren für je zwei Fahrbahnen und jeweils eigenem Standstreifen ergänzt. Die Geologie in der Tunneltrasse besteht vorwiegend aus Ton, Sand- und Kalkstein bei Anfall von Grubengas in teilweise hohem Ausmaß.

Beim Bau des Tunnels hat der 4.500 t schwere und 130 m lange EPB-Schild Martina (S-574; Herrenknecht AG) – mit 15.615 m Bohrdurchmesser größter Erddruckschild weltweit – nach knapp zwölf Monaten Ende Juli 2012 die erste Röhre durchschlagen bei Spitzenwerten von 22 Tunnelmetern/Tag. Dabei wurden täglich bis zu 4.215 m³ Erdreich (insgesamt 458.451 m³ Ausbruch) abgetragen, eine große Herausforderung für das Baustellenmanagement. Die gashaltigen Böden erforderten besondere Sicherheitsmaßnahmen, wie vollständige Einhausung des Förderbands, ständige Frischluftzufuhr in allen Bereichen sowie eine ständige Überwachung der Dichtheit der Einhausung und der Gaskonzentration.

Nach dem Durchschlag der ersten Tunnelröhre wurde der EPB-Schild gedreht und fuhr im Abstand von 20 m von der ersten die zweite Tunnelröhre auf, und zwar noch schneller als die erste; Bestwerte waren 24 m/d und 126 m/Woche. Der Durchschlag der zweiten Röhre fand am 29. Juli 2013 statt. Beide Tunnelröhren wurden mit 2 m breiten Ringen mit

15 m Durchmesser aus Stahlbeton-Tübbings (70 cm; 9+1) ausgebaut, hergestellt in einem nahen Fertigteilwerk. G.B.

Literatur/References

[1] Bandieri, S.: MARTINA, the world's largest TBM/EPB; results and innovative technical applications during the first year of Operation. BC 2013, pp. 105-110

[2] BrennerCongress 2013 in Bozen. Tunnel 4/2013, pp. 54-56

Italy

Sparvo Tunnel: Second Breakthrough

Currently to develop the A1 motorway in Italy, the busy part-section between Bologna and Florence (90,000 vehicles/day) is being augmented by an alternative route – the 2,413 m long Sparvo Tunnel with 2 parallel running bores each with 2 lanes and a hard shoulder. The geology in the tunnel route largely comprises clay, sand and limestone with mine gas present to a high extent in some sections.

While building the tunnel, the 4,500 t heavy, 130 m long EPB shield Martina (S-574; Herrenknecht AG) – with 15.615 m boring diameter the world's biggest EPB shield – broke through the first bore after 12 months at the end of July 2012 attaining peak rates of 22 tunnel metres/day. In the process up to 4,215 m³ of earth was removed on a daily basis (altogether 458,451 m³ of excavated material), representing a major challenge for the site management. The soil containing gas required special safety precautions, such as ensuring that the conveyor belts were completely encased, permanent fresh air intake for all sectors as well as continuous monitoring to make sure the casing was tight and of the gas concentration. After breaking through the first tunnel bore the EPB shield was turned and drove the second tunnel bore at a gap of 20 m from the first one. The result was even more impressive: peak values of 24 m/d and 126 m/w were achieved. The second bore was broken through on July 29, 2013. Both tunnel bores were fitted with 2 m wide rings with 15 m diameter made of reinforced concrete segments (70 cm; 9+1), produced in a nearby plant. G.B.

Deutschland

Sicher durch Eisenbahntunnel

Die Deutsche Bahn betreibt für alle Tunnelanlagen ein vierstufiges Sicherheitskonzept, das die Maßnahmen Prävention, Ereignisminderung, Selbstrettung sowie Fremdrettung umfasst. Derzeit unterhält sie zur Unterstützung der Fremdrettung in Tunnelanlagen der Schnellfahrstrecken Hannover-Würzburg und Mannheim-Stuttgart in Hildesheim, Kassel, Fulda, Würzburg, Mannheim und Kornwestheim bei Ludwigsburg sechs ständig einsatzbereite Rettungszüge; deren Vorhaltung kostet jährlich 12 Mio. €. Die Züge wurden im Laufe der Jahre immer dem neuesten Stand angepasst; nach über 20 Jahren Einsatz sollen sie jetzt innerhalb der nächsten sechs Jahre durch neue Fahrzeuge ersetzt werden; die Bahn wird dafür einschließlich eines weiteren Zugs als Einsatzeinheit rd. 80 Mio. € in die Sicherheit der beiden Schnellfahrstrecken investieren.

Dazu wurden Verträge zur Lieferung von 36 Wechselaufbauten für Transport-, Geräte-, Löschmittel- und Sanitätswagen (Dräger, Sicherheitstechnik) und gleich vielen Trägerfahrzeugen (Tatravagonka) geschlossen. Damit können Einsatzkräfte und Material sicher zum Ort des Geschehens gebracht werden.

Die Spezialwagen in modularer Containerbauweise mit umgebungsluftunabhängiger Atemluftversorgung können im Ernstfall von der kontaminierten Außenluft abgeschottet werden; dadurch haben gerettete Personen und Einsatzkräfte in den Containern ohne zusätzlichen Atemschutz über viele Stunden einen sicheren Aufenthalt. Außerdem sind die Rettungszüge mit feuerwehrtechnischem Gerät und Löschwasser ausgerüstet sowie mit Kommunikationsmitteln und Stromerzeugern. Auch gibt es notfallmedizinische Einrichtungen in den umluftunabhängigen Bereichen. Dieses Rettungskonzept hat sich bisher auf den Schnellfahrstrecken bewährt. G.B.

Germany

Safely through railway tunnel

The Deutsche Bahn operates a 4-stage safety concept for all its tunnels embracing the measures prevention, incident reduction, self-rescue and third-party rescue. At present, the DB maintains 6 permanently deployable rescue trains, at a cost of € 12 million per annum to support third-party evacuation in tunnels on the high-speed routes Hanover-Würzburg and Mannheim-Stuttgart in Hildesheim, Kassel, Fulda, Würzburg, Mannheim and Kornwestheim near Ludwigsburg. The trains were always upgraded to reach the latest standards during the course of the years but within the next 6 years after being used for more than 20 years they are to be replaced by new rolling stock. The DB is to invest some € 80 million in safety on the 2 high-speed routes including a further train, which is due to be deployed there.

Towards this end, contracts to supply 36 units for transport, equipment, extinguishing agent and ambulance cars (Dräger, Sicherheitstechnik) and an equal number of carrier vehicles (Tatravagonka) have been drawn up. In this way, emergency services and material will be transported safely to where they are required.

The special cars build in modular container form, with the respiratory air supply independent of the surrounding air, can be shut off from contaminated external air in the event of an emergency. As a result, evacuated persons and emergency services can remain in safety in the containers for many hours without an additional air supply. In addition, the rescue trains are provided with firefighting equipment and extinguishing water as well as means of communication and power generators. The sectors sealed off from the surrounding air also possess emergency medical facilities. This rescue concept has so far proved its worth on the high-speed lines. G.B.

Literatur/References

SBB-Betriebswehr erhält neue Lösch- und Rettungszüge für Tunneleinsatz. Tunnel 2/2007, p. 12

Schweiz

Erneuerung des Albula-Bahntunnels

Der Albulatunnel liegt auf der Strecke Chur-Thusis-St. Moritz bzw. Chur-Thusis-Pontresina-Tirano. Er ist seit dem Jahr 2008 Teil des Unesco-Welterbes „Rhätische Bahn in der Landschaft Albula/Bernina" und mit seiner Lage auf 1.800 m ü.M. der höchste Alpendurchstich einer Vollbahn.

Nach 110-jährigem Betrieb muss der 5.860 m lange Albulatunnel der Rhätischen Bahn (RhB) dringend erneuert werden. Nach eingehender Prüfung der Varianten „Instandsetzung" und „Neubau" entschied sich die Bahnbetreiberin für den Neubau einer zweiten Tunnelröhre und die Sanierung der Bestandsröhre; ausschlaggebend dafür waren der verhältnismäßig geringe Kostenunterschied sowie kaum fahrplanmäßige Einschränkungen während der Bauphase und die wesentlich höhere Sicherheit in einer Neuanlage, denn die Sicherheit des alten Tunnels ist nicht mehr zeitgemäß. Dies betrifft besonders die Werkleitungen, das Tunnelgewölbe und den Wasserzutritt. Im Dezember 2012 wurde das Plangenehmigungsprojekt dem Bundesamt für Verkehr eingereicht.

Der neue eingleisige Tunnel mit 31,40 m² Querschnitt (feste Fahrbahn und Deckenstromschiene sowie zwei Lüftungszentralen) wird im Abstand von 30 m nordöstlich des bestehenden Tunnels gebaut. Im Ereignisfall ermöglichen zwölf Querschläge im Abstand von 425 bis 460 m die Flucht in den, dann mit Notbeleuchtung, Fluchtwegen, Kommunikationsmitteln und Lüftung umgerüsteten alten Tunnel. Drei der Querschläge sind befahrbar, ebenso der Sicherheitstunnel.

Der Vortrieb für den neuen Tunnel geschieht von beiden Portalen aus im Sprengverfahren durch 4.400 m Albulagranit, 1.100 m Allgäuer Schiefer, insgesamt etwa 300 m Lockergestein und gebrächen Fels. Etwa 250.000 m³ Ausbruchmaterial werden dabei gelöst. Das Tunnelgewölbe wird größtenteils (4.121 m) einschalig in Spritzbeton ausgeführt.

In den Portalbereichen mit Wasservorkommen und Frostgefahr sowie in den geologisch ungünstigen Zonen (Raibler Rauwacke) und den Lockergesteinsstrecken wird eine zweischalige Bauweise mit Abdichtung und Innenschale (1.739 m) ausgeführt – erforderlichenfalls mit Sohlgewölbe.

Der neue Tunnel soll im Jahr 2020 in Betrieb gehen, ein Jahr später der alte Tunnel saniert sein und als Sicherheitstunnel dienen. Von den auf 345 Mio. CHF (276 Mio. €) veranschlagten Gesamtkosten entfallen auf das Tunnelprojekt 290 Mio. CHF (232 Mio. €), die vom Bund (85 %) und Kanton (15 %) finanziert werden. Hinzu kommen 55 Mio. CHF (43 Mio. €) für die Erneuerung der Stationen Preda und Sprinas sowie für die umfangreichen Erschließungen. G.B.

Switzerland

Renewal of the Albula Tunnel

The Albula Tunnel is located on the Chur-Thusis-St.Moritz/Chur-Thusis-Pontresina-Tirano route. Since 2008, it has been part of the UNESCO world heritage "Rhaetian Railway in the Albula/Bernina District". Situated at 1,800 m ASL it is the highest Alpine standard-gauge railway tunnel.

After 110 years of service the Rhaetian Railway's (RhB) 5,860 m long Albula Tunnel urgently needs to be refurbished. After thoroughly scrutinizing the alternatives "maintenance" and "new development" the operator decided in favour of building a new second tunnel bore and redeveloping the existing one. The deciding factors were the relatively small difference in costs as well as the limited restrictions affecting the timetable during the construction phase and the substantially higher safety provided by a new development, for the old tunnel no longer complies with the latest standards. This applies in particular to the utility cables, the tunnel vault and the ingress of water. In December 2012, the planning approval project was passed on to the Federal Office of Transport (FOT).

The new single-track tunnel with 31.40 m² cross-section (solid slab track and ceiling contact rail as well as 2 ventilation control rooms) is being built at a distance of 30 m to the north of the existing tunnel. Should an incident occur, 12 cross-passages set 425 to 460 m apart enable persons to escape into the old tunnel, which is to be equipped with emergency lighting, escapeways, means of communication and ventilation. Three of these cross-passages as well as the safety tunnel are suitable for use by vehicles.

The new tunnel is being driven from both portals using drill+blast penetrating 4,400 m of Albula granite, 1,100 m of Allgäu slate, altogether around 300 m of soft ground and friable rock. Around 250,000 m³ of excavated material will be produced in the process. The tunnel vault will mainly be completed (4,121 m) with a shotcrete single shell.

In the portal areas with ingressing water and the danger of frost as well as in the geologically unfavourable zones (Raibler Rauwacke) and the soft ground sections, a 2-shell construction method with sealing and inner shell (1,730 m) will be applied – using a base invert if necessary.

The new tunnel is due to be opened in 2020 with the old one scheduled for completion a year later serving as safety tunnel. 290 million CHF (€ 232 million) of the total estimated costs of 345 million CHF (€ 276 million) will be accounted for by the tunnel project, which will be financed by the state (85 %) and the canton (15 %). In addition, 55 million CHF (€ 43 million) is earmarked for renovating Preda and Sprinas stations as well as extensive exploratory activities.

G.B.

Literatur/References
Rhätische Bahn prüft Neubau des Albulatunnels. Tunnel 4/2009, p. 4

Tagung und Expo

STUVA-Tagung 2013 vom 27. bis 29. November in Stuttgart

Vom 27. bis 29. November öffnet die STUVA-Tagung 2013, der Branchentreffpunkt rund um das unterirdische Bauen, ihre Pforten. Mit der Verbindung von Tagung und Fachausstellung finden Sie eine einzigartige internationale Plattform für einen Erfahrungsaustausch mit anderen nationalen und internationalen Tunnelexperten.

In der Vortragsveranstaltung am 27. und 28. November referieren 42 Fachleute zu den folgenden Themen:

- Internationale Großprojekte
- Sicherheit im Tunnelbau
- Maschineller Tunnelbau
- Bürgerbeteiligung, Rechts- und Vertragsfragen
- Tunnelbetrieb, Kosten
- Unterirdisches Bauen in Stuttgart

Mit jährlich steigenden Zuwachsraten findet am 27. und 28. November 2013 in unmittelbarem Zusammenhang mit der Vortragsveranstaltung die begleitende Fachausstellung STUVA-Expo statt. Aktuell sind mehr als 2.200 m² netto Ausstellungsfläche vergeben und so wird auch in diesem Jahr das Ergebnis der letzten tagungsbegleitenden Ausstellung bereits rund zwei Monate vor Veranstaltungsbeginn übertroffen. Mehr als 140 namhafte Firmen aus dem In- und Ausland nutzen diese professionelle Marketingplattform und werden Produkte und Dienstleistungen aus den Bereichen „Maschinen und Geräte", „Material und Zubehör", „Planung und Beratung" sowie „Ausführung" im Bereich des unterirdischen Bauens präsentiert.

Am 29. November sind Tagungsteilnehmer herzlich zu einer der Fachbesichtigungen eingeladen. Vor Ort werden vertiefte Einblicke in die Baustellen des Mega-Projekts Stuttgart–Ulm geboten und die neue Stadtbahnlinie unter dem Europaviertel vorgestellt. Die sicherheitstechnische Nachrüstung des Heslacher Straßentunnels wird erläutert und die integrierte Verkehrsleitzentrale in Stuttgart kann besichtigt werden. Interessant sind auch die Methangasbeherrschung bei Vortriebsarbeiten am Scheibengipfeltunnel und das Mercedes-Benz-Werk in Sindelfingen. Das Werk für Tunnelvortriebsmaschinen in Schwanau lädt ein, sich die Montage der Tunnelgiganten aus der Nähe anzuschauen.

Alle, die nun feststellen, dass sie bei dieser Veranstaltung nicht fehlen dürfen, finden Details zur Tagung unter www.stuva-Tagung.de. Denn: Tunnel sind Infrastrukturen für die Zukunft!

Tagungsgebühren (umsatzsteuerfrei) Conference Fees (free of VAT)	
STUVA-Mitglieder Members of STUVA	420 €
Nicht-Mitglieder Non-members	510 €
Studenten Students	50 €
Festabend (inkl. 19 % Ust., inkl. Getränke) Festive Evening (incl. VAT, Drinks included)	70 €

Vortragsveranstaltung Schallschutz bei Schienenbahnen

Unter Leitung und Mitwirkung von Herrn Dr. Friedrich Krüger, STUVA e. V., veranstaltet die

Conference and Expo

2013 STUVA Conference from November 27 to 29 in Stuttgart

The 2013 STUVA Conference, the get-together for everything and everyone involved in underground construction, will take place from November 27 to 29 in Stuttgart. With the Conference and its accompanying exhibition a unique international platform is available to exchange experiences with other national and international tunnel specialists.

Forty two experts will present papers on the following topics at the series of lectures on November 27 and 28:

- International major projects
- Safety in tunnelling
- Mechanised tunnelling
- Citizens` involvement, legal and contractual issues
- Tunnel operation, costs
- Underground construction in Stuttgart

The accompanying exhibition STUVA-Expo, which registers growing attendance figures every year, will take place on November 27 and 28, 2013. Currently a net exhibition area of more than 2,200 m² has been taken so that the result of the last exhibition running in conjunction with the fair will be exceeded 2 months prior to the start of the event itself. More than 140 leading companies from home and abroad will take advantage of this professional marketing platform and present products and services from the fields of "machines and equipment", "material and accessories", "planning and consultation" as well as "execution" on the underground construction sector.

On November 29, conference participants are cordially invited to take part in an excursion. On the spot they will be able to obtain proper impressions of the mega project Stuttgart-Ulm and have the new urban transit link under the Europa District presented to them. The retrofitting of the Heslach road tunnel with safety equipment will be explained and a visit can be paid to the integrated traffic control centre in Stuttgart. Of interest is also mastering methane gas during driving operations at the Scheibengipfel Tunnel as well as looking around the Mercedes Benz factory in Sindelfingen. The tunnelling machine plant at Schwanau enables you to observe the assembly of these tunnelling giants close up.
Whoever feels they simply have to attend this event can find details on the Conference by accessing www.stuva-conference.com. After all, tunnels are infrastructures for the future.

Seminar on Noise Protection on Track Railways

The Technical Academy Esslingen is staging a seminar on "Noise Protection on Track Railways" chaired by and co-organized by Dr. Friedrich Krüger, STUVA Inc.

Technische Akademie Esslingen ein Seminar zum Thema: „Schallschutz bei Schienenbahnen".

Schienenbahnen sind ein unverzichtbarer Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur. In Ballungsgebieten kommt ihnen eine herausragende Bedeutung für die Bewältigung hoher Verkehrsaufkommen zu. Für städtische Bahnen kann eine hohe Leistungsfähigkeit und Attraktivität nur gewährleistet werden, wenn sie auf Trassen geführt werden, die von Beeinträchtigungen durch den übrigen Verkehr freigehalten werden und die nicht allzu weit von den Wohn- und Arbeitsstätten entfernt liegen. Zum Schutz der Bevölkerung müssen in steigendem Umfang Maßnahmen zur Minderung der Luftschallemissionen aus dem Bahnverkehr getroffen werden. Geringe Schallemissionen fördern die Verwirklichung neuer Bahntrassen und tragen somit zur Minderung der Umweltbelastung bei. Das Seminar behandelt den Gesamtkomplex der Entstehung, Ausbreitung und Minderung sowie Messung und Bewertung von Luftschall bei Schienenbahnen. Es werden konkrete Möglichkeiten zur Untersuchung und Lösung von Schallproblemen im gesamten Schienenverkehr aufgezeigt. Ein wesentlicher Punkt ist die Darstellung des Entwurfs einer neuen Verkehrslärmschutzrichtlinie aus dem Jahr 2013 (Richtlinie „Schall 03" aus dem Jahr 2012). Das Seminar findet am 19.11. und 20.11.2013 in Ostfildern-Nellingen statt. Teilnehmerkreis sind Mitarbeiter in Unternehmen des ÖPNV, der DB AG, in Behörden, in Beratungsunternehmen, Forschungseinrichtungen, Firmen und Kanzleien. Weitere Informationen finden Sie online auf www.tae.de.

Track railways represent an essential part of the transport infrastructure in built-up areas for coping with high traffic volumes. High capability and attractivity can only be assured for urban transit systems providing they run on their own tracks without interference from other forms of transport and which are not too remote from residential areas and work places. Measures to cut back on the airborne sound emission resulting from the rail traffic have to be implemented to an increasing extent in order to protect the population. The execution of new rail track systems result in fewer noise emissions and in turn to reducing the environmental impact. The seminar deals with the general complex involving the creation, spread and reduction of air-borne noise caused by track railways as well as how it is measured and evaluated. Concrete possibilities to investigate and solve noise problems for rail traffic in general are provided. The presentation of a draft for a new traffic noise protection guideline from 2013 (Guideline "Noise 03" dating from 2012) represents an essential factor. The seminar will be held on Nov. 19 and 20, 2013 at Ostfildern-Nellingen. Those participating are drawn from members of public transportation companies, the DB AG, public authorities, consulting firms, research institutes, companies and law firms. Further details available online under www.tae.de.

Shaft installation, Metro Lyon, France

Segment laying device,
European XFEL,
Hamburg, Germany

Maschinen und Stahlbau
MSD Dresden
Branch of Herrenknecht AG
www.msd-dresden.de | info@msd-dresden.de

EXPO Tunnel
BOLOGNA ITALY
17-20 OCTOBER 2013
UNDERGROUND TECHNOLOGIES EXHIBITION
SALONE PROFESSIONALE DELLE TECNOLOGIE PER IL SOTTOSUOLO
Meet us here:
Pavilion 19 | Booth C27-29

Foto: Täby Brandskydds Teknik

Bei der brandschutztechnischen Modernisierung des Söderledstunnel in Stockholm setzten sich die Tunnel Brandschutzplatten des Typs Aestuver als Alternativlösung gegenüber dem ursprünglich geplanten Brandschutzputz durch

When modernizing the Söderleds Tunnel in Stockholm in terms of fire protection Aestuver fire protection boards were used as an alternative to the fire protection plaster originally planned

Brandschutz

Fermacell Aestuver: Spezialist für den Brandschutz im modernen Tunnelbau

Konzepte für den vorbeugenden Brandschutz in unterirdischen Verkehrsanlagen präsentiert Fermacell Aestuver auf der STUVA-Expo vom 27. bis 28. November in Stuttgart (Halle 2, Stand A112). Aestuver Brandschutzplatten sind nichtbrennbare, zementgebundene Glasfaserleichtbetonplatten der Baustoffklasse A1 nach DIN 4102 für hoch spezialisierte Anwendungen. Die Platten sind wasser- und frostbeständig, extrem druck-, biege- und abriebfest sowie leicht zu verarbeiten. Die Brandschutzplatten haben vom DIBT (Deutsches Institut für Bautechnik) die Europäische Technische Zulassung (ETA-11/0458) erhalten.

Schwere Unglücke mit vielen Toten und hohen wirtschaftlichen Schäden haben in den vergangenen Jahren grundsätzliche Diskussionen über die Tunnelsicherheit ausgelöst. Die erhöhten Anforderungen an die Sicherheitsstandards, die vor diesem Hintergrund entwickelt wurden, orientieren sich maßgeblich am Szenario eines Unfalls mit Brand. Im Fokus stehen daher vor allem der Schutz des Konstruktionsbetons vor den Folgen des schnellen Temperaturanstiegs und der großen Hitzeentwicklung, die sichere Gestaltung von Fluchtwegen sowie der Funktionserhalt von elektrischen Anlagen.

Fire Protection

Fermacell Aestuver: Specialist for Fire Protection in modern Tunnelling

Fermacell Aestuver will present concepts for preventive fire protection in underground transportation facilities at the STUVA Expo from November 27 to 28 in Stuttgart (Hall 2, Stand A112). Aestuver fire protection boards are non-combustible, cement-bonded glass fibre light concrete boards belonging to construction material class A1 according to DIN 4102 for highly specialized applications. The boards are water and frost resistant, extremely resistant to pressure, bending and abrasion as well as being easy to process. These fire protection boards have been granted the European Technical Approval (ETA-11/0458) certificate from the DIBT (German Institute for Construction Technology).

Serious accidents involving many fatalities and high economic damage have triggered basic discussions on tunnel safety in recent years. Enhanced demands on safety standards, which have been developed against this background, are mainly geared to a scenario of an accident involving fire. As a result, attention is focused on first and foremost protecting the structural concrete against the consequences of a rapid rise in temperature and major heat development, the safe design of evacuation routes as well as

Der hersteller präsentiert im Rahmen des Messeauftritts leistungsfähige Platten- und Zubehörprodukte, die durch eine Kombination von Spezialeigenschaften genau auf diese Anwendungsbereiche ausgerichtet sind.

Schutz des Konstruktionsbetons

Brandschutzplatten aus Glasfaserleichtbeton schützen im Brandfall den Beton zuverlässig vor Abplatzungen und Zermürbungen (Bild 1). Die speziell für den Brandschutz in unterirdischen Verkehrsanlagen entwickelten Tunnel Brandschutzplatten des Typs Aestuver sind besonders für Einsätze geeignet, wenn Anforderungen im Hochtemperaturbereich z.B. nach ZTV-ING gestellt werden. Selbst bei einer Brandbelastung nach der international anerkannten RWS-Kurve wurde für Temperaturen bis zu 1.350 °C die Eignung nachgewiesen.

Sichere Gestaltung von Fluchtwegen

Das Brandschutzelement D+2 ist eine spezielle Entwicklung zur Abdeckung der Kabelbetontröge bzw. zur Gestaltung von Flucht- und Rettungswegen im Gleisbett (Bild 2). Die nach DIN EN 13501-1 (DIN 4102, Teil 1) geprüften Elemente sind nichtbrennbar (Bau-

ensuring that electrical installations remain functional. Within the scope of the Expo, the manufacturer is presenting efficient boards and accessories, which are devised especially for this field of application thanks to a combination of special features.

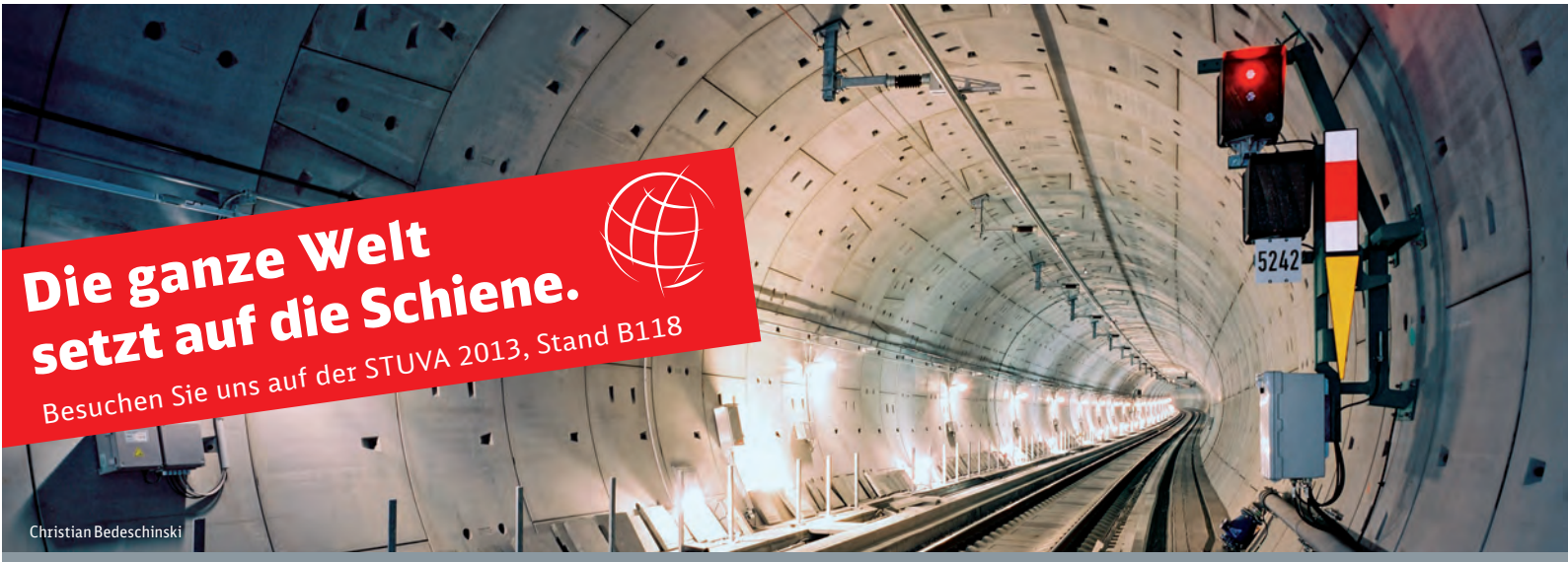
Protecting structural Concrete

Fire protection boards made of glass fibre light concrete protect concrete reliably in the event of fire against spalling and destruction (Fig. 1). These tunnel fire protection boards specially designed to counter fire in underground transportation facilities – Type Aestuver – are particularly suitable for applications, where demands are posed in the high temperature sector e.g. according to ZTV-ING. Even given a fire load according to the internationally recognized RWS curve, they were shown to be suitable for temperatures of up to 1,350 °C.

Safely designing Escapeways

The fire protection element D+2 is a special development for covering cable concrete troughs and to design evacuation and rescue routes in the track bed. The elements tested according to DIN EN 13501-1 (DIN 4102, Part 1) are non-combustible (construction material class A1 according to DIN 4102) and re-

DB Mobility Networks Logistics



Setzen Sie auf uns. DB International

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

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

Foto: fermacell AESTUVER

Umfangreiche Sanierungsarbeiten im U-Bahnnetz der Stadt Essen erforderten auch eine Erneuerung der Kabeltrogdeckel. Dabei wurden insgesamt mehr als 2.500 Brandschutzelemente D+2 verarbeitet

Extensive redevelopment measures in the City of Essen's Metro network also called for the cable trough lids being renewed. In the process, more than 2,500 fire protection elements D+2 were used

stoffklasse A1 nach DIN 4102) und halten Temperaturen von mehr als 1.000 °C stand. Je nach Einsatzgebiet sind die Elemente mit rutschhemmender oder nachleuchtender Beschichtung lieferbar.

Funktionserhalt von elektrischen Anlagen

Die Brandschutz-Kabelkanäle des Herstellers sorgen durch eine sichere Kapselung der Brandlast dafür, dass Flucht- und Rettungswege nicht zur tödlichen Falle werden und gewährleisten gleichzeitig den Funktionserhalt von elektrischen Anlagen (Bild 3). Sie werden als montagefertige Bauteile in den Feuerwiderstandsklassen I 30 bis I 120 und E 30 bis E 120 angeboten.

Foto: fermacell AESTUVER

Im Großprojekt Berliner Hauptbahnhof wurden die umfangreichen technischen Installationen – großteils mit Sonderlösungen – durch Brandschutz-Kabelkanäle sicher abgekapselt

For the Berlin Hauptbahnhof major project the extensive technical installations – largely with special solutions – were safely encapsulated with fire protection cable ducts

sist temperatures in excess of 1,000 °C (Fig. 2). Depending on their field of application the elements can be supplied with a non-slip or luminescent coating.

Keeping electrical Installations functional

The manufacturer's fire protection cable ducts cater for safe enclosure of the fire load thus ensuring that evacuation and rescue routes do not become fatal traps and at the same time guarantee that electrical installations remain functioning (Fig. 3). They are supplied as ready-to-assemble components in fire resistance classes I 30 to I 120 and E 30 to E 120.

Fermacell GmbH – fermacell AESTUVER, Duisburg/D
www.aestuver.de

Sandvik – Ihr zuverlässiger Partner für den Tunnelbau

Gewinnen Sie mit uns den Wettlauf gegen die Zeit!
Gemeinsam finden wir die für Ihre Anwendung passende Vortriebsmethode.
Basierend auf unserem umfassenden Wissen und langjähriger Erfahrung im Tunnelbau mit Sprengvortrieb oder mit Teilschnittmaschinen können wir Sie bestmöglich bei Ihren Tunnelbauprojekten beraten und unterstützen.

Sandvik – Kompetenz im Tunnelbau!

SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION CENTRAL EUROPE GMBH D-45356 ESSEN DEUTSCHLAND
TEL +49 (0) 201-1785-300 www.construction.sandvik.com

SANDVIK

Ihr Unternehmen auf der STUVA-Tagung'13 in Stuttgart/D

Mit 42 Referenten und über 1.500 erwarteten Teilnehmern aus etwa 25 Ländern setzt die STUVA-Tagung '13 vom 27. bis 28. November 2013 im ICS Internationalen Congresscenter Stuttgart/D die inzwischen 45-jährige Tradition als eine der weltweit führenden Veranstaltungen für Tunnelbauer fort. Im Folgenden stellen sich einige ausgewählte Unternehmen vor, die Sie auf der begleitenden Ausstellung – der STUVA-Expo – genauer kennenlernen können.

Your Company at the 2013 STUVA Conference in Stuttgart/D

With 42 lecturers and an expected more than 1,500 participants from around 25 countries, the 2013 STUVA Conference from 25 to 28 November, 2013 at the ICS International Congresscenter Stuttgart/D, will continue its now 45-year long tradition as one of the world's leading events for tunnellers. A number of selected companies are presented in the following, companies, which you can get to know even better at the accompanying exhibition – the STUVA Expo.

Dr. Spang

Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH
www.dr-spang.de
Stand/Booth E107

Dipl.-Ing. Christian Spang
Tel.: +49 2302 91402-0
zentrale@dr-spang.de

DR. SPANG

International:
Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen,
Geologie und Umwelttechnik mbH,
Westfalenstr. 5 - 9, 58455 Witten/D

Die Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH ist ein mittelständisches Ingenieurbüro mit Niederlassungen in Witten (Nordrhein-Westfalen), Esslingen/Neckar (Baden-Württemberg), Freiberg (Sachsen), Naumburg (Sachsen-Anhalt) und Nürnberg (Bayern). Von hier aus sind wir in ganz Deutschland, in Europa sowie weltweit als Consultant tätig. Zu den Schwerpunkten des Leistungsspektrums zählen dabei Untersuchungs-, Planungs- und Beratungsleistungen im Tunnelbau und in der Tunnelsanierung.

Unsere Arbeit beginnt mit einer fundierten Empfehlung zur geotechnischen Erkundung bzw. zum Untersuchungsumfang des Bestands und reicht bis zur fachlichen Begleitung der Bau- oder gegebenenfalls Sanierungsmaßnahmen. Bei geotechnischen und tunnelbautechnischen Fragen in allen Leistungsphasen der HOAI untersuchen und bewerten wir gezielt den Baugrund und entwickeln optimale Lösungen, überwachen sämtliche Tief- und Tunnelbauarbeiten und stehen mit fachkundigem Rat zur Verfügung. Als modernes Consultingunternehmen erarbeiten wir kostengünstige und umweltverträgliche Lösungen. Ohne Bindung an Lieferanten- und Herstellerinteressen arbeiten wir unabhängig und gewährleisten eine qualitativ hochwertige Arbeit. Unsere Kunden schätzen unsere Zuverlässigkeit und die wirtschaftliche Durchführung mit dem Hauptaugenmerk auf Termintreue und Kostensicherheit.

So entwickelte sich aus dem 1980 gegründeten Ingenieurbüro durch kontinuierliche Weiterentwicklung eine leistungs-

Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH is a SME engineering office with branches in Witten (North Rhine-Westphalia), Esslingen/Neckar (Baden-Württemberg), Freiberg (Saxony), Naumburg (Saxony-Anhalt) and Nuremberg (Bavaria). We are operating as a consultant throughout Germany, Europe and worldwide. One of the key aspects of our business activities is investigation, planning and consulting services for tunneling and tunnel renovation.

Our work starts with a soundly-based recommendation for the scope of investigations and extends right through to professional support with construction measures or, if necessary, reconstruction measures. On matters relating to geotechnics and tunneling across all stages of the planning process, we investigate and assess the subsoil in a focused manner, develop optimized solutions and monitor all civil engineering and tunnel construction works and offer expert advice. As a modern consultancy, we advise cost-favourable and environmentally sustainable solutions. Not involved in interests of particular suppliers or manufacturers, we work independently and guarantee high quality work. Our clients value our reliability and the economical manner in which we conduct our business, with a key emphasis on adherence to schedules and reliable costs.

Our approach and our consistent hard work have developed the engineering firm established in 1980 into a high-performing engineering business that serves our clients wherever our expertise is needed. Our personal commitment to our clients is the basis of

starke Ingenieurgesellschaft, die unseren Kunden immer dort zur Verfügung steht, wo unser Sachverstand gefragt ist. Das Engagement für unsere Auftraggeber ist Grundlage einer erfolgreichen Unternehmensgeschichte. Dieser Erfolg gründet sich auf der dauerhaften Einsatzbereitschaft und Zuverlässigkeit unserer Mitarbeiter. Je nach Aufgabenstellung sind mehr als 75 hochqualifizierte Mitarbeiter tätig, die über eine breite Wissensbasis aus langjähriger Praxis verfügen.

a successful company history. This success is based on a consistent commitment to hard work and reliability by our employees. Depending on the task in hand, over 75 highly-qualified staff are involved, offering a wealth of knowledge in wide-ranging fields derived from extensive practice.

HANNING & KAHL GmbH & Co KG

www.hanning-kahl.com
Halle 2, Stand/Booth G 120

Nico Liesenfeld
Tel.: +49 52020 707-644
nico.liesenfeld@hanning-kahl.com

HANNING & KAHL
GmbH & Co KG

International:
HANNING & KAHL GmbH & Co KG,
Rudolf-Diesel-Straße 6, 33813 Oerlinghausen/D

Vorwärts denken

Die Hanning & Kahl GmbH & Co KG wurde im Jahr 1898 gegründet. „Vorwärts denken" ist bei Hanning & Kahl Anspruch, Verpflichtung und Energie zugleich. Es ist ein unkonventionelles und auch deshalb sehr erfolgreiches Unternehmen, dessen technische Produkte im schienengebundenen Verkehr und in Windenergieanlagen eingesetzt werden.

Leistungsfähige Mobilitätskonzepte, effizienter Güterverkehr, Ideen für neue Energien: Je dynamischer die Prozesse, desto mehr rückt Sicherheit in den Blick. Sicherheit mit Hanning & Kahl. In aller Welt werden die Ideen und Produkte unseres Unternehmens geschätzt. In vier Geschäftsbereichen kommen unsere Produkte und unser Service weltweit zum Einsatz.

Intelligentes Leiten zur Evakuierung von Personen aus Gefahrenzonen. Wo immer Menschen in Bewegung sind – mit GuideLight kommen sie schneller und sicher ans Ziel. Das Innovative GuideLight-System von Hanning & Kahl schafft hier eine zukunftsweisende Lösung.

GuideLight als Tunnelnotbeleuchtung

Neben dem Einsatz als Leitsystem zur Tunnelevakuierung wird GuideLight ebenfalls als Tunnelsicherheitsbeleuchtung eingesetzt. Im Ereignisfall werden entsprechende Flucht- und Rettungswege beleuchtet. Das System wird jederzeit auf Funktion geprüft. Die LED-Lichtbänder werden in speziellen Profilen bodennah an der Tunnelwand montiert. Ein Einsatz in Handläufen ist ebenso möglich. Die LED-Lichtbänder werden redundant eingespeist und sind entsprechend akkugepuffert.

Forward Thinking

The Hanning & Kahl GmbH & Co KG was established back in 1898. "Forward thinking" represents a requirement, obligation and motivation at one and the same time. The company is unconventional and consequently extremely successful, whose technical products are used for trackbound transportation and wind energy installations.

Effective mobility concepts, efficient goods transportation, ideas for new forms of energy: the more dynamic the processes, the more attention need be paid to safety. Safety with Hanning & Kahl. The ideas and products from our company are held in high regard all over the world. Our products and service are applied worldwide in four business divisions.

Intelligent guidance for evacuating persons from danger zones. Where people are on the move – GuideLight assists them to reach their destination more quickly and safely. Hanning & Kahl's innovative GuideLight system provides a future-oriented solution in this respect.

GuideLight for Tunnel Lighting

In addition to its application as a guidance system for evacuating tunnels, GuideLight is also used as tunnel safety lighting. Should an incident occur, the corresponding evacuation and rescue routes are lit up. The system is constantly tested to ensure it is functional. The LED light strips are assembled close to the ground in special profiles on the tunnel wall. It is also possible to apply them in handrails. The LED light strips are supplied redundantly and correspondingly battery buffered.

HOCHTIEF Solutions AG

www.hochtief-solutions.de
Stand / Booth 13

Ulrich Trottnow
Tel.: +49 201 824-2825
ulrich.trottnow@hochtief.de

International:
HOCHTIEF Solutions AG,
Opernplatz 2, 45128 Essen/D

Hochtief Solutions bündelt das Kerngeschäft von Hochtief in Europa und in ausgewählten Regionen weltweit. Das Unternehmen finanziert, plant, entwickelt und baut Immobilien und Infrastruktureinrichtungen. Hochtief Solutions beschäftigte im Geschäftsjahr 2012 weltweit zirka 15.000 Mitarbeiter. In vielen Regionen und Geschäftsfeldern zählt das Unternehmen zu den Markt- und Innovationsführern.

Mit gut ausgebauten Straßen und Schienenwegen schaffen wir eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur für nachhaltiges Wachstum. Unsere Leistungen gehen dabei weit über den Bau hinaus. Langjähriges Know-how aus anspruchsvollen internationalen Großprojekten und dem Construction Management zeichnen unsere Mitarbeiter aus. Zudem bieten unsere Experten Public-Privat-Partnership-Modelle, damit dringend notwendige Investitionen in Verkehrsprojekte nicht auf der Strecke bleiben.

Unsere Lösungen sind nachhaltig – sie überzeugen technisch und wirtschaftlich: Damit der Verkehr effizient fließen kann, realisiert Hochtief Solutions wartungsarme Straßen- und Schienennetze sowie Tunnel mit neuester Verkehrsleittechnik. Das sorgt für weniger Stau, senkt die Kohlendioxid-Emissionen, ermöglicht entspanntes Reisen und schnellen Gütertransport.

Über Forschung und Innovationen steigern wir die Effizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Infrastrukturprojekten. Wir verbinden intensive Beratung mit optimaler Planung, Arbeitsvorbereitung, fachgerechter Durchführung und Baulogistik.

Hochtief Solutions focuses on Hochtief's main interests in Europe and in selected regions throughout the world. The company finances, plans, develops and builds real estate and infrastructural facilities. In the 2102 business year, Hochtief Solutions employed around 15,000 members of staff worldwide. The company is numbered among the market and innovation leaders in many regions and business divisions.

We create a functioning transportation infrastructure with well developed roads and railways for sustainable growth. Our services extend far beyond construction as such. Years of know-how obtained from sophisticated international major projects and Construction Management characterize our members of staff. In addition, our experts offer Public-Private-Partnership models to ensure that urgently needed investments in traffic projects are not neglected.

Our solutions are sustainable ones – they are convincing both technically and economically: in order to ensure that transportation can run efficiently, Hochtief Solutions devises low-maintenance road and rail networks as well as tunnels using the latest traffic guidance technology. This caters for fewer tailbacks, diminishes carbon dioxide emissions, facilitates relaxed travel and fast goods transportation.

We increase the efficiency, safety and economy of infrastructure projects through research and innovations. We combine intensive consultation with optimal planning, work preparation and construction logistics.

ITC SA

www.itcsa.com
Stand/Booth Nr. B105

Hr. Carlo Bretz
Tel.: +41 277 222 191
Fax: +41 277 222 185
info@itcsa.com

International:
ITC SA,
Rue de la Fusion 122, 1920 Martigny/CH

ITC SA ist der weltweit exklusive Distributor der Schaeff-ITC Tunnelausrüstungen, gebaut von Kaelble GmbH. Der Name „Schaeff" steht für deutsche Qualität, technische Innovation, Flexibilität, langfristige Zuverlässigkeit und Kundenservice.

ITC SA is the exclusive worldwide distributor of the Schaeff-ITC tunnelling equipment built by Kaelble GmbH. The ´Schaeff´ name stands for German quality, technical innovation, flexibility, long-term reliability and customer service.

Die robusten Raupenbagger verfügen über ein eigenes Fördersystem und sowohl Elektro- als auch Dieselantrieb. Sie werden produziert in den Gewichtsklassen 20 bis 30 und 40 t für Querschnitte von 9 bis mehr als 50 m². Es gibt drei Hauptanwendungsgebiete: weiche Gesteinsabtragung mit Löffel, mittlere Gesteinsabtragung mit patentierter Hammer- / Löffelkombination oder schnelles Schuttern von gesprengtem Fels (Weltrekordhalter in kleinem Querschnitt von 175 m in einer Woche). Die Maschinen können eingesetzt werden zum Beispiel in Tunneln für U-Bahn, Eisenbahn, Autobahn, Bewässerung, Kraftwerke, Abwasser, Bergwerksexploration oder in Durchschlägen. Jede Maschine ist eine Sonderanfertigung um bestens Ihren Anforderungen zu entsprechen.

Bis heute sind über 300 Maschinen auf allen fünf Kontinenten im Einsatz.

The robust crawled excavators with on-board conveyor system and both electric and diesel drive are produced in weight classes: 20-30 and 40 ton for cross-sections from 9 to more than 50 square meters, and three main application fields: soft ground excavation with bucket, medium ground excavation with patented hammer/bucket combination or high speed mucking of blasted rock (holding a world record in small section of 175 m in one week).

Machines are performing in tunnels for sewage, subway, railway, motorway, irrigation, power plant, mine exploration or drifts. Each machine is custom made to best meet your requirements.

To date there are over 300 machines on all 5 continents in operation.

Rascor International AG

www.rascor.com
Stand/Booth E 127

Tel.: +41 44 8571111
info@rascor.com

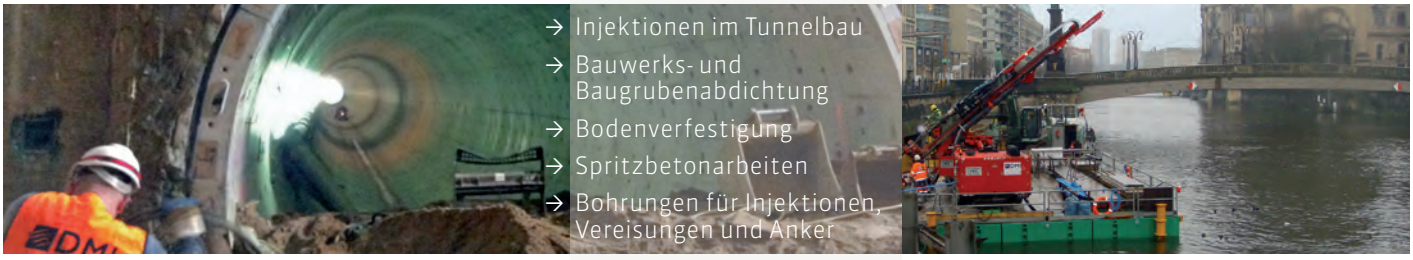
International:
Rascor International AG
Gewerbestrasse 4, 8162 Steinmaur/CH

RASCOR ist ein seit fast 50 Jahren international tätiger Hersteller von Spezial-Produkten für die Abdichtung von Tunnelbauwerken und Ingenieur-Spezialtiefbauten. Die besondere Spezialität bilden die Injektionssysteme, welche den Problemen angepasst, in grosser Variabilität eingesetzt werden können. Der Bereich geht über Standardformulierungen und Sonderanfertigungen im Bereich Acrylatgele, Polyurethane, Silikate und Ureasilikate. RASCOR liefert nicht nur Produkte – wir unterstützen auch den Verarbeiter mit der erforderlichen technischen Beratung auf der Baustelle. RASCOR ist nicht einfach ein Produktlieferant, sondern ein Unternehmen, welches Lösungen für Ihre Probleme anbietet.

RASCOR boasts a near-50-year track record as a globally operating manufacturer of special products for the waterproofing of tunnel, foundation and geotechnical engineering works. Versatile injection systems that deliver tailored answers to problems in diverse applications are a particular specialty of the company. The product range embraces both standard and bespoke formulations for acrylic gels, polyurethanes, silicates and urea-silicates. RASCOR is not just a product supplier – it actively supports applicators by providing technical counselling on site. Through its holistic approach, our company ensures that you receive comprehensive and effective solutions to your problems.

Mit innovativen Lösungen für die Zukunft bauen

DMI SPEZIAL INJEKTIONSARBEITEN



DMI Injektionstechnik GmbH Warmensteinacher Str. 60 · 12349 Berlin · Deutschland · Tel.: +49 30 4174423-40 · Fax: +49 30 4174423-44 · E-mail: info@d-m-i.net · www.d-m-i.net

STS Scheltzke GmbH & Co. KG

www.scheltzke.de
Stand/Booth F 102

Sven Scheltzke
Tel.: +49 6147 50174-0
info@scheltzke.de

International:
STS Scheltzke GmbH & Co. KG,
Diamantstr. 14, 65468 Trebur/D

Das 1995 gegründete Unternehmen STS Scheltzke GmbH & Co. KG ist ein international führender Hersteller von Maschinen und Anlagen für die Injektions-, Verankerungs- und Bohrtechnik im Bereich Spezialtiefbau. Von der kleinen Injektionspumpe über die kompletten vollautomatischen Misch- und Pumpstationen, Containeranlagen und Hochdruckpumpen bis hin zu Datenerfassungsgeräten der neuen Generation bietet STS ein breites und innovatives Leistungsspektrum, welches auf unsere Kundenbedürfnisse individuell zugeschnitten wird.

Um unsere Produkte erst einmal kennenzulernen, steht Ihnen auch unser umfangreicher Mietmaschinenpark zur Verfügung. Durch ständig neue Erfahrungen und Ideen unserer Kunden aus der Praxis werden unsere Produkte stetig optimiert. Von der Planung bis hin zur Ausführung stehen wir mit unserem langjährigen Know-how rund um die Uhr weltweit zur Verfügung. Denn Service wird bei uns großgeschrieben.

Founded in 1995, STS Scheltzke GmbH & Co. KG is a globally leading manufacturer of machines and equipment for injection, anchoring and drilling technology for use in the foundation construction sector. From a small injection pump to complete fully automatic mixing and pumping stations, container units and high pressure pumps, as well as next-generation data capture devices, STS offers a broad and innovative range of services, which will tailor to the requirements of each individual customer.

As part of this, we also place at your disposal our comprehensive selection of rental machines, giving you a chance to get to know our products first. Our products are continually being improved thanks to the new practical experience and ideas of our customers. From the planning stages, right through to execution, we are there for you around the clock and around the globe, ready to offer our longstanding expertise. After all, providing great service is our primary objective.

ZERNA Planen und Prüfen GmbH

www.zerna-pp.eu
Stand/Booth C 118

Dr.-Ing. Ludger Speier,
Tel.: +49 234 9204-0
ls@zerna-pp.eu

International:
ZERNA Planen und Prüfen GmbH,
Lise-Meitner-Allee 11, 44801 Bochum/D

Unterirdische Streckenführungen für den Ausbau der Bahn- und Straßennetze sind eine entscheidende Voraussetzung zur Lösung von Verkehrsproblemen. Sie machen den Verkehr flüssig und lenken ihn zielgerichtet in gewollte Bahnen. Tunnel sorgen in Ballungsräumen und im Oberflächenverkehr für täglich spürbare Entlastung.

In Großstädten und Ballungsräumen wächst der Bedarf an intelligenten und zukunftsgerichteten Konzepten für die Ver- und Entsorgung. Ob Neubau, Umbau oder Sanierung: Unterirdische bauliche Anlagen stellen hohe Anforderungen an die Bautechnik, denen wir mit umfassenden Konzeptions- und Planungsarbeiten unter Berücksichtigung von höchster Effizienz und Präzision begegnen.

Underground route alignments for developing road and rail networks represent a decisive prerequisite for solving transportation problems. They enable traffic to flow directing it to where it is required. Tunnels cater for relief that makes itself evident on a daily basis in built-up areas and regarding surface traffic.

The need for intelligent and future-oriented concepts for supply and disposal is growing in cities and built-up areas. Whether it's a new building, a conversion or a redevelopment: underground structures place high demands on construction technology, which we counter with comprehensive conceptional and planning work taking the utmost efficiency and precision into account.

For instance, we pay particular attention to protecting buildings that have to be undertunnelled and treating the ground and

So legen wir zum Beispiel ein besonderes Augenmerk auf den Schutz zu unterfahrender Bebauung und auf einen besonders schonenden Umgang mit dem Baugrund und dem Grundwasser. Unsere Erfahrungen aus vielfältigen Forschungsprojekten fließen in den Grundbau, den Spezialtiefbau und den Tunnelbau ein. Mit Sachverstand, Kompetenz, Durchsetzungsvermögen und Augenmaß schaffen wir die bestmöglichen Voraussetzungen zur Realisierung des Bauwerks unter der Erde. Und das immer auf der Höhe der Zeit.

groundwater in a gentle manner. Our experiences from manifold research projects target foundation engineering, special underground engineering and tunnelling. We create the best possible prerequisites for tackling an underground structure with expertise, competence, assertiveness and a sense of proportion. And always abreast of the times.

BGL Online

Baumaschineneinsätze schnell und sicher berechnen

In deutsch und englisch

Mit der BGL Online Datenbank haben Bauunternehmer Zugriff auf einen **ständig aktualisierten Bestand** technisch-wirtschaftlicher Baumaschinendaten. So lassen sich **Baumaschineneinsätze für Projekte aller Größenordnungen** mit einem einzigen übersichtlichen Tool von der ersten Planung bis hin zur endgültigen Kostenabrechnung kalkulieren.

BGL Online
EUR 299,- pro Lizenz p.a.
(Abonnement endet automatisch nach einem Jahr)

BGL Buch
Hrsg: Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.
ISBN 978-3-7625-3619-2
EUR 179,-

Jetzt online bestellen bei
www.profil-buchhandlung.de

Weitere Infos auf:
www.bgl-online.info
oder telefonisch unter:
05241 80 88957
Profil – Buchhandlung im Bauverlag

DIE DEUTSCHE BAUINDUSTRIE
BAUEN UND SERVICES

bauverlag
Wir geben Ideen Raum

Tiefengeothermie – interdisziplinäre Herausforderung und Innovationstreiber – Kurzüberblick über den Stand der Technik

Die tiefengeothermische Nutzung von Energie in Form von Wärme und Strom wird aufgrund der Verknappung von fossilen Energieträgern aus ökologischen aber auch aus wirtschaftlichen Gründen zukünftig stark an Bedeutung gewinnen. Zahlreiche Vorteile dieser zu den erneuerbaren Energien gezählten Energieform sprechen dafür. Die Grundlastfähigkeit, die Umweltverträglichkeit, geringer Flächenverbrauch etc. sind nur einige davon. Dieser Beitrag soll einen kurzen Überblick über den Stand der Technik der zurzeit zur Verfügung stehenden Verfahren zur Gewinnung der tiefen geothermischen Energie und zum Niederbringen von Bohrungen nach unter Tage sowie von unter Tage aus geben. Dies erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit sondern soll – im Zusammenhang mit dem Editorial dieser Heftausgabe – anregen, sich inhaltlich mit diesem anspruchsvollen und innovativen Thema des Untertagebaus zu befassen.

Deep Geothermics – inter-disciplinary Challenge promoting Innovation – Overview on the State of the Art

The deep geothermal exploitation of energy in the form of heat and electricity will become ever more significant in future on account of the scarcity of fossil energy sources both for ecological and economic reasons. Numerous advantages possessed by this form of energy belonging to the renewable sector speak in its favour. Its baseload capacity, environmental compatibility, low space requirement represent only a few of them. This report is intended to supply a short overview of the state of the art of the available methods for obtaining deep geothermal energy and for producing wells extending underground as well as those created from under the surface. It does not claim to be complete far rather – in conjunction with the editorial in this issue of tunnel – it is intended to provide stimulation to examine this sophisticated and innovative topic of underground construction.

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Robert Galler, Leiter des Lehrstuhls für Subsurface Engineering – Geotechnik und Unterirdisches Bauen, Montanuniversität Leoben, Leoben/A
www.subsurface.at

Die Temperaturverteilung im Untergrund ist nicht einheitlich. Außerhalb Europas existieren Bereiche der Erdkruste, wo die geothermische Tiefenstufe zwischen 90 und 125 m/°C beträgt, während in Europa zum Beispiel auf der Schwäbischen Alb 11 m/°C und im Gotthard 50 m/°C erreicht werden. Man geht heute davon aus, dass die Nutzung dieser Wärme den Energiehunger unserer Zivilisation auf viele tausend Jahre ohne Probleme decken kann.

Formen der geothermischen Nutzung

Bei der Nutzung der Erdwärme mittels Tiefengeothermie un-

Temperatures in the ground are not distributed evenly. Outside of Europe there are sections of the earth's crust, where the geothermal depth range amounts to between 90 and 125 m/°C, whereas in Europe for instance, 11 m/°C is registered in the Swabian Uplands and 60 m/°C at the Gotthard. Today it is believed that exploitation of this heat can still our civilization's hunger for energy for many thousands of years to come without any problem.

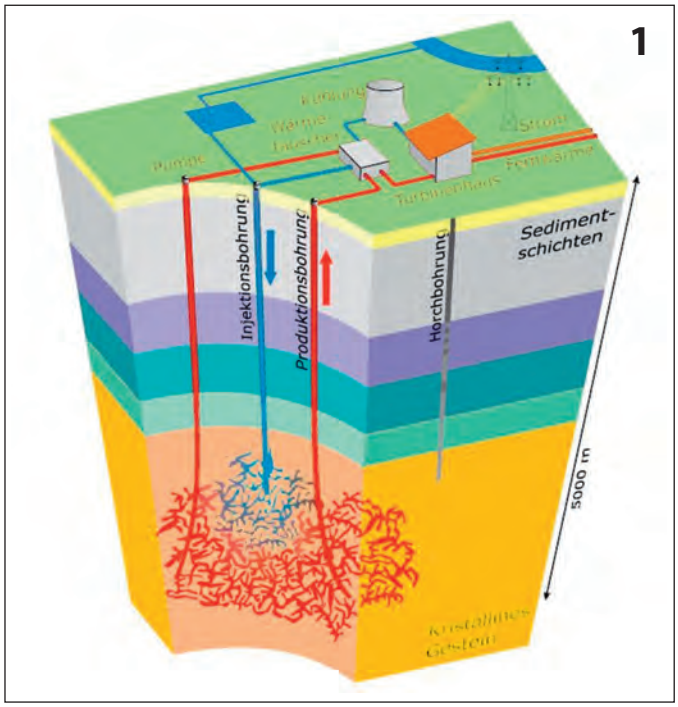
Forms of geothermal Exploitation

By and large as far exploiting the earth's heat by deep geo-

terscheidet man im Wesentlichen zwischen hydrothermalen und petrothermalen Systemen sowie zwischen offenen und geschlossenen Systemen. Die hydrothermalen Systeme nutzen Vorkommen von Grundwasserströmen und werden großteils als offene Systeme betrieben. Hier muss im Regelfall nur der bereits vorhandene Aquifer erschlossen werde. Bei den petrothermalen Systeme ist der Aufwand größer, da zum Einen das Wärmereservoir erschlossen werden muss, zum anderen in der Regel noch Wegsamkeiten im Wirtsgestein geschaffen werden müssen. [1]

Petrothermale Systeme

Bei petrothermalen Systemen erfolgt die Gewinnung der geo-



HDR Verfahren bei geklüftetem Kristallin [3]

HDR method given fissured crystalline [3]

thermal means is concerned, a distinction is drawn between hydrothermal and petrothermal systems as well as between open and closed systems. Hydrothermal systems utilize groundwater current reserves and are largely operated as open systems. Generally speaking here it is only necessary to develop already existing aquifers. Greater efforts are required for petrothermal systems as first of all, the heat reservoir has to be developed, and on the other, possible pathways must be produced in the host rock. [1]

Petrothermal Systems

In the case of petrothermal systems, geothermal energy is produced from the lower depths regardless of the water-bearing

www.dh-shaftsinking.com

Seit 125 Jahren erfolgreich im Schachtbau und bei der Ausführung von Bodenvereisungen im Tunnelbau!

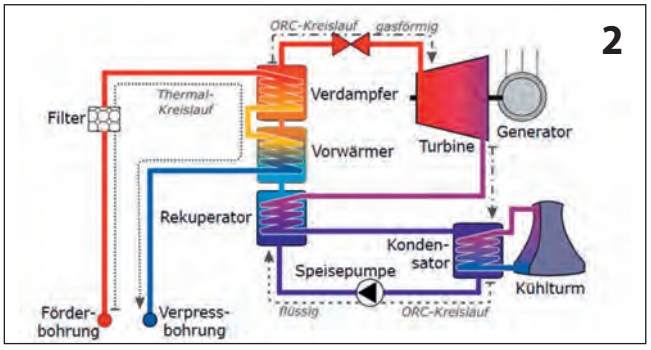
thermischen Energie aus dem tieferen Untergrund unabhängig von wasserführenden Horizonten (Bild 1). Im Wesentlichen wird die im heißen, gering durchlässigen Gestein – Hot Dry Rock (HDR) – gespeicherte Energie genutzt. HDR-Verfahren haben Hochtemperaturnutzungen mit Temperaturen von mehr als 150 bis 200 °C sowie Tiefen von mehr als 3.000 m zum Ziel. [2]

Offene Systeme

Bei petrothermalen offenen Systemen, sogenannten Engineered Geothermal Systems erfolgt der Wärmeaustausch auf der Basis von Hydraulic Fracturing. Dazu wird eine Injektionsbohrung bis in das heiße Gestein, also in Teufen von mehr als 3.000 m geführt und es werden eine oder mehrere Förderbohrungen niedergebracht. Die bestehenden Kluftsysteme werden prinzipiell durch das Verpressen von Wasser aufgeweitet. Bei der Aufweitung der Kluftsysteme ist ein seismisches Risiko gegeben. Während des Betriebs liegt das Risiko in der Aufrechterhaltung der Wegigkeiten der geschafenen Kluftsysteme. Es besteht die Gefahr, dass sich die aufgeweiteten Klüfte wieder aufgrund des Gebirgsdrucks verlegen oder sich eine durchgängige Wegigkeit ausbildet, welche die Wärmetauscherfläche reduziert. In beiden Fällen wird dadurch die wirtschaftliche Energiegewinnung stark reduziert.

Geschlossene Systeme

Tiefe Erdwärmesonden sind Wärmetauscher, in welchen ein Wärmeträgermedium in einem geschlossenen System zirkuliert (Bild 2). Durch Wärmeleitung aus dem Gestein über die Verrohrung und das Hinterfüllmaterial der Sonde erfolgt die Wärmeübertragung auf das in der Sonde zirkulierende Fluid. Im Ringraum eines Doppelrohrsystems wird das kalte Fluid mengengeregelt nach unten geleitet. Bei seiner langsamen Bewegung erwärmt es sich konvektiv und steigt aufgeheizt im isoliert ausgeführten Innenrohr nach oben. Vom Sondenaustritt gelangt das warme Fluid in die oberirdische Nutzungsanlage, wo die Wärme getauscht wird und es mit einer Sondenkreispumpe wieder in den Ringraum zurückgeführt wird. Durch den Wärmeentzug kühlt sich das Umgebungsgestein ab; es entsteht ein horizontaler Temperaturgradient, der das Nachfließen von Wärme aus der weiteren Umgebung zur Folge hat. Tiefe Erdwärmesonden



Prinzip des geothermischen ORC-Kraftwerks [6]

Principle of the geothermal ORC power station [6]

horizons (Fig. 1). By and large, energy stored in slightly permeable Hot Dry Rock (HDR) is utilized. HDR methods are geared to exploiting high temperatures of more than 150 to 200 °C as well as depths in excess of 3,000 m [2].

Open Systems

In the case of petrothermal open systems, known as Engineered Geothermal Systems, heat is exchanged on the basis of Hydraulic Fracturing. Towards this end, a hole is injected into the hot rock, in other words, at depths of more than 3,000 m and one or several production wells are sunk. The existing fissured systems are basically enlarged by injecting water. There is a seismic risk present when the fissured systems are expanded. During operation the risk relates to the maintenance of the pathways in the fissured systems that have been created. Thus there is the danger that the expanded fissures change position on account of the rock pressure or a continuous pathway forms, which reduces the heat exchange area. In both cases, economic production of energy is considerably reduced.

Closed Systems

Deep geothermal probes are heat exchangers, in which a heat carrier medium circulates in a closed system (Fig. 2). By conducting heat from the rock via the casing and the probe's backfill material, heat is transferred to the fluid circulating in the probe. The volume-controlled cold fluid is conducted downwards in the annular space of a double pipe system. As it moves slowly it heats up convectively and rises upwards in the insulated inner pipe after being heated up. After leaving the probe the hot fluid enters the utilization plant on the surface, where the heat is exchanged and returned to the annular space by means of a gear pump. The surrounding rock cools down owing to the removal of heat; a horizontal temperature gradient ensues, thus causing heat to be transferred from the surrounding environment. Deep geothermal probes do not depend on highly permeable groundwater aquifers so that theoretically they can be installed practically anywhere. As deep geothermal probes possess a closed circuit, the rock's material equilibrium is not affected. Dilution or precipitation reactions, as can occur in the case of hydrothermal systems or Hot Dry Rock systems are precluded [4].

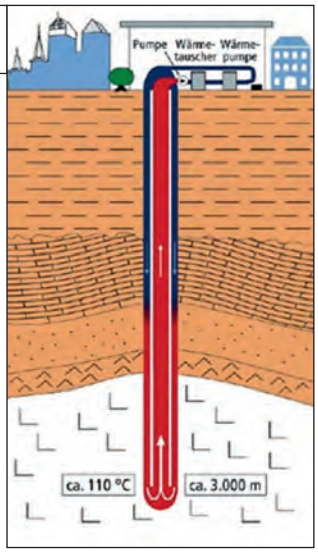
Hydrothermal Systems

In the case of hydrothermal systems, water must be encountered in the ground and the heat carrier water has to be pumped to the surface, where the exchange of heat and conversion of energy take place. Geological and hydrogeological circumstances govern the opportunities for obtaining heat from the rock. Once the water has cooled down it must be returned or injected into the same aquifer at a certain distance from the extraction well for renewal or disposal-technical reasons. Consequently a system of this kind comprises a production and an injection well, also known as a doublet. The decisive parameter apart from the temperature of the aquifer is the yield, i.e. the production rate attained given an economically and technically viable drop in temperature.

New Power Plant Concepts required

Geothermal power generation is somewhat more complicated than say making thermal heat

3



Geothermische Tiefensonde – geschlossenes System [5]

Geothermal probe – closed system [5]

sind nicht auf gut durchlässige Grundwasserleiter angewiesen und können daher theoretisch nahezu überall installiert werden. Da tiefe Erdwärmesonden einen geschlossenen Kreislauf besitzen, erfolgt kein Eingriff in Stoffgleichgewichte des Gebirges. Lösungs- oder Fällungsreaktionen, wie sie bei hydrothermalen Systemen oder bei Hot-Dry-Rock-Systemen auftreten können, sind ausgeschlossen. [4]

Hydrothermale Systeme

Bei hydrothermalen Systemen muss Wasser im Untergrund angetroffen werden und der Wärmeträger Wasser ist an die Oberfläche zu pumpen, wo die Wärmeübertragung und die Energiewandlung stattfinden. Geologische und hydrologische Gegebenheiten bestimmen die Möglichkeiten, Wärme aus dem Gebirge zu ziehen. Das abgekühlte Wasser muss zur Erneuerung oder aus entsorgungstechnischen Gründen in denselben Aquifer in einer bestimmten Entfernung zur Entnahmebohrung zurückgegeben bzw. injiziert werden. Ein derartiges System besteht somit aus einer Förder- und einer Injektionsbohrung, wir sprechen von der sogenannten Dublette. Der entscheidende Parameter neben der Temperatur des Aquifers ist die Ergiebigkeit, d. h. die zu erzielende Förderrate bei einer noch wirtschaftlich und technisch zu vertretenden Temperaturabsenkung.

Neue Kraftwerkskonzepte nötig

Die geothermische Stromerzeugung ist etwas komplexer als die Bereitstellung von Heizwärme. Vor allem die für die Kraftwerkstechnik relativ niedrigen Temperaturen bei der Geothermie erfordern neue Kraftwerkskonzepte wie Direktdampfnutzung, Flash-Kraftwerke, ORC-Kraftwerke oder Kalina-Kraftwerke.

Direktdampfnutzung

Steht Tiefenthermalwasser bei hohen Temperaturen und Drücken bereits dampfförmig zur Verfügung, lässt sich der Dampf direkt in einer Dampfturbine nutzen. Nachteilig erweisen sich dabei oft stark korrosive Bestandteile des Dampfes. Bei nicht ausreichenden Dampfvorkommen werden sogenannte Flash-Prozesse verwendet. Hierbei wird heißes, unter Druck stehendes Tiefenthermalwasser teilentspannt. Dadurch erhöht sich der Dampfanteil bei sinkender Temperatur. Ein Separator und ein Tropfenabscheider trennen den Dampf vom Restwasser ab. Dieser lässt sich dann in der Dampfturbine nutzen und wird nach dem Kondensieren wieder in die Tiefe verpresst. Bei einem zweistufigen oder

available. Above all, the relatively low temperatures needed for the power plant technology in the case of geothermics call for new power plant concepts such as direct vapour utilization, flash power plants, ORC power stations or Kalina cycle power plants.

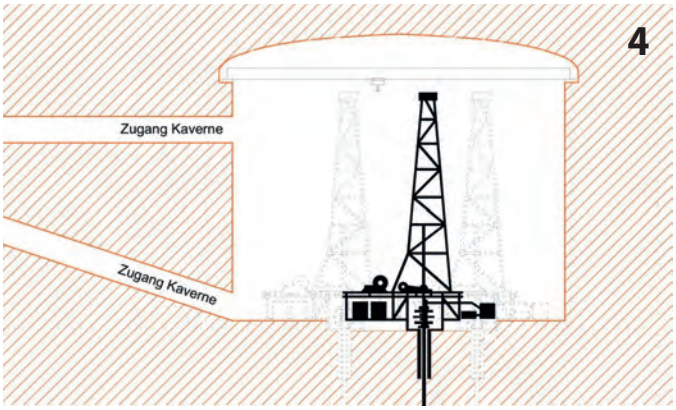
Direct Vapour Utilization

If deep thermal water is available in vapour form at high temperatures and pressures, the vapour can be used directly in a turbine. Highly corrosive vapour components frequently turn out to be disadvantageous. So-called flash processes are applied should an insufficient amount of vapour be available. Here hot deep thermal water subject to pressure is partially relaxed. As a result, the proportion of vapour increases as the temperature drops. A separator and a demister separate the vapour from the residual water. This can then be used in the turbine and is injected back into the depths after condensation. In the case of a 2-stage or double flash process, 2 relief stages are set up one behind the other, thus slightly enhancing the efficacy. Temperatures exceeding 150 °C are needed for generating electricity via water vapour turbines by means of the Clausius-Rankine Process. These cannot always be attained from the earth's heat.

ORC Processes – alternative Working Agents

So-called Organic Rankine Cycles afford an alternative for tempera-

Double-Flash-Prozess werden zwei Entspannungsstufen hintereinandergeschaltet, was den Wirkungsgrad geringfügig erhöht. Für die Elektrizitätserzeugung über Wasserdampfturbinen durch den Clausius-Rankine-Prozess sind Temperaturen oberhalb von 150 °C erforderlich. Diese lassen sich nicht immer durch die Erdwärme bereitstellen.



Schematische Darstellung Bohrkaverne

Schematic presentation of a drilled cavern

ORC-Prozesse – alternative Arbeitsmedien

Eine Alternative für Temperaturen ab etwa 80 °C bieten sogenannte Organic Rankine Cycles, kurz ORC Prozesse. Hier wird im Dampfturbinenprozess statt Wasser ein Arbeitsmedium eingesetzt, das bereits bei sehr niedrigen Temperaturen verdampft. Arbeitsmedien sind beispielsweise Isopentan oder PF5050 (C5F12) mit einer Verdampfungstemperatur von 30 °C bei Umgebungsdruck (Bild 3).

Kalina-Prozess bringt Vorteile bei niedrigen Temperaturen

Höhere Wirkungsgrade bei niedrigen Temperaturen verspricht der Kalina-Prozess. Hier kommt ein Zweistoffgemisch als Arbeitsmittel, beispielsweise Wasser und Ammoniak, zum Einsatz. Bei der Verdampfung des Zweiphasengemisches im Verdampfer bleibt die Verdampfungstemperatur nicht konstant. Im Vergleich zu einem Wasserdampf- oder ORC-Prozess verbessert dies die thermodynamischen Prozesseigenschaften. Die Restflüssigkeit wird in einem Separator abgetrennt. Der stark ammoniakhaltige Dampf treibt eine Turbine an. Wie beim Clausius-Rankine-Prozess verflüssigt der Kondensator wieder den entspannten Dampf. Eine Speisepumpe bringt die Flüssigkeit erneut auf Betriebsdruck. Die zuvor im Separator abgetrennte Flüssigkeit gibt ihre Wärme über einen Rekuperator an den Kreislauf ab und wird vor dem Kondensator wieder in den Kreislauf eingespeist. Trotz aller technischen Raffinessen sind bei niedrigen Prozesstemperaturen nur mäßige Wirkungsgrade erreichbar. Der Carnot-Wirkungsgrad gibt dabei die theoretische Obergrenze an, die von realen Prozessen nicht erreichbar ist. [7]

Bohrarbeiten

Bohrarbeiten für Geothermiebohrungen werden im klassischen Rotary-Verfahren bzw. mit Topdrive abgeteuft, wobei für die Bohrlochsicherung mehrere teleskopartige Verrohrungen eingebaut und im Ringraum zementiert werden. Um Bohrungen abzulenken, werden die Slim-hole-Technik und Bohrlochsohlenmotoren als Richtbohrtechnik verwendet. Durch die Richtbohrmotoren ist es möglich, die Richtung des Bohrkopfs zu steuern und Kurven zu bohren. Mit den Bohrlochsohlenmotoren lässt sich der Bohrprozess sehr präzise steuern. Die Datenerfassung lässt sich grundsätzlich durch MWD- (measured while drill-

tures in excess of around 80 °C, known as ORC processes for short. A working agent is applied in the vapour turbine process instead of water, which vaporizes at extremely low temperatures. Such working agents can be Isopentan or PF5050 (C3F12) with an evaporating temperature of 30 °C given surrounding pressure (Fig. 3).

Kalina Process provides Advantages at low Temperatures

The Kalina Process promises high rates of efficiency at low temperatures. Here a 2-component mix is used as the working agent, e.g. water and ammonia. When the 2-phase mix evaporates in the evaporator, vaporization does not remain constant. In comparison to a water vapour or ORC Process, this improves the thermodynamic process characteristics. The residual fluid is then removed in a separator. The gas containing a high proportion of ammonia drives a turbine. As in the case of the Clausius Rankine Process, the condenser again fluidizes the relieved vapour. A feed pump restores the fluid to operating pressure. The fluid, which had previously been separated in the separator transfers its heat via a recuperator to the circuit and is again fed into the circuit by the condenser. In spite of all technical tricks only moderate efficiency rates can be attained at the given low process temperatures. The Carnot efficiency in this case represents the theoretical upper limit, which cannot be achieved by real processes [7].

Drilling Activities

Drilling work for geothermal wells is tackled by the classical rotary method or with top drive, with several telescopic casings installed to secure the well and cemented into the annular space. In order to cater for deflections to the well, slim hole technology and mud motors are applied for directional drilling. The directional motors make it possible to steer the direction of the cutter head and drill curves. The drilling process can be controlled very precisely by means of the mud motors. Data can essentially be collected by MWD (measured while drilling) and LWD (logging while drilling) systems. An automatic directional drilling system RCSL (Rotary Closed Loop Steering System) with the minimal diameter of 3 7/8" can also be used.

Drilling carried out from under the ground is subjected to greater restraints on account of the restricted space available there (Fig. 4). It should be mentioned here that the deepest hole sunk so far using the biggest underground deep drilling rig, Prakla's RB50, reached 2,000 m. Larger and in turn, more powerful drilling rigs require more space so that they can be set up and operated underground, something resulting in new challenges for creating the corresponding cavity in terms of logistics, safety technology, rock mechanics and geotechnics.

ling) und LWD- (logging while drilling) Systeme durchführen. Verwendet wird auch ein selbststeuerndes Richtbohrsystem RCLS (Rotary Closed Loop Steering Systems) mit dem minimale Durchmesser von 3 7/8 Zoll erreicht werden können.

Bohrungen von unter Tage unterliegen größeren Zwängen aufgrund des dort zur Verfügung stehenden Raums (Bild 4). Doch sei hier erwähnt, dass die bisher tiefste untertägige Bohrung mit dem größten Untertagetiefbohrgerät, der RB50 von Prakla, 2.000 m erreichte. Größere und damit stärkere Bohrgeräte bedingen naturgemäß mehr Raum, um unter Tage aufgestellt bedient werden zu können, was logistisch, sicherheitstechnisch, felsmechanisch und geotechnisch neue Herausforderungen für die entsprechende Hohlraumerstellung mit sich bringt.

Fazit

Der Stand der Technik eröffnet viele Möglichkeiten, bereits heute ernsthaft geotechnische Energie aus großen Teufen zu nutzen. Sicherlich ergeben sich größere Risiken bei der Erschließung dieser noch mehr oder weniger neuartigen Energiequellen. Doch keine andere Technik der Erneuerbaren vereint so viele Vorteile und eröffnet ein solch großes Energiepotenzial für die Zukunft wie die tiefe Geothermie. Eine wahrhaft heiße ingenieurtechnische Herausforderung liegt vor uns – packen wir sie an!

Summary

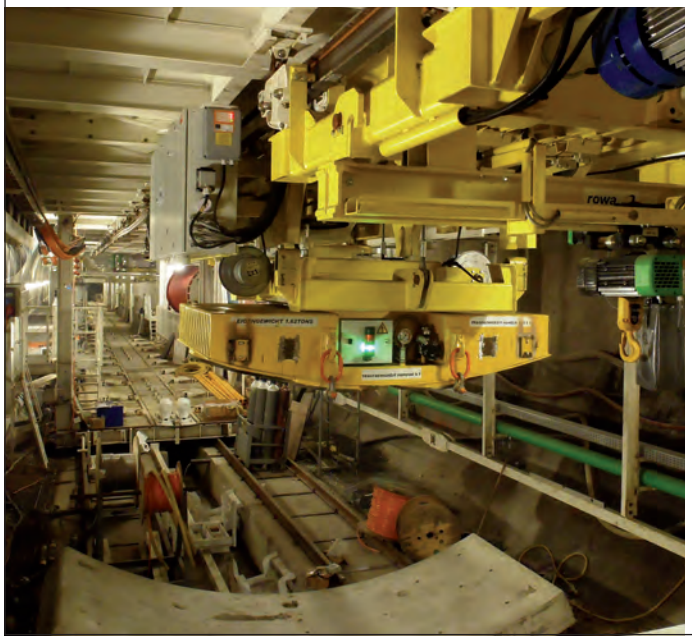
The state of the art affords many opportunities nowadays to seriously consider exploiting geotechnical energy at great depths. There are certainly major risks to be encountered when developing these more or less novel sources of energy. Notwithstanding, no other form of technology for renewable energy combines so many advantages and opens up such an enormous energy potential for the future as deep geothermics. A truly hot technical challenge lies before us – let's tackle it.

Literatur/References

[1] The Future of Geothermal Energy Nov.2006; http://mitei.mit.edu/system/files/geothermal-energy-full.pdf
[2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Tiefe Geothermie, Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland, 2011, S. 15, 23
[3] Abbildung: Regenerative Energiesysteme, Kapitel 8 Geothermie, S. 314-330
[4] Bundesministerium für Umwelt; Naturschutz und Reaktorsicherheit: Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland, 2009, S. 30
[5] Abbildung: Bundesministerium für Umwelt; Naturschutz und Reaktorsicherheit: Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland, 2009
[6] Abbildung: Regenerative Energiesysteme, Kapitel 8 Geothermie, S. 314-330
[7] Regenerative Energiesysteme, Kapitel 8 Geothermie, S. 314-330

rowa TUNNELLING LOGISTICS

Schneller, sicherer und wirtschaftlicher bauen



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

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

Wir sind weltweit für Sie im Einsatz.

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

Innovation als Tradition: Der nächste Entwicklungsschub im maschinellen Tunnelbau

Bei dem nachfolgenden Artikel handelt es sich um eine gekürzte Fassung der 2013 Sir Alan Muir Wood Lecture, die von Dick Robbins, Konzernchef der The Robbins Company von 1958 bis 1993, als Einführungsrede anlässlich des ITA-AITES World Tunnel Congress in Genf im Mai dieses Jahres gehalten wurde. Der Nachdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung der International Tunnelling Association (ITA).

A Tradition of Innovation: The Next Push for Machine Tunneling

This paper is an abridged version of the talk written and presented by Dick Robbins, president and CEO of The Robbins Company from 1958 to 1993. The 2013 Sir Alan Muir Wood Lecture was given as the keynote lecture at the ITA-AITES World Tunnel Congress in Geneva, Switzerland in May of this year. This lecture is reprinted with the permission of the International Tunnelling Association (ITA).

Dick Robbins, The Robbins Company, Kent, WA, USA
www.TheRobbinsCompany.com

Einleitung

Die Welt des maschinellen Tunnelbaus zeigt sich heute als eine relativ hochentwickelte Branche. Dennoch ist sie heutzutage mit ihren früheren Errungenschaften enger verbunden als zuvor. Einerseits bieten viele Projekte die Möglichkeit, standardisierte Maschinen und Konstruktionen einzusetzen, andererseits erfordern viele Vorhaben aber auch Erfindungsgeist und zukunftsgerichtete Lösungsansätze. Herausfordernde und gefahrenbehaftete Projekte werden auch weiterhin die Branche prägen. Doch gerade der Mut, sein angestammtes Terrain – standardisierte technische Tunnelbaulösungen – zu verlassen, ist der Weg zum Erfolg. Das branchenweite Festhalten an Bewährtem ist oft dem Bestreben geschuldet, Risiken zu minimieren, was durch Vertragsgestaltung, branchenspezifische Vorschriften oder technische Standards entsprechend umgesetzt oder gefordert ist. Doch können alle Beteiligten vom Auftraggeber über den Anlagenspezialisten bis hin zum Bauherr herausfordernde Vorhaben erfolgreich meistern, wenn die Risiken angemessen und fair untereinander aufgeteilt wurden.

Die Branche kann seit ihren Anfängen in den 1950er- und 1960er-Jahren auf enorme Fortschritte zurückblicken. Arbeiten, die früher noch als hochgefährlich galten, sind heute gefahrlose Routineaufgaben – ein Trend, der v. a. in Wechsel- und Weichgesteinsprojekten erkennbar ist. Mit den heutigen EPB- und Schlammdruck- oder flüssigkeitsgestützen Tunnelvortriebsmaschinen (Slurry Tunnelling Machines; Tunnelvortriebsmaschine = TVM) können Tunnel unter den wech-

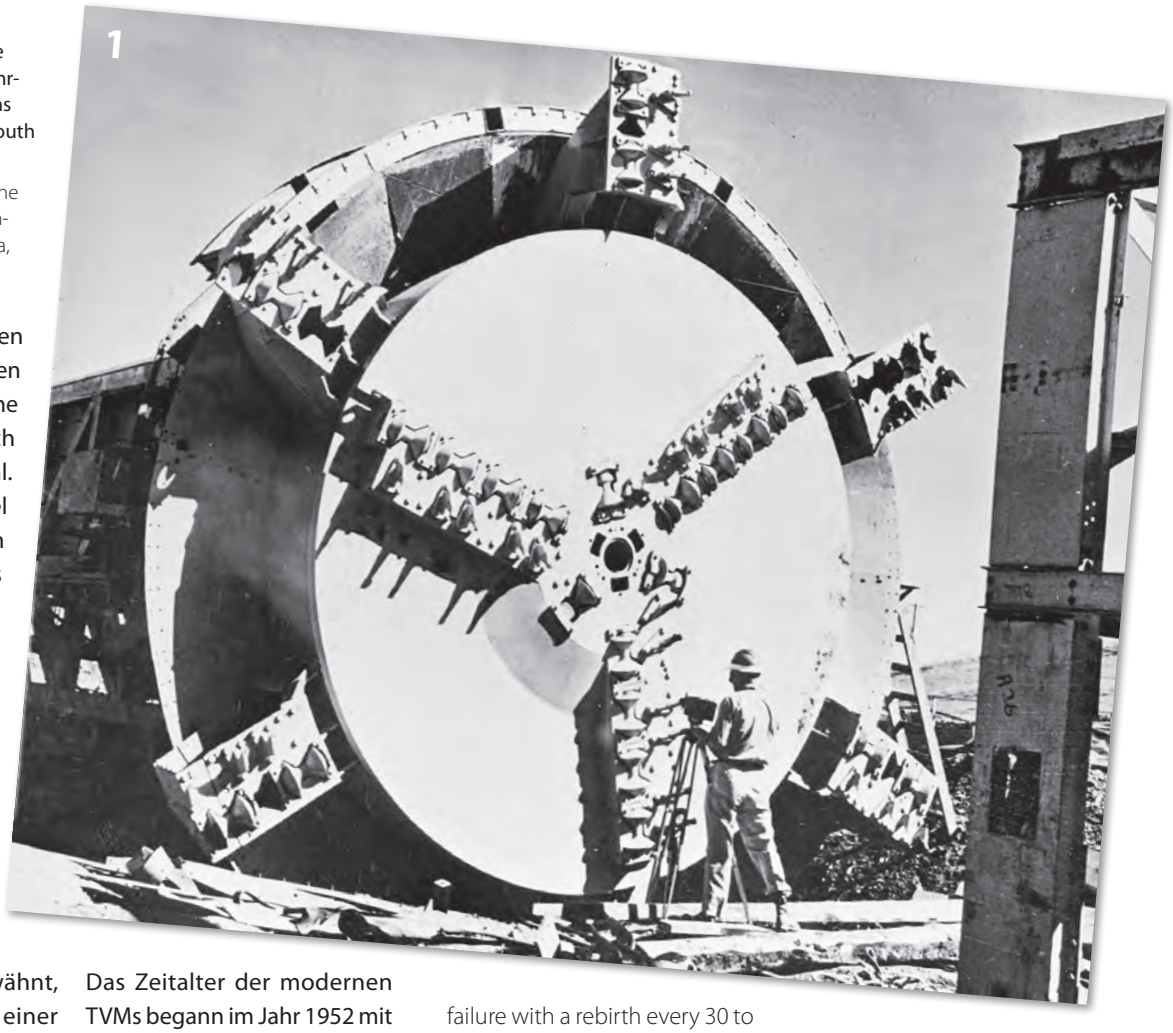
Introduction

As a relatively mature industry, the world of machine tunneling is more conservative than it once was. While there is a place for standardized machinery and design elements on many projects, some projects require ingenuity and a progressive approach. Challenging and risky projects will always be a part of our industry and stepping out of the comfort zone of standardized technology on these tunnels is part of achieving success. The effect of industry-wide conservatism is often the outcome of an effort to drive down risk, whether that is through contractual practices, industry regulations, or standardized technologies. However, all parties from contractor to equipment supplier to the project owner can be successful with challenging projects so long as the risks have been properly and fairly allocated.

The industry has already made large advances from its infancy in the 1950s and 1960s. Jobs that were once considered high risk are now standard – a trend that is particularly pronounced in mixed and soft ground. Today's Earth Pressure Balance (EPB) and Slurry Tunneling Machines provide the opportunity for machine tunneling in more complex geology than ever before. The potential of our industry is great, and we have the chance to build tunnels now that were never possible in the past. This possibility is what is most exciting.

The Mechanized Tunneling Industry in its Infancy: High Risk, Big Reward

It should be pointed out that the idea of tunneling machines creating tunnels is a concept at least 167 years old that has intrigued engineers, planners, and financiers. Throughout history it has seen moments of brilliance and



James S. Robbins entwickelte die erste moderne Tunnelbohrmaschine im Jahr 1952 für das Oahe Staudammprojekt in South Dakota, USA.

James S. Robbins developed the first modern tunnel boring machine in 1952 for South Dakota, USA's Oahe Dam Project.

selhaftesten geologischen Bedingungen vorgetrieben werden. In unserer Branche schlummert immer noch ein gewaltiges Potenzial. Heute können wir Tunnel bauen, von denen man früher noch sagte, dass sie unmöglich erstellt werden könnten. Aber genau diese Möglichkeit ist das Aufregendste daran!

Anfänge des maschinellen Tunnelbaus: Hohe Risiken und große Erfolge

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Konstruktion einer TVM schon vor mindestens 167 Jahren Ingenieure, Planer und Investoren faszinierte. Der maschinelle Tunnelbau blickt heute auf Sternstunden, aber auch herbe Rückschläge zurück. In einem Rhythmus von 30 bis 40 Jahren, manchmal auch in kürzeren Abständen, machte man sich immer wieder an die Umsetzung dieser Idee. Dieser Umstand wird auch in dem ersten historischen Band der australischen Schriftstellerin Barbara Stack, Handbook of Mining and Tunnelling Machinery (Stack, 1982), sehr gut beschrieben. Trotz enormer Summen, die während fast 200 Jahren in den maschinellen Tunnelbau flossen, ließ der erste wirklich wirtschaftliche Erfolg aber immer noch auf sich warten.

Das Zeitalter der modernen TVMs begann im Jahr 1952 mit einer von James S. Robbins entwickelten Maschinenkonstruktion, die erstmals beim Oahe-Damm-Projekt in South Dakota zum Einsatz kam (Bild 1). Diese erste TVM basierte auf einem gegenläufig rotierenden Doppelbohrkopf mit mehreren Stufenmeißelreihen und hantelförmigen Rollenmeißeln, um durch lockeres Schiefergestein vorzudringen. Nachdem sich gute Vortriebsgeschwindigkeiten einstellten, wurden neben dieser Maschine noch drei weitere Nachfolge-TVMs bei sechs Stromleitungs- und sieben Umgehungsstollen am Oahe-Damm eingesetzt.

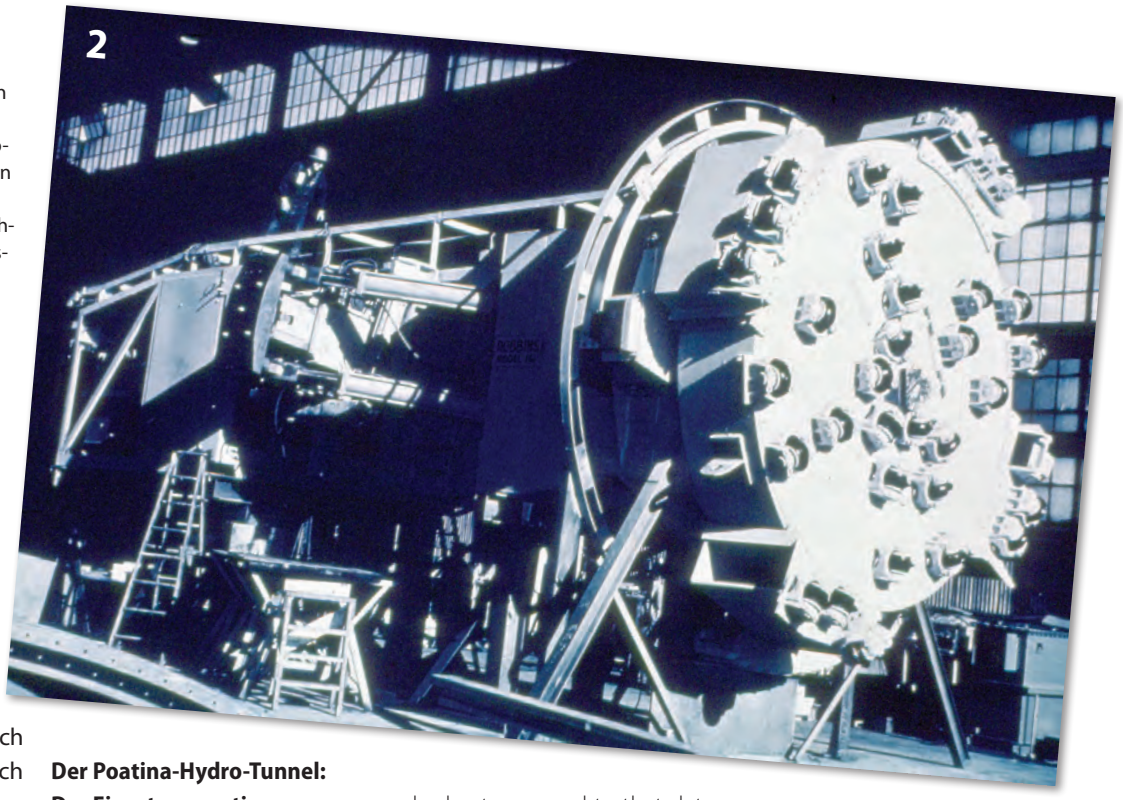
Da TVMs noch in den Kinderschuhen steckten, konzipierte und baute Jim Robbins immer wieder neue Maschinenteile, um bestimmten geologischen

failure with a rebirth every 30 to 40 years, sometimes occurring more frequently. This fact was clearly illustrated by the Australian author Barbara Stack in her first historical tome, "Handbook of Mining and Tunneling Machinery" [4]. In spite of vast sums having been spent in almost 20 decades, history had to wait for the first truly economic success of machine tunneling.

The era of modern tunneling machines began in 1952, with an initial design used at South Dakota's Oahe Dam, developed by James S. Robbins (Fig. 1). That first machine utilized a dual counter-rotating cutterhead fitted with rows of drag bits and dumbbell-shaped disc cutters to mine through weak shale. After achieving good advance rates, that machine and three subsequent tunneling machines were used for six power tunnels and seven diversion tunnels at the Oahe Dam site.

As tunneling machines were in the early stages of development, Jim Robbins would design and build a new piece of machinery to fit particular needs. He would then convince an owner or a successful contractor to fund the building and testing of the machine. Often there would be problems as the design was tested and improved. These improvements usually took place in the tunnel during construction. At that point, Robbins and the contractor would get together and work out a solution.

Jim Robbins' work was terminated by his untimely death in 1958, having built seven tunneling machines. No other tunnel machine designer or builder



The Poatina Hydro-Maschine, von Robbins im Jahr 1961 gebaut, brachte eine Reihe von Innovationen, einschließlich eines größeren Durchmessers des Hauptlagers und der ersten Metall-Metall-Dichtungen für verlängerte Nutzungszeit der Cutter.

The Poatina Hydro machine, built by The Robbins Company in 1961, featured a number of innovations including a larger diameter main bearing and the first metal-to-metal cutter seals for improved cutter life.

Bedingungen zu genügen. Er überzeugte Bauherrn oder Auftragnehmer davon, den Bau und die Testphase der TVM zu finanzieren. Es liegt auf der Hand, dass es oft zu Problemen kam; schließlich befanden sich die TVMs noch im Teststadium und bedurften weiterer Optimierungen, die in der Regel noch während des Vortriebs im Tunnel vorgenommen wurden. Dabei setzten sich Jim Robbins und sein Auftraggeber zusammen und arbeiteten gemeinsam eine Lösung aus.

Nachdem Jim Robbins sieben TVMs gebaut hatte, setzte sein frühzeitiger Tod 1958 seiner Pionierarbeit ein Ende. Bis dato hatte es keinen anderen TVM-Konstrukteur oder -Bauer gegeben, und der Nächste sollte erst um das Jahr 1960 die Bühne betreten.

Der Poatina-Hydro-Tunnel: Der Einsatz neuartiger Gripper und Rollenmeißel

Als Beispiel für einen der ersten Einsätze von Grippern und Rollenmeißeln sei das Projekt Great Lake Power Development genannt, wo im Jahr 1961 für die Hydroelectric Commission of Tasmania ein flächendeckendes Erschließungsprojekt initiiert wurde (Bild 2). Robbins erhielt den Lieferauftrag für eine Hartgesteins-TVM mit einem Durchmesser von 4,9 m zum Bau des 6,9 km langen Poatina-Oberwasserstollens

had yet emerged to that date, and would not emerge on the scene until about 1960.

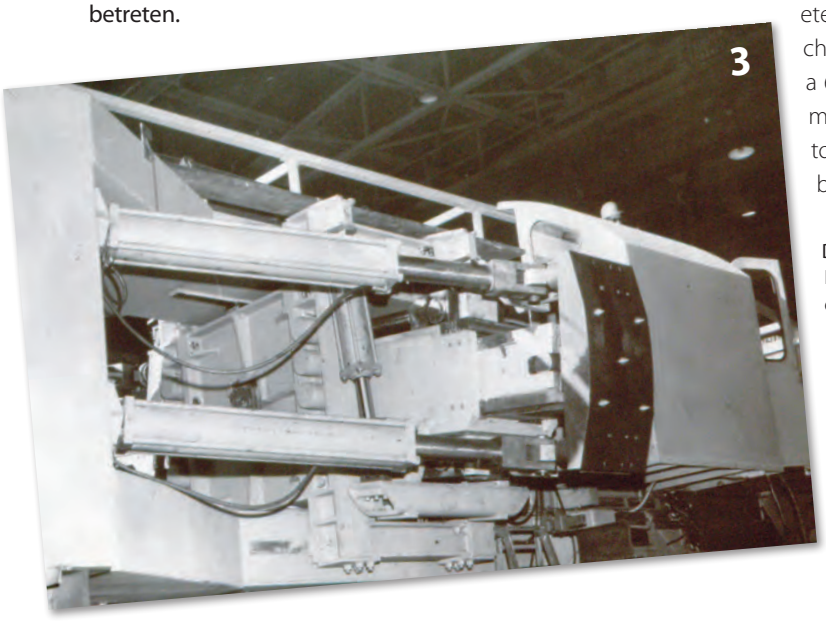
Poatina Hydro Tunnel: A Revolution for Grippers and Disc Cutters

One of the earliest such examples occurred in Tasmania in 1961, where the Great Lake Power Development was underway – a massive scheme being developed for the Hydroelectric Commission of Tasmania (Fig. 2). The Robbins Company was contracted to supply a 4.9 m diameter hard rock tunneling machine for the Poatina Tunnel, a 6.9 km headrace tunnel in mudstone and sandstone up to 118 MPa. The machine was built in Seattle, Washington, USA. The assembly, completed in six months, included a number of unique features for the harder rock conditions including the floating gripper system and new disc cutter designs (Fig. 3).

Floating Grippers.

Earlier tunnel machine designs at the Oahe Dam in 1952 and other tunnel sites utilized the mass of the machine to counteract torque during boring. These early machines sat on wide rails, and the back-up system was built right onto the machine. The machines did not have grippers, and because of this the rear feet tended to lift up and to the right, making them somewhat unstable. In place of grippers, hydraulic jacks shoved off of steel ribs placed at the front of the machine – a method that also meant steel ribs had to be placed regardless of the ground conditions.

Subsequent Robbins machines in smaller diameters used a type of fixed gripper, but this greatly limited steering. At an



Die Robbins-Maschine für Poatina Hydro besaß die ersten schwimmenden Greifer, wodurch die Maschine kontinuierlich gesteuert werden konnte.

The Robbins machine for Poatina Hydro also included the first floating grippers, which allowed the machine to be continuously steered.

durch Tonstein und Sandstein bei max. Druckverhältnissen von 118 MPa. Die TVM wurde innerhalb von sechs Monaten vor Ort in Seattle gebaute. Zu den damals zahlreichen, absolut neuartigen Anlagenteilen für den Hartgesteinsvortrieb zählten schwimmend gelagerte Gripper (Verspannplatten) und neukonstruierte Rollenmeißel (Bild 3).

Schwimmend gelagerte Gripper.

Die ersten TVMs, die im Jahr 1952 beim Oahe-Damm- und anderen Tunnelbauprojekten zum Einsatz kamen, nutzten ihre schiere Masse, um dem Drehmoment während des Bohrens entgegenzuwirken. Diese frühen TVMs wurden auf breitspurigen Schienen gelagert, wobei der Nachläufer direkt auf der TVM aufgebaut wurde. Auch waren sie noch nicht mit Grippern ausgestattet, sodass sich ihr hinterer Teil immer wieder nach rechts oben bewegte, was eine gewisse Instabilität bedeutete. Anstelle von Grippern wurden hydraulische Heber verwendet, die aus Stahlrippen am vorderen Teil der TVM vorgedrückt wurden – eine Lösung, die implizierte, dass Stahlrippen bei jeder Bodenbeschaffenheit eingesetzt werden mussten.

Die folgenden Robbins-TVMs mit kleineren Durchmessern wurden mit starren Grippern versehen, was das Steuern jedoch stark einschränkte. Bei dem Humber-River-Abwassertunnel-Projekt in der kanadischen Provinz Ontario im Jahr 1956 wurde eine TVM mit einem kompletten Satz an Rollenmeißeln und starren Grippern für harten kristallinen Kalkstein eingesetzt. Dabei pressten sich die Gripper gegen das Gestein. Einmal angepresst, konnte die TVM aber nur noch geradeaus gesteuert werden. Sobald der Maschinist die TVM steuern wollte, lösten sich die Gripper von der Gesteinswand, und der TVM-Aufbau begann zu rotieren. Somit musste der Maschinist beim Steuern der TVM größte Vorsicht walten lassen.

Für das tasmanische Poatina-Tunnel-Projekt konstruierte Robbins eine frei steuerbare TVM. Da die TVM durch harten Sandstein schneiden musste, wurde der erste frei bewegliche (schwimmend gelagerte) Gripper für diese Bodenverhältnisse konzipiert. Die patentierte Konstruktion war ein voller Erfolg; sie ermöglichte eine freie Steuerung der TVM auch während des Vortriebs, also mit an die Tunnelwand angepressten Grippern. Weitere konstruktive Änderungen wurden entwickelt, z. B. permanent geschlossene Hauptlager für TVMs mit größeren Durchmessern, um die Lagerlebensdauer zu erhöhen und Schäden an der Mechanik durch Ölverlust oder Verschmutzung zu verhindern.

Erdaushub

Der Bauherr, der die erforderlichen Bauarbeiten selbst durchführte, zeigte Interesse an der so völlig neuen Konstruktion, z. T. aufgrund seiner Tiefbauerfahrung und seines großen Vertrauens in die technischen Fähigkeiten seiner Mitarbeiter. Vor Abnahme der TVM ließ er ein maßstabsgetreues Bohrkopfmodell mit der vorgeschlagenen Rollenmeißelspezifikation anfertigen. Die Testergebnisse bewiesen, dass das Gestein mit dem neuen Konzept schneller als im Bohr- und Sprengverfahren (Drill & Blast) abgebaut werden konnte, und nahm die Neukonstruktion ab.

Ontario, Canada project in 1956, the Humber River Sewer Tunnel was excavated using a tunneling machine in hard crystalline limestone using a full dressing of disc cutters and fixed-type grippers. The grippers would grip against the rock, but once it was in this position the machine had to travel straight forward. If the machine operator were to try to steer, the grippers would break free of the walls and the body of the machine would rotate. Because of this, the operators at the Humber River sewer tunnel had to be very cautious with steering of the machine.

For the Poatina, Tasmania Tunnel, Robbins wanted a design that would guarantee continuous steering abilities. The machine was to bore in hard sandstone, so the first-ever articulated (floating) gripper system was designed for these conditions. The patented design was a success, allowing for continuous steering during a push when the grippers were engaged against the tunnel walls. Other design changes such as permanently sealed, large diameter main bearings were developed to improve bearing life and to keep oil in and dirt out of the mechanisms.

Project Excavation.

The owner, which performed its own construction services, went with the relatively radical design in part because of its experience with underground construction and a high confidence in the engineering capability of its staff. Before acceptance of the machine, the owner built a scale model of the machine cutterhead with the proposed disc cutter design. After testing the model, the owner determined that it could cut rock faster than drill and blast, and accepted the new designs.

The Poatina tunneling machine began excavation in March 1961, in an industry climate where tunneling machines were considered experimental and Drill & Blast (D&B) was the standard. World records were very important, particularly in Australia because that country held the world record for tunneling at that time. Their record using D&B in the Snowy Mountains topped out at about 137 m per week – a record that was nearly doubled by the Poatina machine. During a six-day work week the machine advanced 229 m, and achieved a best shift advance of 18.2 m, proving that tunneling machines could indeed excavate

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

Die weltweit erste Schild-TVM von Robbins wurde 1964 für die Pariser RER Metro gebaut, mit Druckluft, um die Ortsbrust zu stützen.

The world's first pressurized face TBM was built by Robbins in 1964 for the Paris RER Metro, using compressed air to hold the excavation face.

Im März 1961, zu einer Zeit also, in der man TVMs nachsagte, sie seien noch im Experimentierstadium, und konventioneller Vortrieb die Regel war, wurde die für das Poatina-Projekt gebaute TVM in Betrieb genommen. Dem Aufstellen von Weltrekorden wurde große Bedeutung beigemessen, vor allem in Australien, das damals den Weltrekord im Tunnelbau hielt. Der konventionell in den Snowy Mountains aufgestellte Rekord lag bei ca. 137 m/Woche – eine Vorgabe, die die TVM in Poatina nahezu verdoppelte. In einer Sechstagearbeitswoche wurde die TVM um 229 m vorgetrieben und in einer Schicht wurde eine Strecke von nicht weniger als 18,2 m erreichte. Damit konnte der Beweis erbracht werden, dass im Gestein der Vortrieb mit einer TVM schneller als der konventionelle Vortrieb war. Das somit erfolgreiche Poatina-Projekt ebnete den Weg für den späteren Einsatz von TVMs beim Bau von Stollen für Wasserkraftanlagen weltweit und verhalf dem erfolgreichen Konstruktionskonzept eines schwimmend gelagerten Grippers zum Durchbruch.

Die Anfänge des erddruckgestützten Tunnelbaus: Das Pariser RER-Metro-Netz

Als Beispiel für erfolgreiche Tunnelbauinnovationen sei das Pariser RER-Metro-Projekt angeführt. In dem im Jahr 1964 initiierten Projekt kam eine von Robbins konstruierte und gebaute TVM zum Einsatz, bei deren Konzeption der Bauherr, Établissements Billard, mitwirkte. Das Ergebnis war eine TVM, die als Vorläufer der heutigen Erddruck- und Schlammschild-TVMs gilt (Bild 4). Ziel des Projekts war die Bohrung eines 2,9 km langen Tunnels durch Wechselgestein und eingelagerte Schichten zerbrochenen Felsmaterials unterhalb des Grundwasserspiegels. Bei der Pariser TVM kam eine Druckwand zum Einsatz, die aus einer Stahlplattenkonstruktion bestand. Sie war hinter dem rotierenden Bohrkopf angebracht und schottete den vorderen Maschinenteil komplett vom hinteren ab. Der vordere Bereich wurde permanent mit Druckluft beaufschlagt, während der hintere dem Umgebungsdruck ausgesetzt war. Rotierende Räumer in dem beaufschlagten Bereich förderten den Dickstoff in

faster than drill and blast. The success at Poatina set the stage for further tunnel machine use in hydroelectric tunnels worldwide and cemented the floating gripper as a successful design concept.

Early Pressurized Tunneling: the Paris RER Metro

An example of successful innovation in mixed ground tunneling occurred at the Paris RER Metro in 1964. This project utilized a tunneling machine designed and built by The Robbins Company with conceptual input from the contractor Établissements Billard. The resulting machine was the precursor to all modern EPB and Slurry shield machines (Bild 4). The job required excavation of a 2.9 km long tunnel in mixed ground and bedded layers of broken rock below the water table. This Paris machine utilized a pressure bulkhead, which consisted of a steel plate structure located in a zone behind the rotating cutterhead that completely sealed the forward portion of the machine from the aft portion. The forward zone was kept pressurized with compressed air while the rear zone was open to atmospheric pressure. Rotary buckets in the pressurized zone transferred the muck into a 'conveyor tube' that remained pressurized and discharged muck through a pair of alternating hoppers in the free air zone.

Multiple challenges during tunneling required adaptations. During excavation, there was a large variation in water pressure between the top and bottom of the tunneling face, while the pressure of the compressed air was constant. This required over-pressurization of the chamber, which allowed compressed air to escape out of the top of the cutterhead zone. The machine was excavating through thin coal seams, and at one point the high pressure

eine Art „Abtransportrohr", das beaufschlagt blieb und den Dickstoff über zwei sich abwechselnde Trichter nach außen abtransportierte.

Eine Vielzahl von Herausforderungen während der Bauphase erforderte mehrere Anpassungen. Kennzeichnend für das Bauprojekt war eine hohe, sich ständig ändernde Wasserdruckdifferenz zwischen dem oberen und unteren Ortsbrustabschnitt, während die beaufschlagte Druckluft immer konstant blieb. Daher wurde die Abbaukammer unter Überdruck gesetzt, wodurch die Druckluft im oberen Bohrkopfbereich entwich. Die TVM arbeitete sich durch dünne Kohleflöze, und irgendwann kam es im Zusammenhang mit dem hohen Luftdruck zu einer Entzündung. Auch wenn es nicht zu einer Explosion kam, so brannte die Ortsbrust dennoch. Daraufhin wurde der Luftdruck gesenkt, damit Wasser an die Ortsbrust gelangen konnte, um so das Feuer zu löschen. Um ein erneutes Auftreten des Problems zu vermeiden, wurde die Tunnelsohle allmählich um 15 m angehoben, um so den erforderlichen Luftdruck zu senken. Da der Tunnel unter der Seine vorgetrieben wurde, barg diese Lösung ein weiteres Risiko in sich. Trotz aller Widrigkeiten konnte das Tunnelbauprojekt erfolgreich beendet werden. Nach Abschluss der Bauarbeiten nahm sich J.V. Bartlett, damals Seniorpartner beim britischen Ingenieurbüro Mott, Hay, and Anderson, der mit Druckluft verbundenen Abbauproblematik an und arbeitete ein Konzept für eine Schlammdruck-Tunnelvortriebsmaschine (Slurry-TBM) aus. Dabei ersetzte er die Druckluft durch thixotropen Schlamm, der genutzt wurde, um das abgetragene Gestein und Erdreich von der Ortsbrust nach außen zu transportieren. Er ließ sich diese Erfindung, die in den Folgejahren von deutschen und japanischen Unternehmen weiterentwickelt werden sollte, patentieren.

Risiken bestimmen immer häufiger den maschinellen Tunnelbau

Als Anlagenbauer die ersten TVMs herstellten und noch in den Folgejahren war es völlig normal, große Summen in neue Konzeptionen und Konstruktionen zu investieren. Das galt insbesondere für den maschinellen Tunnelbau im Hart- wie auch wechselhaften Gestein in den 1980er- und 1990er-Jahren. Als sich aber die wirtschaftliche Lage weltweit eintrübte, musste die Branche ihren unbändigen Entwicklungsdrang zügeln und konnte so ihre Ideen nur noch schrittweise umsetzen.

Wirtschaftliche Risiken

Die Risikobewertung ist eng mit der Wirtschaftslage zu einem gegebenen Zeitpunkt verbunden. Bei sinkender Wirtschaftskraft steigen die Risiken. So müssen alle Projektbeteiligten zusammenarbeiten, um Risiken zu minimieren und Verantwortlichkeiten eindeutig zu verteilen. Zwischen 1980 und 2000 wurden neue Vertragsmodelle wie Design-Bid-Build (DBB) oder Build-Own-Operate (BOO) entwickelt (s. ITA Working Group, 1996). Seit kurzem reicht es nicht mehr, dass ein Bauherr nur einen Tunnel baut, er muss auch einen Investor vorweisen, um auch noch nach Projektabschluss als Tunnelinhaber und -betreiber zu agie-

of the compressed air caused ignition. While not explosive, the face was burning, so the contractor had to lower the air pressure to allow water to enter the face and put out the fire. In order to keep the problem from recurring, the elevation of the tunnel was raised upward in a gradual 15 m incline to reduce the required air pressure. This carried risk in itself because the contractor was tunneling below the Seine River. In spite of these difficulties, the job was successfully completed. After the project, J.V. Bartlett (a senior partner in the British engineering firm of Mott, Hay, and Anderson) recognized the problems with compressed air, and developed the design concept of a slurry tunneling machine. He replaced the compressed air with thixotropic mud, which was used to move the cut rock and soil out of the face and into the free air zone. He patented this idea, which was further refined by German and Japanese companies in the years that followed.

How it Changed: The evolving Role of Risk

When equipment manufacturers were starting out and in the decades following, a large amount of investment was typically spent on new design work. This was especially true of hard rock machine tunneling, but also happened in mixed ground through the 1980s and 1990s. As the economic situation tightened

Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker
im Tunnelbau

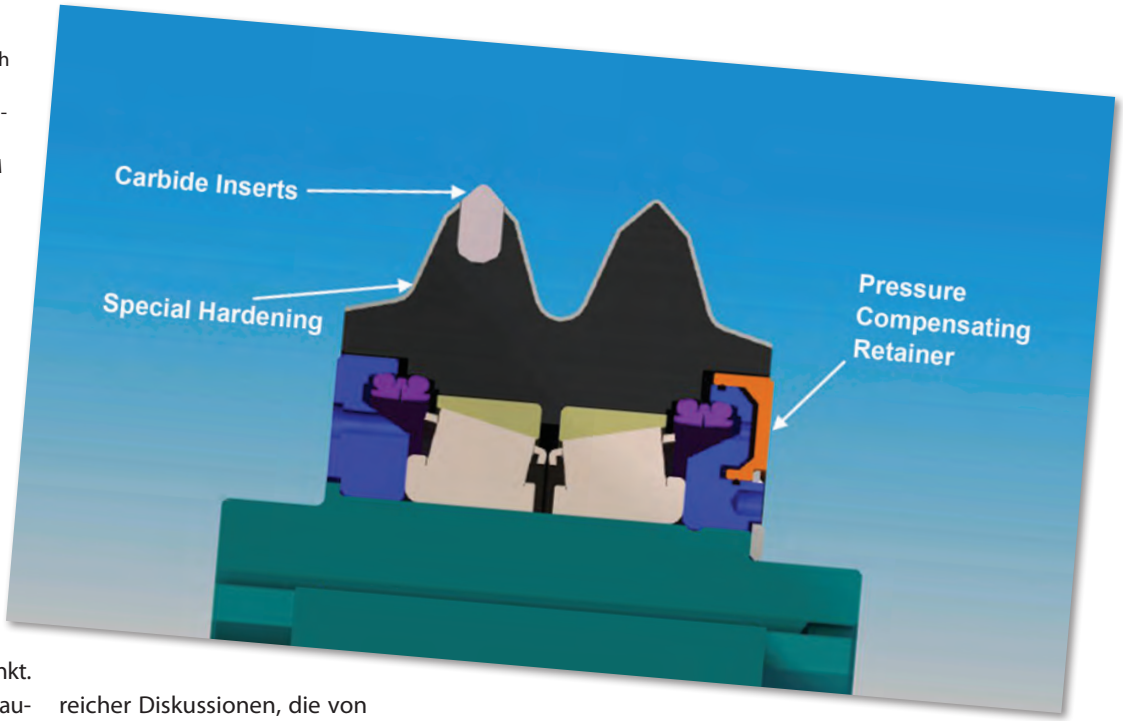
Schläuche · Armaturen · Zubehör für:
hoses · fittings · equipment for:

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

TechnoBochum
DAS Original
- Kompetenz seit über 25 Jahren -

Salweidenbecke 21
44894 Bochum, Germany
Tel. +49 (0)234/5 88 73-73
Fax +49 (0)234/5 88 73-10
info@techno-bochum.de
www.techno-bochum.de

TechnoBochum



Neue Innovationen müssen auch weiterhin in der Branche eingeführt werden: druckausgleichende Rollenmeißel von Robbins, hier auf einer großen SR 99-TVM in Seattle/USA installiert, lassen Vortrieb unter einem Druck von bis zu 7 bar zu.

New innovations must continue to be introduced in the industry: Robbins' Pressure Compensating Disc Cutters, for example, are installed on the large SR 99 Tunnel Boring Machine in Seattle, USA, and allow it to excavate under pressures up to 7 bar.

ren. In neueren Verträgen steht die Lösung von zunehmenden Problemen zwischen Bauherrn und Auftragnehmer im Mittelpunkt. Immer häufiger versuchen Bauherren auch, den Steuerzahler vor Kostensteigerungen und Zeitplanverzögerungen zu schützen. Unterm Strich können jedoch die neueren Vertragsmodelle eine Aufblähung des Projektumfangs und somit eine Risikoerhöhung aller Beteiligten zur Folge haben.

Seit geraumer Zeit sind diese neueren Verträge Thema zahlreicher Diskussionen, die von Verbänden wie der ITA, den nationalen Tunnelbauvereinigungen, in Fachzeitschriften sowie in Wissenschaftskreisen geführt werden. In deren Zentrum steht die Frage: Wie kann man Risiken gerecht zwischen Bauherr, Auftragnehmer und Tunnelbauer aufteilen? Wie sollte eine faire Risikoverteilung unter den Beteiligten

up worldwide, the industry was forced to make more incremental improvements.

Economic Risk

Risk evaluation has to do with the economic picture at a given time. If the economic picture is deteriorating, then risk is heightened. Collaboration amongst all the parties involved is needed to reduce risk and clarify responsibility. In the period from the 1980s to the 2000s, new contract models were also evolving, such as Design-Bid-Build, and Build-Own-Operate (ITA Working Group, 1996). More recently, an owner may not only need to build a tunnel, but also find a financing organization to own and operate it after the construction is completed. New contract models have been recommended as a solution to resolve growing conflicts between contractors and owners. Frequently, owners attempt to protect the tax-paying public from overruns of cost and schedule. However, new contract models may result in the size of projects increasing, with risks to all parties increasing.

In recent years these new contract structures have spurred many discussions by groups like the ITA, national tunneling groups, industry trade magazines and academic circles. The question is about risk sharing: How to achieve a proper balance of risk between the owner , contractor, and the manufacturer? How should a contract properly allocate risk among all of the parties? The risk environment has cornered contractors into doing more standard work, which in turn leads to more conservative tunnel designs. This then induces tunnel equipment manufacturers into offering more standard types of machines.

Not only is the contract specification a challenge, but also the magnitude of the project investment. Newer projects may be larger in scope, costing in the hundreds of millions or even billions in USD. This not only increases risk, but creates different kinds of risk as national governments, politicians, and even the public stakeholders become involved. Political risk has become an ever increasing factor.

vertraglich geregelt werden? Durch dieses Risikoumfeld sehen sich die Auftragnehmer in eine Ecke gedrängt, in der sie praktisch nur noch „Dienst nach Vorschrift" erbringen sollen, was wiederum die Umsetzung von mehr oder weniger „konservativen" Tunnelbauprojekten zur Folge hat. Dies wirkt sich natürlich auch auf die Hersteller von Tunnelbaugeräten aus, die umso mehr ihre Standard-TVMs anbieten.

Dabei stellt nicht nur die Vertragsgestaltung eine Herausforderung dar, sondern auch die Dimension der Projektinvestitionen. So können neuere Projekte einen größeren Umfang annehmen und mehrere Hundert Millionen, vielleicht Milliarden von Dollar kosten. Dies erhöht nicht nur die Risiken, sondern schafft auch noch weitere, insbesondere wenn Landesregierungen, Politiker oder gar öffentliche Interessengruppen eingebunden sind. Politische Risiken nehmen hier einen immer größeren Stellenwert ein.

Innovationen – das Rückgrat der Tunnelbaubranche von morgen

In der heutigen Tunnelbaubranche hat ein Paradigmenwechsel stattgefunden: Neue, bahnbrechende Innovationen werden nicht mehr in gewohnter Regelmäßigkeit entwickelt. Ein Merkmal gut etablierter Tunnelbaumärkte wie in den USA und Europa ist die große Zahl von Gerichtsprozessen – eine Rahmenbedingung, die sich negativ auf die Offenheit für neue Techniken auswirkt. In den aufstrebenden Märkten wie z. B. in Südostasien werden Verträge in ein weniger enges Korsett gefasst, ganz abgesehen davon, dass das dortige Umfeld Innovationen viel offener gegenübersteht. Dies hat zur Folge, dass viele innovative TVM-Lösungen heute nicht mehr in den USA oder Europa entwickelt werden. Diese aufstrebenden Märkte bieten viele Umsetzungsmöglichkeiten für neue, noch nicht realisierte Konzepte, z. B. eine Hybrid-EPB-/Einfachschild-TVM mit einem Durchmesser von 13 m, die zurzeit für ein Projekt in Ankara entwickelt wird. In dieser TVM werden zahlreiche, völlig neue Lösungsansätze realisiert, mit denen das Umschalten von einer Betriebsart auf eine andere bereits im Tunnel optimiert wird, d. h., dass das Umschalten vom Hartgesteins- auf EPB-Betrieb und zurück viel schneller erfolgen kann als bisher.

Bis heute hat sich noch kein klarer Weg herauskristallisiert, auf dem die amerikanische und europäische Tunnelbaubranche wieder in eine durch technischen Fortschritt geprägte Zukunft blicken kann. Unser erfahrenster Tunnelbaupartner trat mit folgender Vorgabe an uns heran: „Zeigt uns, wo das schon mal gemacht wurde, und wir werden sehen, ob wir das auch machen wollen." Neue, wirklich durchdachte Konzepte können sich immer noch im Laufe der Zeit auf dem Markt durchsetzen. Solche Vorschläge finden dann Anklang, wenn sie zusammen mit einer Alternative angeboten werden, die auf bewährten Praktiken basiert, sollte mit dem neuen Konzept die Lösung des Problems einmal doch länger dauern.

Mit ihrer neuen „ITAtech"-Initiative versucht die ITA, Konzepte über eine aus Herstellern bestehende Gruppe zu fördern. Hierbei kann ein neues Konzept nur dann in die Branche

eingeführt werden, wenn Gruppenmitglieder belastbare Empfehlungen abgeben und unter ihnen Einigkeit für eine Einführung besteht. So soll vermieden werden, dass Tunnelbauer und Bauherren Risiken übernehmen, die ansonsten den Verantwortungsrahmen eines innovativen Konzepts übersteigen würden. Wenn die Gruppe eine neue Konzeption fördert, die ihrer Meinung nach Vorteile mit sich bringt, fordert sie die übrigen Mitglieder auf, weitere Verbesserungsvorschläge einzubringen. Der Nutzen, der hierdurch entsteht, übersteigt die Nachteile, die sich durch die Revision einstellen könnten. Robbins und andere TVM-Hersteller wie z. B. Herrenknecht oder Hitachi Zosen engagieren sich für innovative Lösungen, die sie so in die weltweite Wissensdatenbank der Branche einbringen können (Smith, 2012).

Die Gruppe setzte bereits erste vielversprechende Akzente, darunter die initiierte Einführung einer neuen nahezu rückprallfreien Spritzbetonmischung, die in Japan zusammen mit Robbins entwickelt wurde (Bild 6). Der auf faserverstärktem Mörtel basierende Spritzbeton mit minimalen Rückpralleigenschaften, der bereits bei einem Projekt außerhalb Japans zur Anwendung kam, ermöglicht den Einsatz faserverstärkten Spritzbetons in der L1-Zone unmittelbar hinter dem Bohrkopfelement.

Die ITAtech-Initiative zielt auch auf eine Normierung der einzelnen TVM-Typen ab, um so die in Ausschreibungen dargelegten Spezifikationen klarer abzugrenzen, darunter auch die Standards für die Leistung und Lebensdauer des Hauptlagers.

Fazit

Risikovermeidung ist eine komplexe Variable in einer Funktion, in der die jeweiligen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und rechtlichen Bedingungen als weitere Parameter stehen. Wenn eine Branche – wie die Tunnelbaubranche – bereits ein

The Future of Innovation in the Tunneling Industry

The reality of our tunneling industry today is that paradigm shifts and major new innovations are no longer occurring at a regular rate. Well-entrenched tunneling markets in the U.S. and Europe have developed among the world's most litigious societies, and this cultural framework makes the acceptance of new technologies more difficult. In emerging markets such as Southeast Asia, contracts are somewhat less rigid and the atmosphere is more amenable to innovation, with the result that today's tunneling machine innovations may be more likely to occur outside of the U.S. and Europe.

There are many opportunities in these emerging markets for new concepts that have not been tried before. For example, a large, 13 m diameter hybrid EPB/Single Shield machine is currently being developed for a project in Ankara, Turkey. This machine design features a number of unique concepts that streamline in-tunnel conversion between tunnel modes, making the switch from hard rock to pressurized EPB and back again a quicker process.

Unfortunately there is not a clear way forward to a more progressive European and U.S. tunneling industry. We have heard from our most experienced tunnel builders a demand: "Show me where it has been done before and I'll consider doing it." Yet on the contrary, if truly valuable new concepts are proposed, they can still become accepted over time. Such a proposal may be accepted as long as a back-up method is included that uses known technology in case the new feature requires too much time to solve problems in the tunnel.

A new ITA initiative known as ITAtech is pushing concepts forward through a manufacturer-centered group. The introduction of new concepts to industry is only supported with solid recommendations and a con-

ITAtech, eine herstellerzentrierte Gruppe, wird durch die Schaffung universeller Richtlinien auf die Durchsetzung neuer Konzepte drängen. Die Gruppe führt beispielsweise gerade eine neue Art von annähernd rückprallfreiem Spritzbeton ein. Hier gezeigt im Einsatz auf einer Robbins-TVM am Pahang Selangor-Wassertunnel in Malaysia.

ITAtech, a manufacturer-centered group, is pushing through new concepts by establishing universal guidelines. The group is introducing a new type of near-zero rebound shotcrete, seen here in use on a Robbins TBM at the Pahang Selangor Water Tunnel in Malaysia.

gewisses Reifestadium erreicht hat, ist es sehr wahrscheinlich, dass Konstruktionen nur „Standardlösungen" sind. Die Vorgaben „relativ niedrige Kosten" und „Standardanlageneinsatz in weniger kritischem Gestein" wird man natürlich immer wieder hören. Aber es wird auch weiterhin die Nachfrage nach ausgeklügelten Lösungen für komplexe Projektabschnitte geben.

Die Tunnelbaubranche ist deshalb einzigartig, weil sie sich mit natürlich gewachsenen Geologien befasst und Konzeptionen aufgrund komplexer Bodenverhältnisse unweigerlich neu angepasst werden müssen. Wenn wir uns durch immer schwierigere Böden vorarbeiten wollen, z. B. hohe, harte Deckgesteinsschichten im Himalaya-Gebirge oder wechselhafte, mit Felsgestein durchsetzte Böden unter dem Grundwasserspiegel, dann müssen innovative Konzepte zwangsläufig Teil unserer täglichen Arbeit werden.

Als Branche müssen wir auch die zukünftigen Herausforderungen ins Auge fassen, denn es gilt abzuwägen, ob bestimmte Vorhaben wirtschaftlich realisierbar sind. Mammutprojekte wie ein Unterwassertunnel zwischen Alaska und Sibirien, Korea und Japan oder Spanien und Marokko mögen ingenieurtechnisch eine riesige Herausforderung sein und zu dem Aufregendsten zählen, was Tunnelbauer sich vorstellen können. Betrachtet man diese Projekte jedoch nüchtern, führen wirtschaftliche Erwägungen schnell zu dem Schluss, dass die Beförderung per Schiff oder Flugzeug doch die bessere Wahl darstellt.

Schlusswort

Alle, die in ihrem Berufsleben zumeist im Tiefbau gearbeitet haben, sollten ihre Erfahrung an die nächste Generation weitergeben, ihr den Stolz vermitteln, den wir für unsere Errungenschaften empfinden, und ihr den Wert der bisher realisierten innovativen Ideen näherbringen. Die Konzeption neuer Maschinen ist keine ausgestorbene Kunst – sie weist vielmehr den Weg in die Zukunft des maschinellen Tunnelbaus.

Es ist an uns, Wege zu finden, über die wir in einer Organisation Strukturen schaffen, um unser Wissen z. B. als Mentoren oder über Förderprogramme weiterzugeben. Heute besteht eine branchenweite Nachfrage nach gut ausgebildeten und erfahrenen Mitarbeitern, um Tiefbauprojekte zu realisieren. So tragen wir alle die Verantwortung, dieses einzigartige Gefühl, etwas Kreatives und Innovatives zu schaffen, der nächsten Generation von Maschinenbauern, Tunnelbauingenieuren und Konstrukteuren zu vermitteln.

Literatur / References

[1] ITA Working Group, 1996. ITA Position Paper on Types of Contract. Tunnelling and Underground Space Technology, Band 11, Nr. 4, S. 411-429.

[2] Shanahan A., 2013. EPB-Specific Cutting Tools for Challenging Mixed Ground Applications. ITA-AITES World Tunnel Congress, Schweiz.

[3] Smith K., 2012. ITAtech – Where the Industry Steps in. Tunnelling Journal, Okt.-/Nov.-Ausgabe, S. 10-14.

[4] Stack B., 1982. Handbook of Mining and Tunneling Machinery: John Wiley & Sons.

[5] Stack B., 2010. Robbins Triple Shielded TBM. Encyclopaedia of Tunnelling, Mining, and Drilling Equipment. Band 1, S. 657-658.

sensus among members of the group of manufacturers. This avoids placing more risk onto tunnel builders and project owners who would not otherwise accept an innovative concept. When the group promotes a new design it thinks is an advantage, it accepts revisions from its members because the gains will exceed any setbacks required for revision. The Robbins Company and other TBM manufacturers including Herrenknecht, Hitachi Zosen, and others are working to promote ideas and put them into the world knowledge base in this way (Smith, 2012).

The group has already shown promising signs, making the first steps towards introduction of a new type of Near-Zero Rebound Shotcrete, developed in Japan and in partnership with Robbins (Fig. 6). The fiber mortar based shotcrete, used on a project outside of Japan, allows for application of reinforced shotcrete with minimal rebound in the L1 zone directly behind the cutterhead support.

ITAtech is also working towards standards for each machine type, so that bid specifications become clearer, including standards for Main Bearing capacity and life.

Conclusions

Risk aversion is a complex variable that is often a function of a society, its economic conditions, and legal ramifications. As an industry matures, such as the tunneling industry, it is more likely that designs will become more standardized. There will always be a need for relatively low cost, standard equipment to be used in less complicated geology. Conversely, there is also a need for more advanced designs on complex jobs.

The tunneling industry is unique in that our work is organic and as ground conditions become more complex, designs must necessarily evolve. If we are to tackle exceedingly difficult conditions such as high cover hard rock in the Himalayas, or mixed ground with rock below the water table, innovative design must become a more regular part of our industry.

As an industry we must also look at the challenges before us, and whether certain projects are economically feasible. Extreme undersea tunnels between Alaska and Siberia, Korea and Japan, or Spain and Morocco may seem to be worthy technical challenges and among the most exciting things that tunnel designers can imagine. However, if analyzed carefully, economics may reveal that in practice surface transportation by ship may be a much better option.

As an Epilogue

It is important for those of us who have been in underground construction for the majority of our careers to pass on our feeling of pride in the industry and demonstrate the value of innovative design work. New machine concepts are not a lost art, but the way of the future in mechanized tunneling.

We should all find a way to create a structure within a company or an organization that allows for easy dispersal of knowledge through mentoring and encouragement. There is now an industry-wide need for trained and experienced personnel able to manage underground works. The responsibility to pass on the excitement of creativity to young engineers, tunnel builders, and designers, both men and women, is one that lies with all of us.

Dartford Crossing: Hochdruck-Wassernebeltechnik setzt neue Maßstäbe in der Tunnelsicherheit

Die „Dartford Crossing", ein Komplex aus zwei Tunnelröhren und einer Schrägseilbrücke im Osten Londons zählt zu den wichtigsten und am stärksten frequentierten Verkehrspunkten Englands. Im Jahr 2010 wurde die Ertüchtigung der beiden Dartford-Tunnel für notwendig befunden, da insbesondere der ältere der beiden britischen Tunnel, der komplett aus Gusseisen gefertigt wurde und bereits im Jahr 1963 eröffnet wurde, ein besonderes Sicherheitsrisiko barg.

Dartford Crossing: High-Pressure Water Mist Technology sets new Standards in Tunnel Safety

The "Dartford Crossing", a complex comprising 2 tunnel bores and a cable-stayed bridge in the east of London, is numbered among the most important and busiest transport hubs in England. It was decided in 2010 to refurbish the 2 Dartford tunnels, as especially the older of the 2 British tunnels, completely built of cast iron and opened in 1963, represented a particular safety risk.

Armin Feltmann, Vertriebsingenieur Tunnelsysteme;
Dirk Laibach, Technischer Leiter, FOGTEC Brandschutz GmbH & Co. KG, Köln/D
www.FOGTEC.com

Ausgangslage

Die „Dartford Crossing", ein Komplex aus zwei Tunnelröhren (Bild 1) und einer Schrägseilbrücke im Osten Londons, verbindet Grays in Essex auf der Nord- mit Dartford (Kent) auf der Südseite der Themse. Dieser Teilabschnitt der Londoner Ringautobahn M25 zählt zu den wichtigsten und am stärksten frequentierten Verkehrspunkten Englands. Jeden Tag nutzen im Schnitt bis zu 150.000 Fahrzeuge die beiden etwa 1.430 m langen Tunnelröhren. Der mautpflichtige Flussübergang und die Autobahn M25 unterstehen der Highways Agency, einer dem britischen Verkehrsministerium nachgelagerten Behörde.

Die Highways Agency hatte dann auch im Jahr 2010 die Ertüchtigung der beiden Dartford-Tunnel für notwendig befunden, da sie den zeitgemäßen Anforderungen an den Brandschutz nicht mehr standhielten. Gestützt wurde diese Entscheidung von der Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments, nach der alle EU-Länder Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz umsetzen sollen. Insbesondere der ältere der beiden britischen Tunnel, der komplett aus Gusseisen gefertigt wurde und bereits im Jahr 1963 eröffnet wurde, barg ein besonderes Sicherheitsrisiko: Die Stützstruktur aus Gusseisen hält hohen Temperaturen über einen längeren Zeitraum nicht stand. Aber auch die zweite Tunnelröhre, die 1980 zur Entlastung des gestiegenen Verkehrsaufkommens in Betrieb genommen wurde sollte an die modernen Sicherheitsstandards angepasst werden.

Starting Position

The Dartford Crossing, a complex comprising 2 tunnel bores (Fig. 1) and a cable-stayed bridge in the east of London, links Grays in Essex on the north side with Dartford (Kent) on the south side of the Thames. This part-section of the London M25 motorway ring is numbered among the most important and busiest transport hubs in England. Every day on average up to 150,000 vehicles use the 2 roughly 1,430 m long tunnel bores. The toll river crossing and the M25 motorway are run by the Highways Agency, a body belonging to the British Ministry of Transport.

The Highways Agency also decided the 2 Dartford tunnels had to be refurbished in 2010 as they no longer complied with current demands posed on fire protection. This decision was based on the European Parliament's Guideline 2004/54/EC, in accordance with which all European countries are obliged to adopt minimum safety standards for tunnels on the trans-European highway network. The older of the 2 British tunnels, which was completely made of cast iron and opened back in 1963, represents a particular safety risk. The cast iron supporting structure is incapable of withstanding high temperatures over a lengthy time period. Furthermore the second tunnel bore, which was opened in 1980 to contend with the growing volume of traffic also had to be adapted to comply with modern safety standards.

Refurbishing Process

Objectives

The experts commissioned by the Highways Agency exam-

1

Innenansicht des Dartford-Tunnels
Internal view of the Dartford Tunnel

Prozess der Ertüchtigung

Zielsetzung

Die von der Highways Agency eingesetzten Fachplaner prüften die infrage kommenden Ertüchtigungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der folgenden drei Kriterien:

Erhalt der Tunnelstruktur und Verfügbarkeit des Tunnels

Dem Erhalt der Tunnelstruktur und der Verfügbarkeit des Tunnels wurden höchste Priorität eingeräumt. Der Kollaps der Struktur der beiden Unterwassertunnel hätte den Verlust des gesamten Bauwerks der Dartford Crossing zur Folge. Dies würde nicht nur die Verkehrsinfrastruktur ganz Südenglands nachhaltig beeinträchtigen. Auch wäre die Schließung dieser strategisch bedeutsamen Unterquerung mit erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten verbunden, ganz zu schweigen von dem längerfristigen Ausfall der Mautgebühr. Die Schließung des Mont-Blanc-Tunnels nach der Brandkatastrophe im Jahr 1999 – und damit die temporäre Kappung einer der wichtigsten Nord-Süd-Verbindungen in den Alpen – hatte volkswirtschaftliche Kosten in Höhe von etwa 2 Mrd. € für die italienische Wirtschaft nach sich gezogen.

Sicherheit von Menschenleben

Die Verbesserung der Flucht- und Rettungsmöglichkeiten der Tunnelnutzer ist als maßgebliches Ziel in die Analysen eingebunden worden. Bei einem Großbrand breiten sich Wärme und Rauchgase binnen kürzester Zeit aus. Je länger und je größer das Brandereignis auftritt, desto schneller sinken die Überlebenschancen für Personen

ined the possible refurbishing methods taking the following 3 criteria into consideration:

Preserving the Tunnel Structure and Availability of the Tunnel

Preservation of the tunnel structure and availability of the tunnel were accorded the highest priority. Should the structure of the 2 underwater tunnels collapse this would have resulted in the entire Dartford Crossing being lost. This would have substantially affected the transport infrastructure through the south of England. In addition, the closure of this strategically significant crossing would have had considerable economic implications, quite apart from a long term loss of toll charges. The closure of the Mont Blanc Tunnel after the fire disaster in 1999 – thus resulting in the temporary loss of one of the most important north-south links in the Alps – resulted in costs amounting to some € 2 billion for the Italian economy.

Safety of Human Lives

Improving the evacuation and rescue opportunities of tunnel users represents an important objective for the analyses. Heat and smoke gases spread within the shortest possible time in the event of a major fire. The longer and bigger the fire incident becomes, the quicker the chances of survival for people diminish.

Improving the Deployment Conditions for the Emergency Services

The rapid temperature development of a serious conflagration that spreads quickly, often prevents the emergency services from reaching the fire seat in time.

The older Dartford Tunnel posed particular challenges for the planning experts. Neither

Verbesserung der Einsatzbedingungen der Rettungskräfte

Die rasante Temperaturentwicklung eines schweren, schnell um sich greifenden Feuers hindert die Einsatzkräfte oft daran, rechtzeitig zum Brandherd vorzurücken.

Der ältere Dartford-Tunnel stellte die Fachplaner vor besondere Herausforderungen. Durch seine gusseiserne Struktur hätten dort weder Flucht- noch Rettungswege nachträglich installiert werden können. Auch eine Auskleidung der Tunnelwände mit Brandschutzpaneelen wäre keine Option gewesen: Die Demontage der Paneelen, die für die regelmäßige Überprüfung des Tunnelbauwerks notwendig wäre, würde sich als zu aufwendig gestalten. Das bereits erwähnte Kriterium der Verfügbarkeit spielte auch bei den Überlegungen zur konkreten Umsetzung der Ertüchtigungsmaßnahmen eine übergeordnete Rolle. Aufgrund der Bedeutung des Tunnels für die britische Infrastruktur und Volkswirtschaft sollten die Maßnahmen in einem kurzen Zeitraum und ohne große Beeinträchtigung des laufenden Verkehrs umzusetzen sein. Nach Abschluss der Untersuchungen hatten sich die Experten für den Einbau einer aktiven und wasserbasierten Brandbekämpfungsanlage (BBA) ausgesprochen. Sie erfüllte nicht nur die vorgegebenen Schutzziele am besten, sondern gewährleistete auch einen relativ reibungslosen und nachträglichen Einbau in den bestehenden Tunnel. Der Hochdruck-Wassernebel wurde als Systemtyp definiert.

Zudem wurden alle neuen Komponenten des Tunnels nach den Anforderungen des Sicherheitsintegritätslevels (SIL nach EN 61508) bewertet und im Ergebnis mit der Stufe 2 belegt. Alle neu einzubringenden Systeme – darunter auch die Wassernebelanlage – hatten die SIL-2-Anforderungen zu erfüllen.

Großbrandversuche unter Realbedingungen sowie europäische Forschungsprojekte haben bereits mehrfach den Beweis für die Wirksamkeit aktiver Brandbekämpfungssysteme für Tunnel erbracht, insbesondere bei Flüssigkeitsbränden. Die positive Kühlwirkung, die Wassernebelsysteme unter der Tunneldecke entfalten, war ein wichtiger Faktor bei der Entscheidung, diese Technologie für die Dartford Crossing zum Einsatz zu bringen. Um dem Ziel des Personenschutzes nachzukommen, bestanden sowohl die Behörden wie auch die Feuerwehr darauf, dass das System sofort und unmittelbar nach Detektion eines Brands ausgelöst würde. Personen sollten bei der Entfluchtung nicht behindert werden. Nicht

LKW-Nachbau im Rahmen der Brandversuche

Truck replication within the scope of the fire tests

evacuation nor rescue routes could be subsequently installed on account of its cast iron structure. It was also impossible to clad the tunnel walls with fire protection panels: it would have been too enormous a task to dismantle the panels as needed for the regular inspection of the tunnel structure. The already mentioned criterion of availability also played a superordinated role during the deliberations on the concrete application of the refurbishing measures. Given the significance of the tunnel for the British infrastructure and the economy, it was essential that the measures were carried out in the shortest possible time without excessively interfering with ongoing traffic. After completing their investigations, the experts decided to install an active, water-based fire fighting system (FFFS/BBA). It was most suitable for fulfilling the predetermined protective goals as well as assuring relatively uncomplicated and subsequent installation in the existing tunnels. The high-pressure water mist was defined as a particular type of system.

In addition, all new components of the tunnel were evaluated in accordance with the Safety Integration Level (SIL in keeping with EN 61508) and classified as Stage 2. All new integrated systems – including the water mist system – had to fulfil SIL-2 requirements.

Major fire tests under real conditions as well as European research projects have on a number of occasions revealed the efficacy of active fire fighting systems for tunnels, especially for liquid fires. The positive cooling effect, which water mist systems generate under the tunnel ceiling, was an important factor in deciding to apply this technology for the Dartford Crossing. In order to accomplish the aim of protecting lives, both the authorities as well as the fire service insisted that the system was activated immediately after a fire was detected. The minimal

Brennender LKW-Nachbau vor Aktivierung der BBA

Burning truck replication prior to fire fighting system activation

zuletzt der geringe Platzbedarf, die hohen Verfügbarkeiten in bereits installierten Brandbekämpfungsanlagen (BBA) sowie die geringen Wartungskosten führten zu dem Entschluss, Hochdruckwassernebel für die Ertüchtigung der Dartford-Tunnel einzusetzen. [1]

Erstellung des Gesamtsicherheitskonzepts mit integrierter Brandbekämpfungsanlage

Nachdem die im Tunnel vorhandenen Sicherheitsinstallationen (z. B. Detektionssystem, Ventilation) analysiert worden waren, wurde ein Gesamtsicherheitskonzept erstellt. Das Konzept fußt auf dem Szenario eines schweren LKW-Brands und spricht der BBA eine Schlüsselrolle zu: Die Brandbekämpfungsanlage wirkt sich positiv auf die gesamte Tunnelinfrastruktur aus. Sie ermöglicht jederzeit eine Überprüfung der baulichen Gegebenheiten und stellt sicher, dass alle im Tunnel befindlichen Anlagen infolge der nun reduzierten Bemessungsbrandkurve nicht mehr für extrem hohe Temperaturen auszulegen sind, wie es z.B. nach der Rijkswaterstaat-Kurve (RWS-Brandkurve) erforderlich wäre. Dies reduziert nicht nur Kosten, sondern macht daneben aufwendige bauliche Brandschutzmaßnahmen überflüssig. Am Beispiel der Kapazität der Ventilation lässt sich dies veranschaulichen: Bei einem 100-MW-Brand reduziert die BBA die Rauchgasentwicklung so stark, dass die Auslegung der Ventilation für eine Brandleistung von 30 MW ausreicht. [2]

space requirement, the high availabilities of already installed fire fighting systems and the low maintenance costs led to the decision to apply high-pressure water mist for refurbishing the Dartford Tunnel. [1]

Devising the Overall Safety Concept with integrated Fire Fighting System

Once the safety installations existing in the tunnel (e.g. detection system, ventilation) were analyzed, an overall safety concept was devised. The concept is based on the scenario of a serious truck fire and accords the BBA a key role: the fire fighting system has a positive effect on the entire tunnel infrastructure. It facilitates inspection of the structural conditions at any time and ensures that all systems present in the tunnel no longer have to be designed to withstand extremely high temperatures on account of the now reduced dimensioning fire curve, as would be required e.g. according to the RWS fire curve (RWS = Rijkswaterstaat). This diminishes the costs quite apart from making complex structural fire protection measures unnecessary. This can be displayed on the basis of the ventilation: in the case of a 100 MW fire the BBA reduces the smoke gas development so substantially that the ventilation can be designed to cope with a 30 MW fire rate.

The Institute for Applied Fire Protection Research (IFAB), Rostock/D, was commissioned to undertake the real fire tests geared to the special circumstances of this project. THE IFAB can point to extensive references for carrying out major real fire tests in tunnels, e.g. for the Groupe Eurotunnel S.A., the Mont Blanc Tunnel operating company and in the scope of the SOLIT[2] research project.

The fire tests took place in the "San Pedro de Anes" test tunnel in Spain. This tunnel corresponds to a typical 2-lane road tunnel with a cross-section greatly resembling the original tunnel in England. It was possible to create identical ventilation conditions here, which helped to simulate the fire tests as realistically as possible. The fire test was undertaken by replicating a truck with Euro pallets (Figs. 2 + 3). A so-called target object was set up a certain distance away from the direction of flow by means of which just how the fire spread could be observed.

[1] Nach Durchführung einer Verfügbarkeitsstudie im Rahmen einer RAMS-Analyse wurde die Verfügbarkeit des installierten FOGTEC-Systems im Eurotunnel auf 99,982 % kalkuliert. In den ersten sechs Monaten nach der Inbetriebnahme konnte ein Wert von 99,51 % erreicht werden. Die minimale Abweichung ist vor allem durch Schwankungen in der Energieversorgung zustandegekommen. [1]

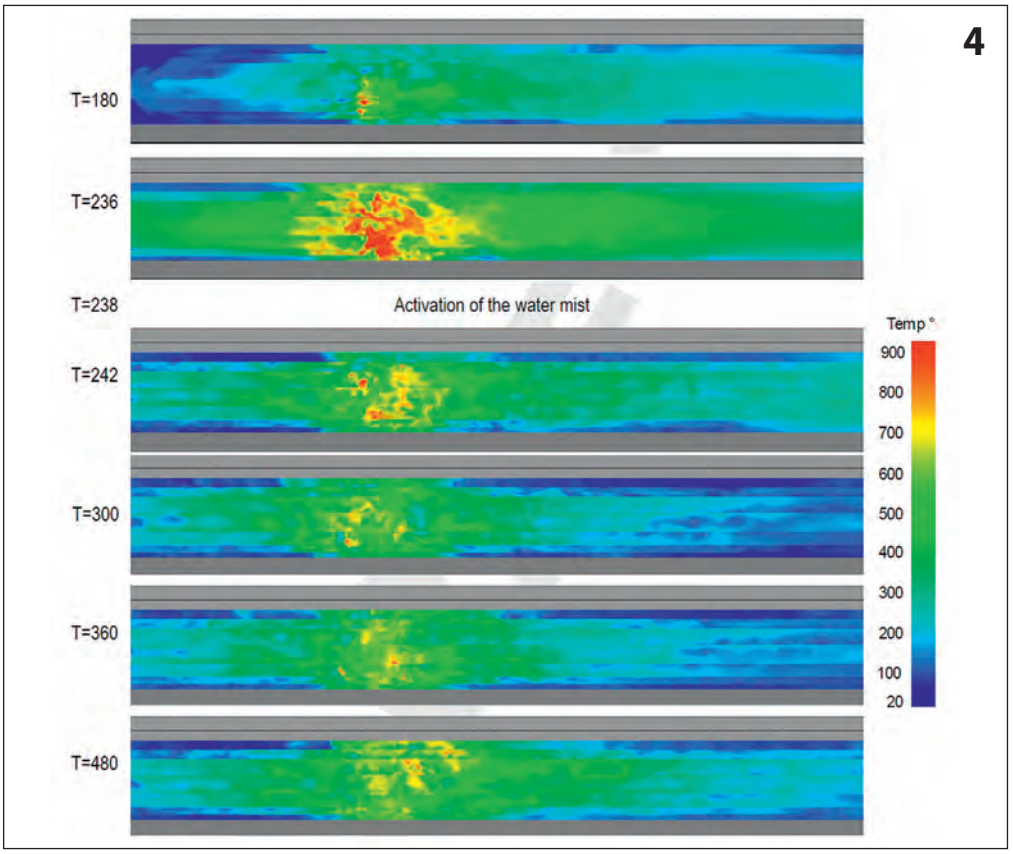
[1] After carrying out an availability study within the scope of a RAMS analysis, the availability of a FOGTEC system in the Channel Tunnel was calculated at 99.982 %. During the first 6 months after commissioning a value of 99.51 % was attained. The minimal deviation can be attributed to fluctuations in the energy supply [1]

Das Institut für angewandte Brandschutzforschung (IFAB), Rostock/D, wurde mit der Durchführung der auf die speziellen Gegebenheiten dieses Projekts abgestimmten Realbrandversuche beauftragt. Das IFAB hat umfangreiche Referenzen bei der Durchführung großangelegter Realbrandversuche in Tunneln, so beispielsweise für die Groupe Eurotunnel S.A., die Betreibergesellschaft des Mont-Blanc-Tunnels sowie im Rahmen des Forschungsprojekts SOLIT².

Die Brandtests fanden im Versuchstunnel „San Pedro de Anes" in Spanien statt. Dieser Tunnel entspricht einem typischen zweispurigen Straßentunnel mit einem Querschnitt, der dem der englischen Originaltunnel stark ähnelt. Hier konnten identische Ventilationsbedingungen geschaffen werden, welche die Brandversuche möglichst realistisch abzubilden halfen. Als Brandlast wurde ein LKW mit Europaletten „nachgebaut" (Bilder 2 und 3). In einem definierten Abstand zur Strömungsrichtung wurde ein so genanntes Zielobjekt positioniert, anhand dessen man die Brandausbreitung beobachten konnte.

Zahlreiche Messinstrumente wurden in der näheren und weiteren Umgebung der Brandlast angebracht, um eine Bandbreite an Messergebnissen für die Auswertung und Entwurfsplanung der BBA zu ermitteln. So wurden in mehreren Positionen und unterschiedlichen Abständen unter anderem Temperaturentwicklungen, Rauchgaskonzentrationen, die Sichtbarkeit und Wärmestrahlung gemessen und aufgezeichnet. Entsprechend der Vorgaben der Highways Agency lag ein besonderer Fokus auf den Temperaturen im Deckenbereich. Die Parameter der BBA-Installation im Testtunnel entsprachen der späteren Installation in Dartford Crossing: Der Düsentyp, die horizontalen und vertikalen Abstände zwischen den einzelnen Düsen, der Sprühwinkel, die Abstände zwischen den Düsen und der Brandlast sowie der definierte Mindestdruck an der Düse wurden hier festgelegt. Die auf dieser Grundlage durchgeführten Brandversuche belegten die Effektivität des Hochdruckwassernebelsystems und die Erfüllung der vorgegebenen Schutzziele.

Ausgehend von den Brandversuchen nahm das IFAB CFD-Berechnungen (CFD = Computational Fluid Dynamics – Numerische Strömungssimulation) vor mit dem Ziel, u. a. den Wärmeeintrag in die



CFD-Simulation
CFD simulator

Numerous test instruments were installed in the proximity and further away from the fire load to obtain a range of measurement results for evaluation and designing the BBA. Thus for instance, temperature developments, smoke gas concentrations, the visibility and thermal radiation were measured and recorded at various positions and distances.

In keeping with the requirements particular focus was exerted on the temperatures in the ceiling area. The parameters of the BBA installation in the test tunnel correspond to the system subsequently installed in the Dartford Crossing: the type of nozzle, the horizontal and vertical gaps between the individual jets, the spraying angle, the distances between the jets and the fire load as well as the defined minimal pressure at the nozzle were determined here. The fire tests executed on this basis confirmed the efficacy of the high-pressure water mist system and the fulfilment of the intended protective measures.

Based on the fire tests the IFAB undertook CFD calculations (CFD = Computational Fluid Dynamics – Numerical Flow Circulation) with the aim of among other things simulating the thermal transmission into the tunnel structure taking the specific tunnel façade into account and evaluating it. The outcome revealed that the temperatures prevailing in the cast iron structure were considerably below the prescribed maximum limits and could be classified as non-critical regarding preserving the tunnel structure. The results for the later bore of the Dartford Tunnel made of concrete were also completely uncritical.

Tunnelstruktur unter Berücksichtigung der spezifischen Tunnelfassade zu simulieren und zu bewerten. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass sich die Temperaturen in der Gusseisenstruktur deutlich unterhalb der vorgegebenen Höchstgrenzen bewegten und als unkritisch im Hinblick auf die Erhaltung der Tunnelstruktur klassifiziert werden konnten. Auch für die aus Beton erstellte neuere Röhre des Dartford-Tunnels sind die Ergebnisse völlig unkritisch.

Zu den größten Herausforderungen der Testreihe zählte der Versuch, das BBA-System erst dann zu aktivieren, als der Brand bereits eine Größe von 30 MW erreicht hatte (Bilder 4 und 5). Durch die effiziente Kühlung und Abschirmung des Wassernebels konnte die Temperatureinwirkung jedoch auch unmittelbar oberhalb der Brandlast auf einem eingegrenzten Niveau gehalten werden, sodass kein Risiko für den Erhalt der Tunnelstruktur bestand.

Anforderungen an die funktionale Sicherheit der BBA

Wie bereits beschrieben, wurden hohe Anforderungen an die funktionale Sicherheit der Steuerungskomponenten entsprechend des Safety Integrity Level der Stufe 2 gestellt, um ein sicherheitseinschränkendes Ereignis sofort entdecken und verarbeiten zu können. Die BBA war daher auch in das SIL-2-fähige Tunnelsteuerungs- und Überwachungssystem zu integrieren. In der Umsetzung bedeutet dies beispielsweise, dass die Sektionsventile redundant angesteuert werden, um deren Funktionalität – auch im Falle des Ausfalls einer Ansteuerungseinheit – sicherzustellen. Diese strikten SIL-Anforderungen haben ihren Ursprung vor allem in Bereichen mit besonders hohen Anforderungen an sicherheitsrelevante Funktionen wie beispielsweise in der Luftfahrt-, Bahn- und Atomindustrie.

Ausführung und Installation des Hochdruckwassernebel-Systems

Die Highways Agency vergab den Auftrag über die Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Montage, Inbetriebnahme und Wartung der Hochdruck-Wassernebelanlage in Dartford Crossing an die FOGTEC Brandschutz GmbH & Co. KG, die hat bereits in den vergangenen Jahren einige wichtige Tunnel mit Hochdruck-Wassernebelanlagen ausgestattet hat. Die dort eingesetzten Systeme haben sämtlich umfassende 1:1-Brandtests durchlaufen, sowie teilwiese im Rahmen der Forschungsprogramme UPTUN und SOLIT/SOLIT^2 ihre Wirksamkeit bewiesen.

Die Auslegung der BBA in Dartford Crossing erfolgte gemäß den Vorgaben der UPTUN – Richtlinie und des SOLIT^2 Leitfadens [2] [3]. Die Anlage ist für eine Betriebsdauer von 60 min

Among the major challenges of the test series was the test involving first activating the BBA system once the fire had reached a size of 30 MW (Figs. 4 + 5). Thanks to the efficient cooling and protection of the water mist the effect of temperature was maintained at a restricted level even above the fire load so that no risk ensued for preserving the tunnel structure.

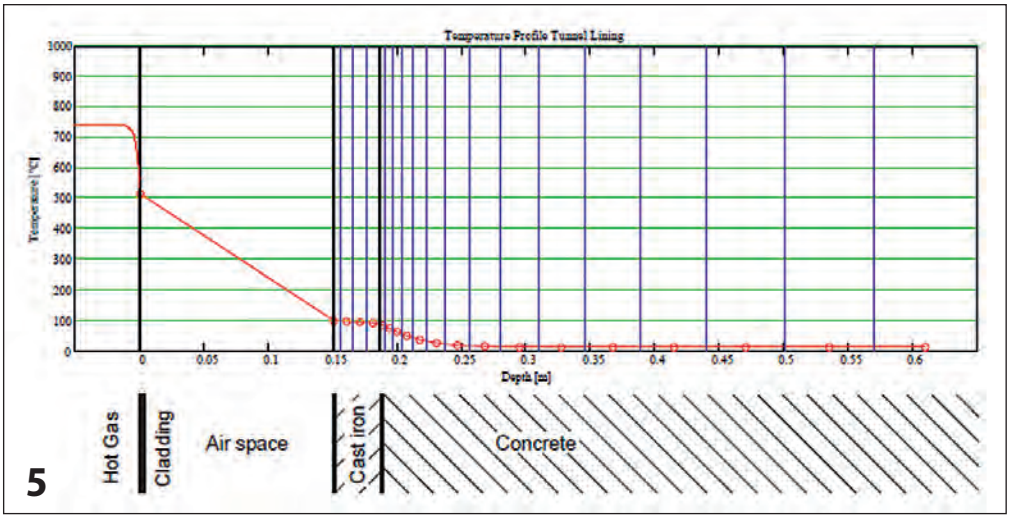
Requirements on the BBA's functional Safety

As already described high demands were posed on the functional safety of the control components complying with Safety Integrity Level Stage 2 to enable an incident threatening safety to be discovered and tackled immediately. Thus the BBA also had to be integrated in the SIL-2 compatible tunnel control and monitoring system. This meant in practice for example that the section valves were triggered redundantly in order to safeguard their functioning – even in the event of an activation unit failing. These strict SIL requirements can be mainly attributed to areas with particularly high demands on safety-related functions such as e.g. in the aviation, railway and nuclear industries.

Designing and Installing the High-Pressure Water Mist System

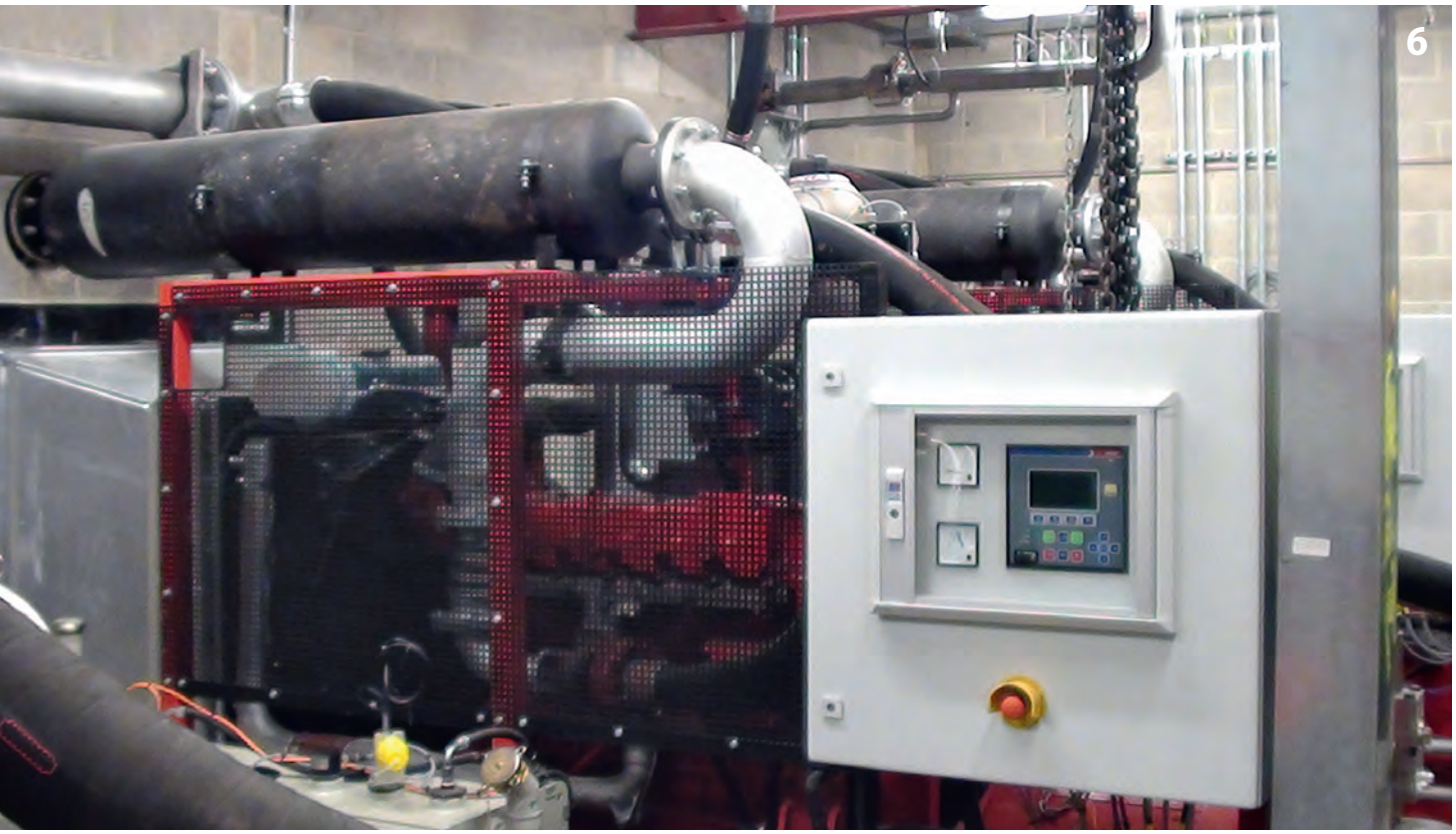
The Highways Agency awarded the contract for developing, designing, manufacturing, assembling, setting up and servicing the high-pressure water mist system in Dartford Crossing to the FOGTEC Brandschutz GmbH & Co. KG, which had already installed high-pressure water mist systems in important tunnels in recent years. The tunnels applied there were subjected to all comprehensive 1:1 fire tests as well as in some cases proving their worth within the scope of the UPTUN and SOLIT/SOLIT^2 research projects.

The BBA in the Dartford Crossing complied with the demands of the UPTUN guideline and the SOLIT^2 code of practice [2, 3]. The system is designed to operate for a period of 60 min. The existing detection devices (linear heat indicator, camera units) send an alarm to the tunnel control centre in the event of fire, which confirms it thus triggering the BBA in the relevant sectors. Triggering takes place over a total length of 75 m, comprising three 25 m long sectors. In the older, cast



Berechnung der Temperatureinwirkung auf die Tunnelstruktur

Calculating the effect of temperature on the tunnel structure



Dieselbetriebene Hochdruckpumpe im Pumpenhaus

Diesel-operated high-pressure pump in the pumping station

ausgelegt. Die vorhandenen Detektionseinrichtungen (lineares Wärmemeldekabel, Kameraeinrichtungen) geben im Brandfall eine Meldung an die Tunnelleitstelle, die diese bestätigt und die BBA in den relevanten Bereichen auslöst. Die Auslösung erfolgt über eine Gesamtlänge von 75 m, aufgeteilt in drei Sektionen à 25 m. Im älteren, gusseisernen Tunnel sind 58, im neueren 59 Sektionen für die Brandbekämpfung vorgesehen. Als Brandbekämpfungsmedium dient reines Wasser ohne den Einsatz von Additiven. Das Wasser der BBA muss nicht gesondert aufgefangen und entsorgt werden.

An beiden Tunnelmündern ist je ein Pumpenhaus mit einem Wasserreservoir errichtet worden. Jedes dieser Häuser verfügt über drei dieselbetriebene Pumpen, von denen jeweils eine als Redundanz dient. Auf Grund der extrem hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Tunnel wurden nicht nur die Pumpeneinheiten, sondern auch die Pumpenhäuser selber redundant ausgelegt. So ist ein Pumpenhaus für die BBA bereits ausreichend, das zweite redundant. Der Antrieb der Pumpen erfolgt über Dieselaggregate, was eine dauerhafte, von der externen elektrischen Energieversorgung komplett unabhängige Funktionsfähigkeit garantiert (Bild 6).

Neben der Belegung der BBA mit dem Safety Level der Stufe 2 (SIL2) wurde die Anlage in eine weitere Sicherheitsstruktur, das übergeordnete Steuerungssystem des Tunnels eingebunden. Das LSCS (LSCS = Life Safety Control System) ist nach der EN 61508 zertifiziert.

iron tunnel, there are 58 sections, in the newer one 59, intended for fire fighting purposes. Pure water without the use of additives is foreseen as the fire fighting medium. The water for the BBA must not be specially stored and disposed of.

A pumping station with water reservoir has been set up at both mouths of the tunnel. Each of these stations possesses 3 diesel-operated pumps, one of which in each case is redundant. Owing to the extremely high demands on the availability of the tunnels, the pumping stations as well as the pumping units were designed redundantly. Thus one pumping station suffices for the BBA, the

Bedienpanel der BBA in Dartford

Operating panel for the fire fighting system in Dartford

Erfolgreich durchgeführter Sprühversuch im Dartford-Tunnel

Successfully executed spraying test in the Dartford Tunnel

Derartige Steuerungssysteme kommen in Tunnelröhren bisher nur sehr selten zum Einsatz. Mit der Ertüchtigung der Dartford-Tunnel wurde das erste Mal eine ortsfeste Brandbekämpfungsanlage in ein solches System eingebunden (Bild 7).

Die im Tunnel installierten Rohrleitungen sind aus Edelstahl der Qualität 1.4571 bzw. 1.4462 gefertigt. Die Rohrverbindungen sind geschweißt, garantieren eine lange Lebensdauer sowie und einen geringen Wartungsaufwand. Auf den Einsatz von Gummidichtungen in den Rohrleitungen wurde weitestgehend verzichtet, um eine möglichst hohe Temperaturbeständigkeit und die Langlebigkeit des Systems zu gewährleisten. Die wartungsfreien Düsen verfügen über keine beweglichen Teile. Auch dies ist der rauen Umgebung, einer geforderten Lebensdauer von mindestens 20 Jahren, der Minimierung des Wartungsaufwands und der erforderlichen Zuverlässigkeit geschuldet.

Die mit Wasser vorgefüllte Hauptleitung der BBA ist isoliert, mit einer Rohrbegleitheizung ausgestattet und mit einer Ummantelung aus Edelstahl versehen. Bei Temperaturen knapp oberhalb des Gefrierpunkts wird die Rohrbegleitheizung aktiviert und verhindert das Gefrieren des Wassers.

Die Installation der BBA war mit besonderen Herausforderungen verbunden. Aufgrund der hohen Auslastung und Bedeutung der Dartford-Tunnel für das britische Verkehrsnetz konnten die Installationsarbeiten nur nachts und in sehr reduzierten Zeitfenstern stattfin-

other is redundant. The pumps are driven by diesel aggregates thus assuring permanent functioning capacity, completely independent of the external electricity supply (Fig. 6).

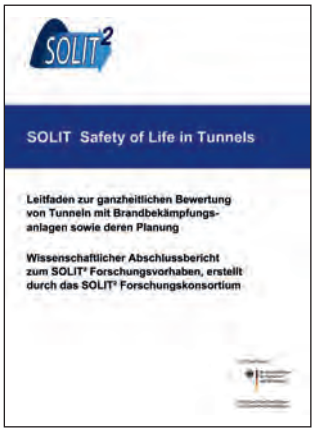
Apart from ensuring the BBA possessed Safety Level Stage 2 (SIL-2), the system was integrated in a further safety structure, the tunnel's superordinated control system. The LSCS (LSCS = Life Safety Control System) is approved in keeping with the EN 61508. Such control systems have so far only very rarely been used in tunnel bores. For the first time a fixed fire fighting system was integrated in such a system in the case of the Dartford Tunnel (Fig. 7).

The pipelines installed in the tunnel are made of stainless steel – quality 1.4571 or 1.4462. The pipe couplings are welded, guaranteed a long service life and require little maintenance. The use of rubber seals was avoided in the pipelines as far as possible to assure as high a temperature constancy as possible and a long service life for the system. The low-maintenance nozzles have no moveable parts. Attributes such as a required service life of at least 20 years, minimizing the need for maintenance and the necessary reliability are essential given the tough surroundings.

The BBA's main pipeline filled with water is insulated, fitted with trace heating and provided with a stainless steel jacket. The trace heating is activated as soon as temperatures hover above freezing point thus preventing the water from freezing.

Installing the BBA was linked with particular challenges. Owing to the high frequencies and significance of the Dartford Tun-

den. Die daraus resultierenden Einschränkungen erforderten eine detailliert abgestimmte Planung durch das Installationsteam. Die FOGTEC konnte sich dabei auf Erfahrungen stützen, die sie bei ähnlich anspruchsvollen Tunnelprojekten in der Vergangenheit gesammelt hat.


SOLIT Safety of Life in Tunnels

Leitfaden zur ganzheitlichen Bewertung von Tunneln mit Brandbekämpfungsanlagen sowie deren Planung

Wissenschaftlicher Abschlussbericht zum SOLIT² Forschungsvorhaben, erstellt durch das SOLIT² Forschungskonsortium

Die Errichtung und Inbetriebnahme beider Pumpenräume sowie die komplette Installation im älteren Tunnel sind bereits abgeschlossen. Die Sprühversuche zur Abnahme sind ebenfalls durchgeführt worden (Bild 8). Das Hochdruckwassernebel System für den älteren, gusseisernen Dartford-Tunnel ist vollständig betriebsbereit. Im neueren Tunnel befinden sich die Installationsarbeiten in der Abschlussphase.

Fazit und Ausblick

Die Installation der BBA in Dartford Crossing setzt weltweit neue Maßstäbe im Bereich des Brandschutzes und der Tunnelsicherheit. So ist die Integration einer SIL-2-Steuerung wegweisend für die Zukunft.

Nationale und internationale Forschungsprogramme der Tunnelsicherheit wie UPTUN, SOLIT und SOLIT² gewinnen weltweit an Bedeutung. Die daraus resultierenden Leitfäden werden immer öfter als Grundlage für die Errichtung neuer Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln herangezogen. Erste Jurisdiktionen haben bereits nationale Richtlinien für aktive BBA verabschiedet und dort Wassernebel als Technologie für den Brandschutz verankert. [2] Die Kompensationsmöglichkeiten für andere Installationen im Tunnel, die Verringerung der Lebenszykluskosten des Tunnels, eine vereinfachte Möglichkeit der Tunnelertüchtigung und, nicht zuletzt, die herausragenden Vorteile bei der Brandbekämpfung stellen entscheidende Argumente für den Einsatz der Hochdruckwassernebeltechnik zur Brandbekämpfung dar. Das Beispiel des Dartford-Tunnel macht deutlich, dass die Gesamtinvestitions- und Lebenszykluskosten mit BBA meist niedriger ausfallen als ohne BBA, dabei aber gleichzeitig eine höhere Verfügbarkeit sicherstellen.

nel for the British transportation network the installation work could only be undertaken at night during extremely reduced time frames. The resultant restrictions called for detailed planning on the part of the installation team. In this connection, the FOGTEC was able to rely on experience gained from similar sophisticated tunnel projects in the past.

The setting up and commissioning of both pumping stations as well as the complete installation in the older tunnel has already been concluded. The spraying tests for approval purposes have also been carried out (Fig. 8). The high-pressure water mist for the older, cast iron Dartford Tunnel has been completed ready for operation. The installation operations in the newer tunnel are reaching their final stages.

Conclusion and Outlook

Installing the BBA in the Dartford Crossing sets new standards worldwide in the field of fire protection and tunnel safety. The integration of a SIL-2 control system marks a step towards the future.

National and international research programmes on tunnel safety such as UPTUN, SOLIT and SOLIT² are gaining in significance throughout the world. The resultant codes of practice are being increasingly used as the basis for setting up new fire fighting systems in tunnels. National guidelines for active BBA have already been approved with water mist being incorporated as technology for fire protection. [2] The possibilities of compensation for other installations in the tunnel, the reduction of life cycle costs for the tunnel, a simplified means of refurbishing tunnels and last but not least the outstanding advantages provided for combating fires represent decisive arguments in favour of applying high-pressure water mist technology for fighting fires. The example of the Dartford Tunnel makes it evident that the entire investment and life cycle costs with BBA usually emerge to be less than without BBA whilst securing higher availability at the same time.

Literatur/References

[1] Bouthors, Bruno: The SAFE concept in the Channel Tunnel, International Conference on SOLIT, Berlin, Germany, 27.-28.06.2012

[2] SOLIT²: Leitfaden zur ganzheitlichen Bewertung von Tunneln mit Brandbekämpfungsanlagen sowie deren Planung. Der Leitfaden samt Anhängen kann unter www.solit.info heruntergeladen werden.

[3] UPTUN consortium, Engineering Guidance for Water Based Fixed Fire Fighting Systems for the Protection of Tunnels and Sub Surface Facilities – Report 251, UPTUN WP 2.5, 2006. Das Dokument kann heruntergeladen werden unter/The report can be downloaded under: http://www.fogtec-international.com/en_water_mist/multimedia/downloads/standards/

[2] Die österreichische Richtlinie RVS 09.02.51 regelt die Vorgaben für ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln.

[2] The Austrian guideline RVS 09.02.51 regulates the requirements for fixed fire-fighting systems in tunnels.

Das Magazin für die **Baumaschinenbranche**

BAU Maschinen + Technik

November 2013

Sichern Sie sich jetzt Ihr persönliches Exemplar und schicken eine kurze eMail an: **baumaschinentechnik@bauverlag.de**

PRINTAUFLAGE: 20.000 EXEMPLARE + E-PAPER

inkl. Verlinkung
ca. 15.000 Empfänger

PRODUKTGRUPPEN

- Baumaschinen + Ausstattung + Technik
- Baugeräte + Baustelleneinrichtung
- Anbaugeräte + Zubehör
- Baufahrzeuge + Anhänger
- Dienstleistungen

TERMINE

Erscheinungstermin:
25. November 2013
Redaktionsschluss:
28. Oktober 2013
Anzeigenschluss:
11. November 2013

KONTAKT

Redaktion:
Volker Horschig 05241 80 2252
Anzeigenleitung:
Christian Reinke 05241 80 2173
baumaschinentechnik@bauverlag.de

SONDERVERBREITUNG: VDBUM GROSS-SEMINAR 2014

Special formwork for hydraulic tunnel lining with application of HDPE membrane

To meet the growing necessity of the metropolitan and touristic area of Abu Dhabi, during the year 2008 ADSSC has started the STEP project (Strategic Tunnel Enhancement Programme), which will be completed in the year 2015. For the two key parts of the project T-02 (15 km 5.0 m final diameter tunnel) and T-03 (10.5 km 5.5 m final diameter tunnel) both awarded to the contractor Impregilo S.p.A. (today Salini Impregilo), CIFA has designed and constructed 12 special tunnel steel forms for the loading and traction of the special membrane HDPE (High Density PolyEthylene). This membrane shall be installed before the pouring and integrated with the final lining surface, which has to guarantee over 80 years of useful life of the project under extremely heavy conditions of corrosion.

Eugenio Bertino, Tunnelling Director, CIFA SpA, Senago/I
www.cifa.com

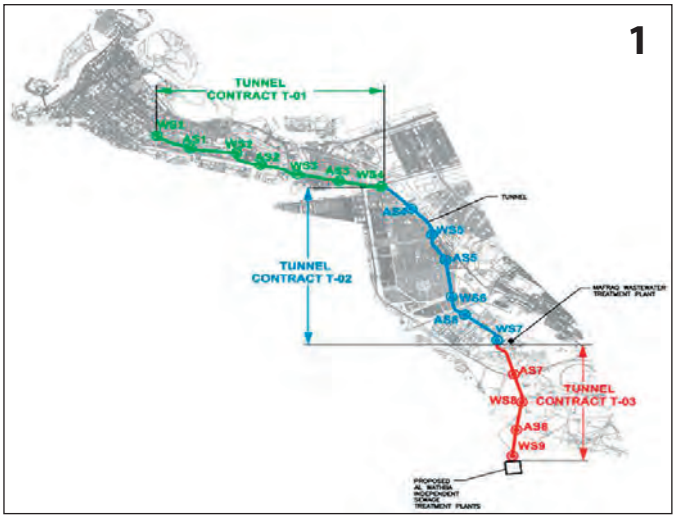
The Project

Abu Dhabi Sewerage Service Company (ADSSC) manages for the emirate of Abu Dhabi the whole sewer system of the territory and of the connected islands. They have developed a strategic project called STEP (Strategic Tunnel Enhancement Programme) to be able to control the great residential, touristic and industrial expansions (Fig. 1). This project, through a long network of 41 km of tunnels for the main collector and 43 km of small tunnels as secondary network, intercepts the waste water of the entire urban area of Abu Dhabi and of the new settlements. This new collector and its network will integrate the existing sewerage treatment plant for waste water. Once completed the purification treatment of all waste water, the cleaned water will be transferred again to the urban areas for the irrigation of the green and decorative areas.

This project, which started in the year 2008, is expected to be completed by 2015 and has been divided into three big lots (T01, T02, T03) for the main collector with three final diameters from 4, 5 and 5.5 m, and two lots (LS-01, LS-02) for the small secondary tunnels and the lot of the final Pumping Station (PS-01).

One of the main parts of this project has been awarded to the construction company Impregilo S.p.A., responsible for the excavation and the final lining of the tracks of the main collector T-02 of 15 km (final diameter 5 m) and T-03 of 10.5 km (final diameter 5.5 m).

The starting up of the new collectors will allow the start and completion of a series of secondary projects linked to the new green areas of the city and its tourist attractions already operational and planned.



Project STEPS

Impregilo job-site for the Contract T02

Analysing more in detail the main activities foreseen in the first lot awarded to the Italian contractor, we identify three main shafts of dia. 16 m approx. with max. variable depth from 40 to 60 m from the surface. These three shafts called Work Shafts (WS), all located in the mainland south/east area of the city, are identified by the initials WS 5, WS 6 and WS 7. They intercept the main tunnel axis and are used for the lowering and start of the three TBM (Herrenknecht), which have all carried out the excavation in counterslope towards the city.

The TBM lowered from the shaft WS 5, has completed the excavation by going out of WS 4, which belongs to the lot T01, awarded to Samsung. Each track which connects two following work shafts has a length of about 5 km, for a total of 15 km for the whole track of the lot T02.

The excavation of the shafts began in the year 2010. At the beginning of 2011 they enabled the erection and the gradual start of the three TBM, which in spring 2012 completed the excavation of the relevant tracks by reaching a record peak of daily excavation of 45 m.

In the middle of each track of the main tunnel between two

CIFA Work shop testing

work shafts, access shafts of dia. 7 m have been realized. These are located at a distance of a few dozen of meters from the main tunnel axis and are connected with it through a cross passage having the main function of access for maintenance during the operation.

During the excavation the three TBM with diameter 6.40 m have installed a lining with traditional segments in reinforced concrete only with fibers having an internal diameter 5.5 m and thickness of the segments of 280 mm.

Each ring is connected to the next one by special connectors and coupling bars in plastic material.

This primary lining is in direct contact with the highly saline ground water in which the tunnels are realized. Particular care has been given to the choice of cement, so as to minimize the deterioration by chemical attack. Also for this reason, a reinforcement only with fibers has been chosen without using traditional reinforcing cages, which would not be preferable for this severe working conditions.

Final Lining

To ensure a minimum life of 80 years to the work, the designers have foreseen a final lining cast in situ with protection of the surface by means of a high density membrane in polyethylene (HDPE) self-anchoring to the concrete by means of pre-shaped knobs. This membrane covers all the 320 degrees of the cap and shall leave free only the lower 40 degrees of the invert.

On developing the steel form for the casting of the final lining, there were two particularities to consider:

a) The HPDE membrane to be installed on the steel form before the concreting and its pre-tensioning, in order to ensure a perfect anchorage in the concrete;
b) The target productions to be achieved for each of the 6 work fronts of two casts of 12 m for each typical complete cycle.

The technicians of CIFA and Impregilo have applied the aforementioned considerations to a solution of formwork which had also to be integrated with the concrete transport and pumping system, as well as with the transport and the loading of the HDPE membrane. The fabrication of the 12 pieces of formwork started in September 2011 and all of them were completed in March 2012.

In December 2011 a functional test on the first fully pre-assembled formwork system was carried out at the workshop of CIFA, Senago, including a trial membrane loading. Thanks to this test, the setting systems of the membrane, the guide system during the unrolling and the pre-tensioning have been developed and improved, also in cooperation with the technicians of Impregilo and the South African supplier of the HDPE, AKS.

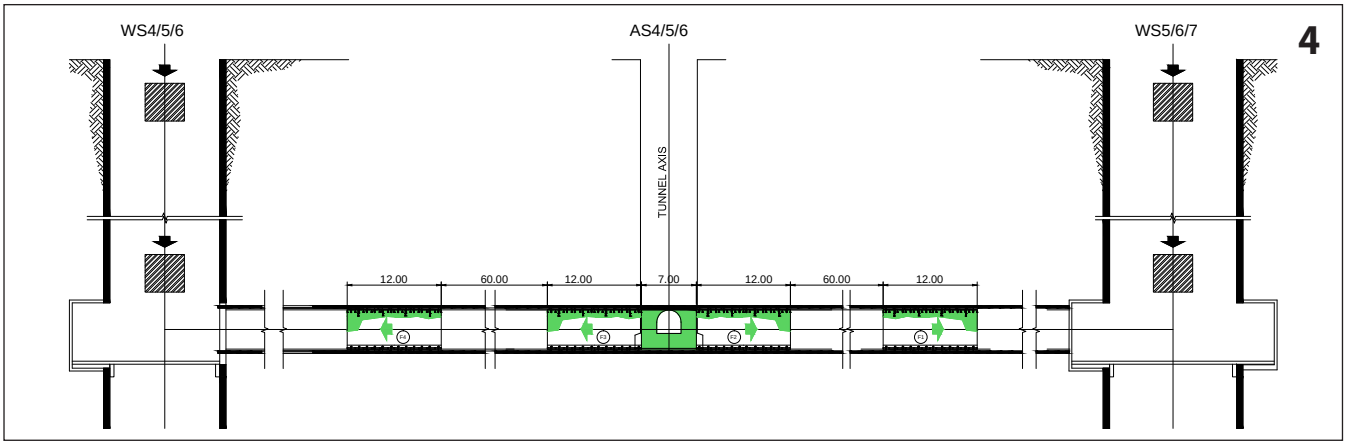
The first steel forms have reached the job-site of the Work Shaft No. 5 in March 2012 and began working on two opposite fronts in May 2012 (Figures 2 + 3).

On each one of the three 5-km-tracks of the lot T02, it is scheduled to proceed with two + two steel forms of 12 m, starting from the access middle tunnel and moving ahead towards their corresponding work shaft. From the same main shafts the supply and transportation of concrete and membrane rolls is provided by means of service rails installed during the excavation.

This scheme requires for the middle WS 5 and WS 6 the simultaneously feeding for the two opposing tracks.

Each pair of steel forms will have to realize the lining of the cap for a track of about 2.5 km of the main tunnel.

Assembly on site WS 5



Scheme forms operation

In order to reduce the interferences to the minimum between the two steel forms for the casting and the laying of the HDPE membrane, it was preferred to space the steel forms of 5 concrete casts (60 m) and proceed with the void advancement of the two steel forms at the end of the cycle (Fig. 4).

With this solution, the two steel forms proceed for 4 casts with the classical solution of rear overlapping on the cast already carried out and with front stop-end. The first casting of the front equipment will have a double stop-end. The fifth and final casting of the rear steel form will have a front and rear overlapping on casts already carried out. This final casting requires a particular care, so as to avoid risks due to overpressure of pumping during the final casting or due to the presence of voids for retention of air not properly released for the complete tightness of the joints.

The reduction of these "dangerous" casts to the minimum has been one of the reasons for us to choose this particular casting advancement scheme.

At the end of cycle of the 5+5 casts of 120 m of tunnel, the clearing of the rear invert has to be carried out by removing the rails and by proceeding with the concreting. In this portion of lining, no HDPE membrane is required.

In ideal conditions it could be possible to reach the theoretical advancement of the complete coating of 120 m of tunnel per week (7 working days of 24 hours of continuous work) for each of the six work fronts.

Analysis of an operative cycle

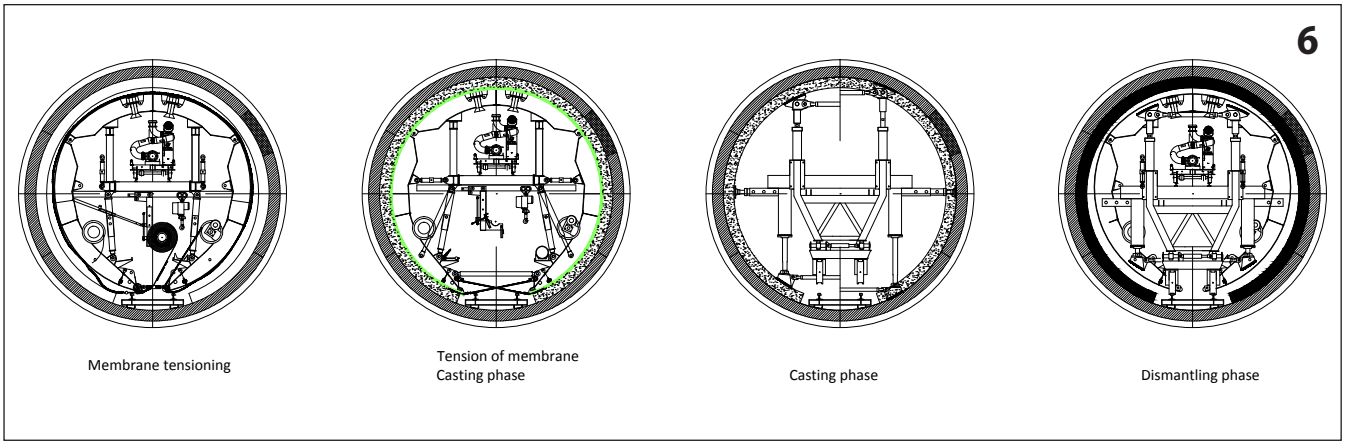
Each equipment is composed of 12 m long articulated steel forms of self-reacting type, which do not require any external anchorage during the concreting. The advancement of the formwork is made by using a proper carrier integrated in the form frame. The carrier longitudinal beam is flanged to two portals at its ends.

Each portal of the carrier is equipped with one system of hydraulic struts for the support and stabilization during the concreting phase. The telescopic legs with the motorized sliding wheels are of tilting type and, once the movements on the rails have been completed, the traveller is substituted by the stabilization hydraulic struts. The legs with wheels are hydraulically rotated upwards and the runway is released for the transit of the trolleys transporting the membrane and of the concreting train.

The traveller is equipped with proper double-acting hydraulic jacks for the different movements of the steel form during the setting-up and dismantling. The movement and the loading of the HDPE membrane on the steel form is carried out with integrated systems inside each steel form of 12 m. The membrane arrives up to the inner part of the steel form on service trolleys previously rolled up in externally preassembled elements complete with distribution towing end parts. By means of two electric hoists the whole roll is lifted and loaded on mobile unrolling supports and the transporting trolley travels back to the relevant Work Shaft.

Once the membrane has been properly positioned and by slightly dismantled steel form, the membrane has to be connected to the free end part of the long towing aligner di-

Tunnel form in curing



Tunnel forms sections in the different situations

mensioned and shaped to be able to slide gap between the carried out and the dismantled steel form (max. 85 mm). The towing system of the aligner and the following unrolling of the membrane takes place by two wire ropes operated by two hydraulic winches fixed on the inner face of one of the piers of the formwork. The system of ropes and related guides, integral to the portals, is external to the steel form, to make the maintenance feasible and to control all phases of loading of the membrane. The unrolling of the membrane on the appropriate supports is controlled in the final phase by special adjustable brakes. (Fig. 5)

After completing the loading of one element with HDPE membrane 12 m long and 16 m of development, its tensioning on the steel form has to be carried out, which meanwhile has been prepared for the final concreting position (Fig. 6).

For the tensioning, nylon straps rolled on manually operated tensioning devices of the

fermacell®
AESTUVER

Safety first!

Baulicher Brandschutz mit maßgeschneiderten Lösungen und überzeugendem Service.

AESTUVER T – eine speziell für den Hochtemperaturbereich entwickelte Brandschutzplatte aus Glasfaserleichtbeton

- schützt Beton zuverlässig vor Brandbelastungen bis 1.350 °C.
- ist frost- und wasserbeständig.
- bietet vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten mit Farben und Beschichtungen.

Fire safety engineering with tailored solutions and convincing customer support.

AESTUVER T – glass-fibre reinforced light-weight concrete boards specifically developed for high-temperature environments.

- Reliable protection for concrete against effects of fire loads of up to 1,350 °C.
- Frost and water resistant.
- Painting and coating options for customized finishes.

Fermacell GmbH
FERMACELL Aestuver
Düsseldorfer Landstr. 395 · 47259 Duisburg
Telefon: +49 (0) 203 60880-8141
Telefax: +49 (0) 203 60880-8140
E-Mail: info@aestuver.de

www.aestuver.de

Trainmix charging

rope properly positioned crosswise are used.

After reaching the correct pre-tensioning of the membrane, the concreting points shall be activated by cutting the membrane on three sides by the side casting doors (usually 2+2 on each side) and of the 4 casting and air release pipes in the cap.

At the front of the steel form the stop-end is realized with shaped panels in plywood which, if necessary, can be transformed into an overlap ring.

After completing the preparation of the steel form, the casting operations can start.

The first concreting train is composed of the concrete pump model CIFA CP 506/309/E6, no. 2 CIFA TrainMix MCA10EI C of 10 cubic meters each, driven by the Schöma-type locomotive (Figures 7 + 8) .

After completing the loading of the train mixers, the train reaches the steel form to be filled in. The concrete pump is then connected with proper articulated pipes to a DCL self-propelled concrete distributor trolley, installed on each formwork. The pouring is carried out in subsequent layers, in compliance with the formwork calculation hypothesis .

The concrete is introduced laterally through the doors with flexible hoses. The doors themselves, before being reached by the level of concrete, are closed after sealing the membrane thermally on the three cut edges. In the cap concrete flows through the casting pipes equipped with guillotine-safety valve, which permits the perfect filling of the formwork. The control of any dangerous concrete overpressure of the structures is ensured by a special valve applied on the pipe of the concreting trolley. (Fig. 9)

Concrete train during pumping

After completing the unloading of the first Trainmix (CIFA-Type), the train is divided and, while the pump and the second Trainmix remain operative for the casting, the void one is taken back to the work shaft for the loading and return to the casting position.

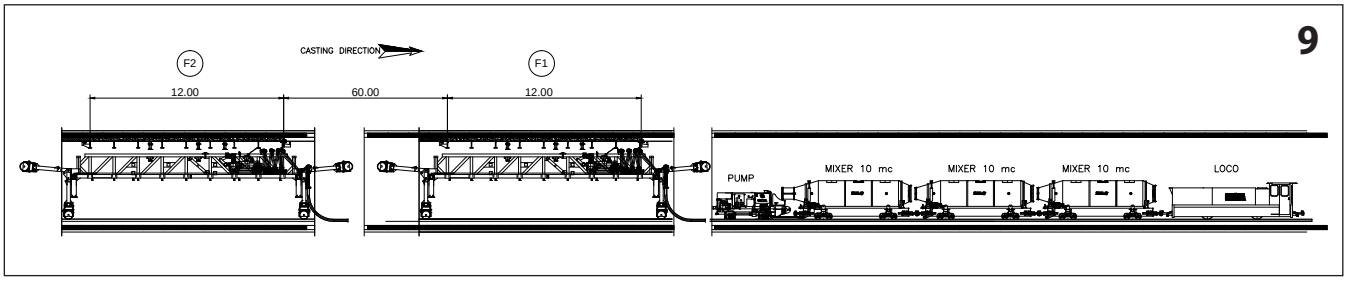
In about 4 hours the whole casting operation of 12 m of tunnel is completed, for a total of about 45 m^3 of concrete. (Fig. 10)

After 4 hours from the end of the casting, the concrete resistance allows the release of the tensioning system of the membrane. The service rail is thus practicable again to pass through the first steel form under curing and start the dismantling operations and repositioning of the rear formwork with the assembly of one new HDPE membrane roll and then, the final casting.

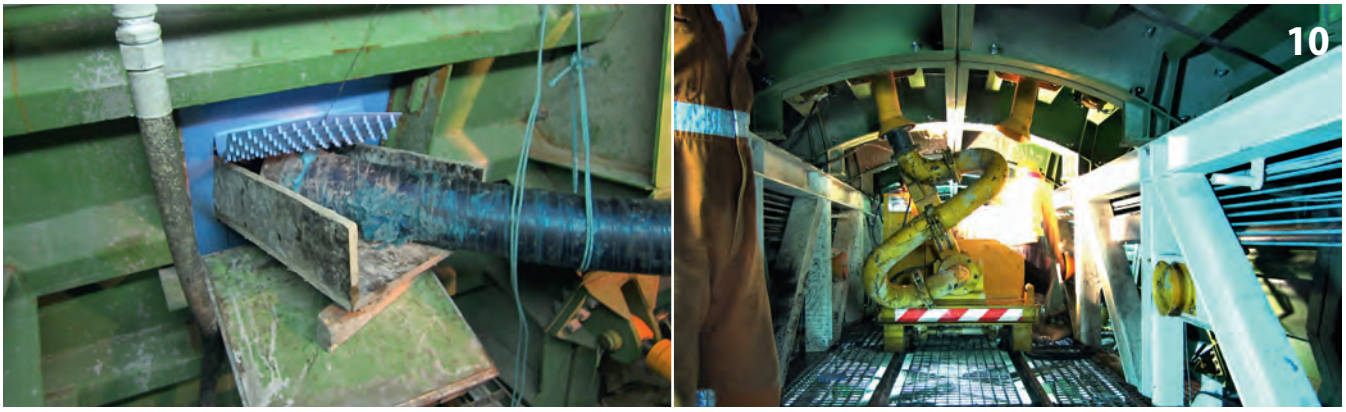
These are, in brief, all the main manoeuvres linked to the operational phases of the self-propelled steel form. However, a series of operations remain to be carried out which, in several cases, are overlapped, such as: the cleaning of the front invert, the welding and closing of all the holes and the cuts made on the membrane by using proper thermal equipment and the preparation of the longitudinal closures of the invert sector.

As already mentioned above, after completing the 5 + 5 casts of one track of 120 m of concreting of the vault and once the two steel forms have been positioned again in advanced position, the final cleaning of the rear part is carried out and the invert is cast. The concrete feeding is performed with the same train of concrete mixing.

To complete the casting operations, a rear special self-propelled trolley is used to perform the semiautomatic thermo-welding of the transversal joints, which have a systematic step of 12 m. (Fig. 11)



Tunnel forms during concrete casting, longitudinal view



Concrete inlet operation

Final Lining with HPDE installed

Contract T03

In this lot, the main tunnel, which starts from WS 7 and connects the WS 8 and WS 9 with tracks of about 5 km, has an excavation diameter of 7 m and is being carried out by means of two TBM similar to those used for the T02, which have now left the site for reuse on other job-sites.

For the realization of the final linings of these new tunnels, two new steel forms with diameter of 5.5 m have been planned, designed with the same functional solutions that have to be applied on site starting from the end of January 2013. For the four work fronts foreseen, they will be partly modified with recovery of some major components of the formwork currently working on the T02.

For the transport and the installation of concrete on site the same equipment supplied for the job-site T02 will be employed.

Conclusions

Also this realization has demonstrated that a good cooperation between the construction company of special equipment and the General Contractor allows to overcome the difficulties arising from the new technology, thus achieving the majority of the goals set at the start of the project successfully.

CIFA, Italian Company of Zoomlion Group, which has been operating since 1928 with special equipment for concrete in the field of the underground works, has contributed to this important infrastructural work which IMPREGILO of Milan, one of the major infrastructure Italian contractors, is realizing in one of the countries with the highest rates of investment in the field.

The observance of times and the strict technical requirements of quality and safety have been achieved successfully. This project and its special activities will increase the experience in this field for all the companies and all the people who have participated with their inventiveness.

A special thank to the Project Manager Richard Grahm, the Technical Manager Massimo Franceschi, Mirko Martini of the Technical office Impregilo, with whom several details and solutions have been developed during the construction, and to all the many other expatriates and local workers of IMPREGILO team of Abu Dhabi.

References

[1] Bertino , Eugenio: Special formwork for hydraulic tunnel lining with application of HDPE membrane. In: World Tunnel Congress 2013 Geneva, Underground – the way to the future! G. Anagnostou & H. Ehrbar (eds)

[2] Kenyon and Wallis (2012). TunnelTalk Abu Dhabi News

[3] A.D.S.S.C. (2011). STEP Presentation

[4] Ballantyne (2012). MEED Abu Dhabi Step sewer project sets standard in Gulf

Muldenkipper

MK-A35 – für anspruchsvolle Einsatzbedingungen im Tunnel- und Bergbau

Der Muldenkipper MK-A35 von der GHH Fahrzeuge GmbH (GHH), Gelsenkirchen/D, ist laut Herstelleraussage die ideale Lösung für alle Anwendungsbereiche im Tunnel- und Bergbau, wenn ein hohes Materialaufkommen ökonomisch abzufördern ist. Mit der Entwicklung des MK-A35 wurde den Rahmenbedingungen im Tunnelbau Rechnung getragen, indem die Motorleistung der Maschine erheblich erhöht wurde und damit auch die Geschwindigkeiten in der Ebene sowie in den Steigungen drastisch verbessert wurde. Das Fahrzeug ist mit Allradantrieb, Drehgelenk und Knicklenkung ausgestattet. Diese Kombination gewährleistet eine hervorragende Traktion unter extremen Betriebsbedingungen.

Weitere Vorteile sind:

- hohe Stabilität während des Betriebs auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten
- minimale Belastung des Fahrzeugrahmens, daraus resultierend eine hohe Lebensdauer.

Die aufgeführten Merkmale des Muldenkippers sollen geringe Betriebskosten und eine hohe Verfügbarkeit des Fahrzeugs sichern.

Antriebsstrang, Last- und Motorteil seien speziell für die schwierigen Bedingungen und eine hohe Lebensdauer im Berg- und Tunnelbau konstruiert worden. Der einfache Zugang zu den Komponenten des Antriebstrangs ermögliche dem Betreiber die Durchführung schneller Wartungsarbeiten und die Realisierung von Einsparungen bei den Wartungskosten.

Der MK-A35 ist mit einer Vorderachsfederung ausgestattet, um hohe Fahrgeschwindigkeiten bei erhöhter Sicherheit und höherem Komfort für den Fahrer zu bewerkstelligen. Die speziell entwickelte, wartungs-

Dump Truck

MK-A35 – for demanding applications in tunnelling and mining

The MK-A35 dump truck is the ideal solution for all applications in tunnelling and mining when a high volume of material has to be tackled economically according to the manufacturers GHH Fahrzeuge GmbH (GHH), Gelsenkirchen/D. By devising the MK-A35, the general conditions in tunnelling were responded to with the engine output of the machine being substantially increased so that speed on the level as well as on gradients has been drastically improved. The vehicle is provided with all-wheel drive, swivel joint and articulated steering. This combination ensures outstanding traction under extreme operating conditions.

Further advantages are:

- High stability during operation even given high driving speeds
- Minimal impact on the vehicle frame, thus ensuring protracted service life.

The qualities possessed by the MK-A35 cater for low operating costs and a high availability of the vehicle.

The drive transmission, the power and engine unit are specially designed for the tricky conditions and long endurance in tunnelling and mining. The straightforward accessibility of the drive transmission components enable the operator to undertake speedy servicing so that savings in maintenance costs can be achieved.

The truck is provided with front axle suspension to ensure high driving speeds given enhanced safety and high comfort for the driver. The specially developed, maintenance-free suspension of the dump truck provides for optimal ground contact whether in loaded or unloaded state. Designed for continuous operation under the most rigorous conditions, it relieves the framework while ensuring high payloads.

The vehicle is fitted with a driver's cab with rotating driving seat for bi-directional operation. This feature combined with the extremely flat trough enables the driver to cover long stretches to the front or rear comfortably and safely without having to turn the vehicle under constricted conditions. The nature of the trough enables material to be unloaded quickly thus providing a further guarantee for economic transportation in mining and tunnelling.

The Advantages of the MK-A35 in a Nutshell:

- More powerful engine performance compared to previous model (now up to 300kW, regardless of engine type and

MK-A35 – für anspruchsvolle Einsatzbedingungen im Tunnel- und Bergbau
MK-A35 – for demanding applications in tunneling and mining

(GHH Fahrzeuge GmbH)

frei ausgelegte Federung des Muldenkippers hält stets optimalen Bodenkontakt, ob in beladenem oder unbeladenem Zustand. Ausgelegt für den Dauerbetrieb unter höchster Beanspruchung, gewährleistet sie die Entlastung der Rahmenteile bei dennoch hohen Nutzlasten.

Der Muldenkipper ist mit einer Fahrerkabine mit drehbarem Fahrersitz für den Zweirichtungsbetrieb ausgestattet. Dieses Merkmal, kombiniert mit der extrem flachen Mulde erlauben dem Fahrer bequem und sicher lange Strecken vorwärts oder rückwärts zurückzulegen, ohne das Fahrzeug unter beengten Verhältnissen wenden zu müssen. Die Beschaffenheit der Mulde garantiert eine schnelle Entladung des Haufwerks und ist damit ein weiterer Garant für den ökonomischen Transport im Berg- und Tunnelbau.

Die Vorteile des Fahrzeugs im Überblick:

- Stärkere Motorleistung im Vergleich zum Vorgängermodell (jetzt bis zu 300 kW, abhängig von Motortype und Abgasstufe), damit ausreichende Beschleunigung und Geschwindigkeit in Steigungen auch im beladenen Zustand. Die verwendeten Motoren entsprechen den aktuellen Abgasvorschriften für eine problemlose Verwendung in den jeweiligen Gebieten.
- Kompromisslose Auslegung auf Zweirichtungsbetrieb.
- Extrem robuster Stahlbau für eine lange Lebensdauer und niedrige Abschreibungsraten.
- 2-Achs-Konfiguration für geringste axiale Belastung der Komponenten und Reifen sichern hohe Reifenstandzeiten und geringe Reparaturkosten an Achsen, Bremsen, etc.
- Große 26.5-25 L3 Bereifung für lange Reifenlebensdauer.
- Starkes Dreh- und Knickgelenk, ausgelegt auf Dauerfestigkeit unter harten Bedingungen.
- Glatte Mulde für einfaches entladen auch nassen/klebrigen Materials.
- Hohe Wartungsfreundlichkeit durch einfache Struktur und gute Zugänglichkeit.
- Flache Bauweise für schnelleres und besseres Beladen bei niedrigem Schwerpunkt.
- Außenliegende niedrige Kabine ermöglicht Vorbeifahrt auf engstem Raum und im Einsatz unter Lutten.

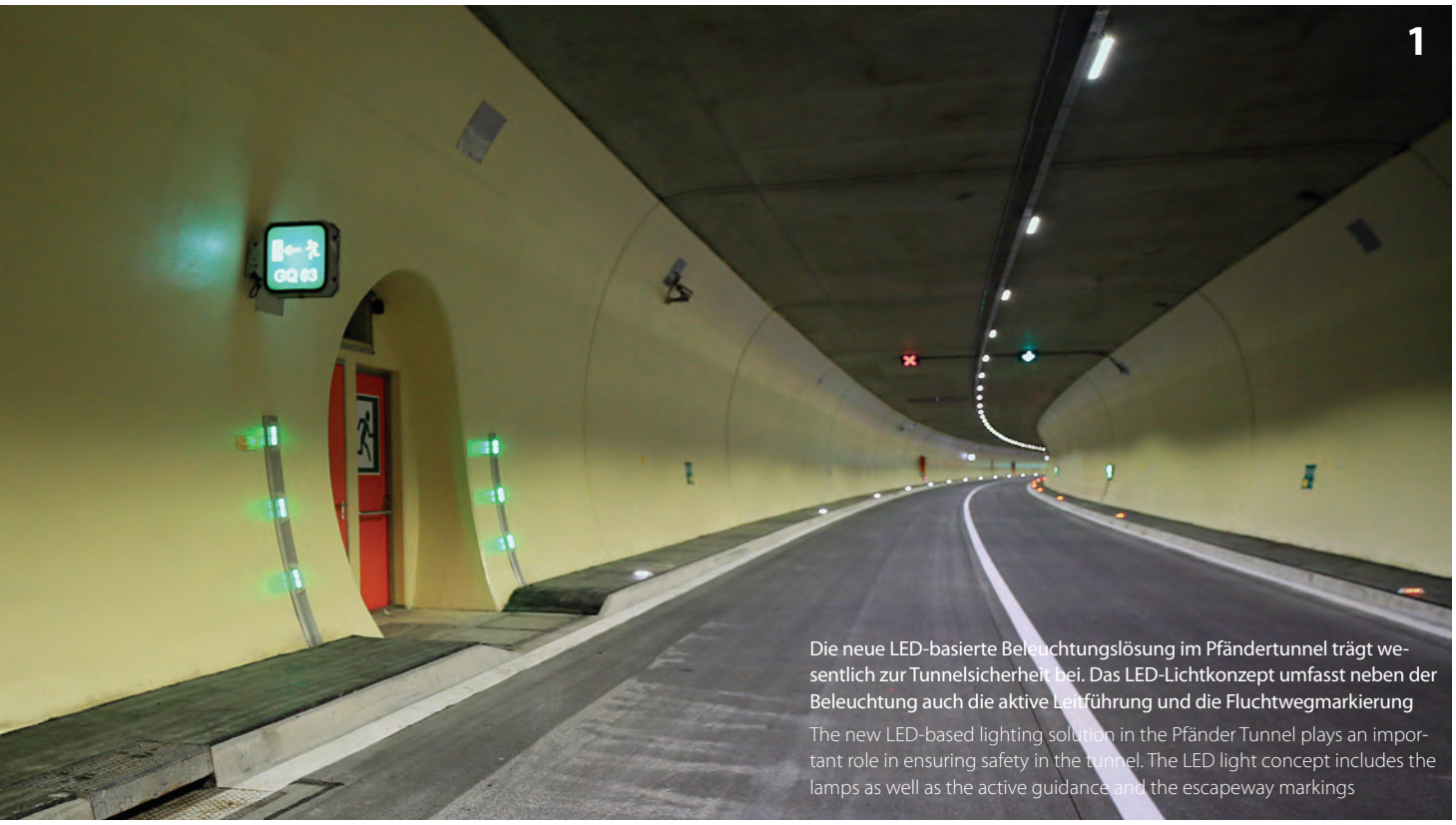
Für verschiedenste spezielle Einsatzbedingungen werden die Muldenkipper von GHH mit 7,5 bis 24 m³ Muldenkapazität auf den jeweiligen Einsatz, sowie auf bedingungslose Produktivität abgestimmt.

GHH Fahrzeuge GmbH (GHH), Gelsenkirchen/D
www.ghh-fahrzeuge.de

emission level), thus ensuring adequate acceleration and speed on gradients even when loaded. The engines used correspond to the current emission standards for non-problematic application in the designated areas.

- Uncompromising design for bi-directional operation.
- Extremely robust steel structure for long service life and low amortization rates.
- 2-axle configuration for minimal axial load of the components and tires ensure high tire endurance and low repair costs for the axles, brakes etc.
- Large 26.5-25 L3 tires for lengthy tire life.
- Strong swivel and articulated joint devised for continuous strength under tough conditions.
- Smooth trough for straightforward unloading even involving wet/sticky materials.
- High serviceability thanks to simply structure and easy access.
- Flat design for speedier and better loading given low centre of gravity.
- External cab caters for passing by given highly constricted space and application under ducts.

The dump trucks from GHH with 7.5 to 24 m³ trough capacity are geared to the application in hand as well as uncompromising productivity for the most varied special requirements.



1

Die neue LED-basierte Beleuchtungslösung im Pfändertunnel trägt wesentlich zur Tunnelsicherheit bei. Das LED-Lichtkonzept umfasst neben der Beleuchtung auch die aktive Leitführung und die Fluchtwegmarkierung

The new LED-based lighting solution in the Pfänder Tunnel plays an important role in ensuring safety in the tunnel. The LED light concept includes the lamps as well as the active guidance and the escapeway markings

Tunnelausstattung | LED-Beleuchtung

Pfändertunnel mit LED-Lichtkonzept

Knapp 30.000 Fahrzeuge passieren den 6,7 km langen Pfändertunnel täglich. Damit ist er einer der am stärksten befahrenen Tunnel Österreichs. Um die Sicherheit in diesem wichtigen Verkehrsabschnitt der A14 zu erhöhen, wurden in den vergangenen sieben Jahren umfassende Umbaumaßnahmen realisiert. Mit der Verkehrsfreigabe von neugebauter West- und sanierter Oströhre am 4. Juli 2013 hat die Straßenbaugesellschaft ASFINAG auf der wichtigsten Straßenverbindung Vorarlbergs einen Quantensprung in Sachen Verkehrssicherheit, Reduktion von Staus und Entlastung der Anwohner geschaffen. Ein wichtiger Faktor für die Tunnelsicherheit ist ein neues Beleuchtungskonzept.

Im Rahmen der Tunnelsicherheitsinitiative wurde der Pfändertunnel als einer der ersten Tunnel Europas mit einem LED-Lichtkonzept ausgestattet – von der Beleuchtung über die aktive Leitführung bis zur Fluchtwegmarkierung (Bild 1). Das Unternehmen Swareflex GmbH, Vomp/A hat eine LED-Lösung mit Kristallglasoptiken von Swarovski entwickelt, die für eine homogene Lichtverteilung und Blendfreiheit sorgt. Durch die gleichmäßig helle Lichtqualität der insgesamt 2.000 Leuchten des Typs SwaroTube wird bei stufenloser Anpassung der Leuchtdichte im Tunnelinneren an die Außenhelligkeit eine sichere Orientierung der Verkehrsteilnehmer gewährleistet. Neben der optimalen Lichtqualität erwiesen sich

Tunnel-Equipment | Led-Light

Pfänder Tunnel equipped with LED Light Concept

Almost 30,000 vehicles pass through the 6.7 km long Pfänder Tunnel each day, making it one of the busiest tunnels in Austria. Extensive redevelopment measures were undertaken during the course of the last 7 years to enhance safety on this important section of the A14. On July 4, 2013, the new west bore and the redeveloped east one were opened ensuring the ASFINAG road construction company had accomplished a quantum leap on one of Voralberg's most important road links in terms of traffic safety, reducing tailbacks and providing relief for local residents. A new lighting concept represents an important factor for tunnel safety.

Within the scope of the tunnel safety initiative the Pfänder Tunnel was fitted with a LED light concept as one of the first in Europe – from the lighting by way of the active guidance system right up to marking the escapeways (Fig. 1). The Swareflex GmbH Company, Vomp/A developed a LED solution with crystal glass optics from Swarovski, which caters for homogeneous light distribution and is non-glaring. Thanks to the uniform bright light quality of the altogether 2,000 lights – Type SwaroTube – tunnel users are assured of safe orientation as the light density within the tunnel adapts to the intensity outside. Apart from the optimal light quality these prize-winning lights also represent an ideal solution in economic terms: the high efficiency of the system and longevity of the lamps are backed up by extreme robustness apart from being really easy to maintain.

Hintergrundinformationen zum Bauprojekt

Die Anwesenheit von Verkehrsministerin Doris Bures, dem Voralberger Landeschef Markus Wallner und ASFINAG Vorstand Alois Schedl bei der feierlichen Pfändertunnel-Eröffnung am 30. Juni 2013 bezeugte die verkehrspolitische Bedeutung des wichtigsten ASFINAG-Projekts der letzten Jahre in Vorarlberg. Der Tunnel durchquert den 1.064 m hohen Pfänder und ist einer der meistbefahrenen Tunnel Österreichs. Im Dezember 1980 als einröhriger Tunnel mit zwei Fahrspuren im Gegenverkehr eröffnet, stieß der Pfändertunnel bereits in den 1990er-Jahren an seine Kapazitätsgrenzen. Das Nadelöhr am Bodensee ist für Urlauber eine der wichtigsten Routen: Sie führt über Lindau und Bregenz weiter in Richtung Süden. Verkehrsüberlastung und Unfälle im Gegenverkehr hatten dort in den vergangenen Jahren regelmäßig für kilometerlange Staus gesorgt. Die ASFINAG verlegte daher 2003 den für 2011 geplanten Baubeginn für eine zweite Pfändertunnelröhre auf 2006 vor. Die Weströhre, die den neuesten sicherheitstechnischen Voraussetzungen entspricht, wurde im Jahr 2012 eröffnet. Sie wird seit etwa einem Jahr befahren. Seither wurde die alte Oströhre generalsaniert und ebenfalls auf den neuesten Stand der Technik gebracht.

Background Information on the Construction Project

The presence of Minister of Transport Doris Bures, the Governor of Voralberg Markus Wallner and ASFINAG executive board member Alois Schedl at the ceremonial opening of the Pfänder Tunnel underlined the transport political significance of the most important ASFINAG project in Vorarlberg in recent years. The tunnel passes through the 1,064 meter high Pfänder and is one of the busiest in Austria. Opened in December 1980 as a single-bore tunnel with 2 lanes (2-way traffic), the Pfänder Tunnel had already reached the limits of its capacity in the 1990s. This chokepoint at Lake Constance represents one of the most important routes for holidaymakers: it runs via Lindau and Bregenz towards the south. Too much traffic and accidents due to the 2-way flow resulted in kilometer-long jams in the past. As a result in 2003, the ASFINAG rescheduled the start of construction for a second Pfänder Tunnel bore planned for 2011 to 2006. The west bore, complying with the latest safety technical requirements, was opened in 2012. It has been in use for about a year. Since then the old east bore has been redeveloped and provided with the latest technology.

die vielfach ausgezeichneten Leuchten auch wirtschaftlich als ideale Lösung: Die hohe Systemeffizienz und Langlebigkeit der Leuchtmittel werden durch extreme Robustheit und maximale Wartungsfreiheit ergänzt.

Kristallglasoptiken: Effizienz, Langlebigkeit und Robustheit

Herzstück des SwaroTube-Systems sind die Kristallglaslinsen, die vor jedem LED-Lichtpunkt aufgesetzt sind und das Licht präzise formen und lenken. So werden die Leuchten den hohen Anforderungen an Blendungsbegrenzung und Gleichmäßigkeit gerecht. Aufgrund Ihrer guten Transmissionseigenschaften weisen die Linsenoptiken eine hohe Effizienz auf. Neben der LED-Lebensdauer von 80.000 h zeichnen sich die Leuchten mittels der extrem widerstandsfähigen Kristallglasoptiken und der hochqualitativen Gehäuse durch die Resistenz gegenüber Säuren, Alkalien, Phosphaten und klimatischen Einflüssen aus. Mit der Schutzart IP66 sind die Leuchten außerdem

Neben der Beleuchtung der Tunnelröhre sind zur Markierung der Notruf- und Feuerlöschnischen sowie der Querverbindungen zwischen beiden Röhren LED-Lösungen von Swareflex im Einsatz

Apart from the lighting for the tunnel bores, Swareflex LED solutions are also applied for marking the emergency and fire extinguishing bays as well as the cross-passages between the 2 bores

Crystal Glass Optics: Longevity and Robustness

The crystal glass lenses, which are placed before every LED light spot and precisely form and guide the light, represent the core of the SwaroTube system. As a result the lamps comply with the high demands on restricting glare and uniformity. The lens optics possess high

Kapyfract

Ihr Partner für Tunnelarbeiten:

Anstriche
Brandschutz
Instandsetzung
Reinigung

Besuchen Sie uns auf der STUVA: Stand C 105

Wir freuen uns auf Sie!

Kapyfract AG, Diessenhoferstrasse 14 A
CH-8252 Schlatt

Tel. +41(0) 52 680 21 01
Fax +41(0) 52 680 21 02
www.kapyfract.ch
info@kapyfract.ch

gegen mechanische Einflüsse geschützt.

Niedrige Betriebskosten und einfache Wartung

Für die Installation der Durchfahrtsbeleuchtung sowie für die Inbetriebnahme, Lichtregelung und die gesamte Tunnelleittechnik wurde Dürr Austria als Generalunternehmer von der ASFINAG Baumanagement GmbH beauftragt. Für den Auftraggeber war die Wirtschaftlichkeit der LED-Beleuchtung ausschlaggebend. Die vorgestellte Lösung garantiert wesentlich niedrigere Betriebskosten als die ursprünglich ausgeschriebene konventionelle Version. Durch die Trennung von elektronischen Steuerungskomponenten und Leuchtmittel werden keine aufwendigen und teuren Wartungsmaßnahmen im Tunnelinneren – mit entsprechenden Verkehrsbehinderungen – notwendig: Die Steuereinheit SwaroControl befindet sich samt elektronischer Vorschaltgeräte außerhalb des Leuchtengehäuses in Elektro-Nischen, die sich etwa alle 1.000 m im Tunnel befinden und somit ohne Tunnelsperrungen leicht zugänglich sind. Der Verkehr läuft ungehindert weiter. Um Montage- und Wartungszeiten zu verkürzen, hat der Hersteller die Lichtlösung mit einem werkzeuglosen Stecksystem ausgestattet sowie sämtliche Kabelbäume werkseitig vorgefertigt.

Die Steuerung und Regelung der Tunnelbeleuchtung seien für die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer von entscheidender Bedeutung, meint Gerd Wagner, Projektleiter von Dürr Austria. So wird die Einfahrtsbeleuchtung über Leuchtdichtekameras und Lichtregler gesteuert und passt sich dadurch je nach Tageszeit und Witterung den Lichtverhältnissen außerhalb des Tunnels an. Dadurch gewöhne sich auch das Auge schnell an die

efficiency thanks to their good transmission properties. In addition to the LED service life of 80,000 h, the lamps distinguish themselves through their resistance to acids, alkalis, phosphates and climatic influences thanks to their extremely resistant crystal glass optics and the high-quality casing. Furthermore the lamps are protected against mechanical influences by means of protection class IP66.

Low Operating Costs and simple Maintenance

Dürr Austria as general contractor was commissioned by the ASFINAG Baumanagement GmbH to install the tunnel lights as well as to operate them, regulate the lights as well as take charge of the entire tunnel guidance technology. As far as the client was concerned the economy of the LED lighting was the determining factor. The presented solution guaranteed considerably lower operating costs than the conventional version originally included in the tender. By separating the electronic control components and lamps there was no need for complicated and expensive servicing in the tunnel interior – resulting in delays to traffic. The SwaroControl unit is located together with all electronic connection units outside the lamp casing in special bays, which are set up at roughly 1,000 m intervals in the tunnel so that they can be reached easily without having to close the tunnel. Traffic continues to flow unimpeded. In order to cut down on assembly and maintenance times, the manufacturer ensured that the lamps are provided with a toolless plug-in system and that all cable harnesses are produced at the factory.

Control and regulation are of paramount importance for the safety of tunnel users, says Gerd Wagner, Dürr Austria's project manager. For example the entrance lights are controlled by means of light density cameras and regulators thus adapting to the visibility conditions outside the tunnel depending on the time of day and weather conditions. As a result, the eye quickly gets used to the light intensity in the tunnel. In similar vein, the tunnel lighting can adapt to special circumstances such as e.g. wet and contaminated carriageways thus contributing towards greater traffic safety. This was also confirmed by a traffic safety technical study commissioned by ASFINAG.

Intelligent Lighting Concept: infinitely adjustable Dimmability

In the passageway area the lighting system is centrally mounted at 8 m intervals thus facilitating infinite adjusting of the brightness given constant uniform

Die Beleuchtungslösung mit den Leuchten des Typs SwaroTube zeichnet sich durch eine homogene Lichtverteilung und Blendfreiheit aus. Mit präzisen Kristallglasoptiken wird das Licht gleichmäßig und effizient in den Tunnelraum gelenkt

The lighting solution with the Type SwaroTube lamps is characterized by homogeneous light distribution and lack of glare. The light is spread evenly and efficiently within the tunnel using precise crystal glass optics

Über Swareflex GmbH

Das Unternehmen mit Sitz in Tirol ist im Bereich funktionaler Beleuchtung tätig und sieht sich als Pionier auf dem Gebiet der Kristallglasoptiken. Aus der Forschungs- und Entwicklungsarbeit mit Glasreflektoren für den Straßenverkehr im Hause Swarovski erwuchs im Jahr 1950 die Marke Swareflex. Im Jahr 2012 erfolgte die Gründung der Swareflex GmbH, die heute über 70 MitarbeiterInnen beschäftigt. Kerngeschäft ist die Entwicklung und Produktion lichtlenkender Produkte – von reflektierenden Straßensicherheitsprodukten und aktiven Verkehrsleitführungssystemen, über maßgeschneiderte Beleuchtungssysteme bis hin zu LED-Modulen und individuell berechneten Kristallglasoptiken.
Das Unternehmens hat in den letzten Jahren zahlreiche internationale Auszeichnungen erlangt, darunter der Innovationspreis „Architektur und Technik", der „Global Road Achievement Award", der IF Product Design Award und der „red dot award: product design".

Swareflex GmbH

The company based in Tyrol is active in the field of functional lighting and sees itself as a pioneer on the crystal glass optics sector. The Swareflex brand emerged in 1950 from research and development work with glass reflectors for road traffic carried out at the Swarovski premises. The Swareflex GmbH was established in 2012 and now employs a staff of more than 70.
Its core activity is the development and manufacture of light-guidance products – from reflecting road safety products and active traffic guidance systems by way of custom-built lighting systems right up to LED modules and individually devised crystal glass optics.
In recent years, the company has garnered numerous international awards including the "Architektur und Technik" innovation prize, the "Global Road Achievement Award", the IF Product Design Award and the "red dot award: product design".

Lichtstärke im Tunnel. Ebenso lasse sich die Durchfahrtsbeleuchtung an spezielle Gegebenheiten anpassen, wie zum Beispiel nasse und verschmutzte Fahrbahnenund trage damit maßgeblich zu einer gesteigerten Verkehrssicherheit bei". Dies wurde auch durch eine von Asfinag in Auftrag gegebene verkehrssicherheitstechnische Untersuchung bestätigt.

Intelligentes Beleuchtungskonzept: Stufenlose Dimmbarkeit

Im Durchfahrtsbereich ist das Leuchtsystem zentral in 8 m-Abständen montiert und ermöglicht eine stufenlose Anpassung der Helligkeit bei konstant gleichmäßiger Lichtverteilung. Jede Beleuchtungseinheit wird mit 60 LEDs des Typs CREE XML mit 550 mA betrieben, die bei Bedarf auf bis zu 700 mA hochgeregelt werden können. Damit liegt der Betriebsstrom deutlich unter dem Maximalstrom von 3 A, was sich zusätzlich positiv auf die Langlebigkeit der Anlage auswirkt. Die weiße LED-Beleuchtung sorgt an den beschichteten Tunnelwänden für eine helle und großzügige Atmosphäre und trägt so dazu bei, das individuelle Sicherheitsempfinden der Fahrer zu stärken.

Leitführung und Fluchtwegbeleuchtung

Auch bei der Markierung der Notruf- und Feuerlöschnischen sowie der als Flucht- und Zufahrtswege für Rettungsfahrzeuge nutzbaren Querverbindungen zwischen beiden Röhren sind LED-Lösungen im Einsatz: Im Vorportalbereich markiert im Fall einer Sperrung ein extern steuerbares, mobiles Überleitungssystem (MÜLS) des Typs SwaroLevelite die Spurführung auf die benachbarte Tunnelröhre. So bleibt der Verkehr bei einem Unfall auf der Autobahn und eine Verkehrsüberlastung des Stadtgebiets Bregenz wird vermieden."

SWAREFLEX GmbH, Vomp/A
www.swareflex.com

light distribution. Each lighting unit is operated using 60 LEDs – Type CREE XML – with 550 mA, which if required can be increased to 700 mA. As a result, the operating current lies considerably below the maximal current of 3 A, something which also acts positively on the system's longevity. The white LED lighting caters for a bright and spacious atmosphere on the coated tunnel walls thus helping to increase the individual impression of safety for drivers.

Guidance and Escapeway Lighting

LED solutions are also applied for marking the emergency and extinguishing bays as well as the cross-passages used for evacuation and access routes for rescue vehicles: in the area immediately in front of the portal, an external controllable, mobile crossover system (MÜLS) – Type SwaroLevelite – marks the lane guidance to the neighbouring tunnel bore should one be closed. As a result, in the event of an accident, traffic remains on the motorway so that the town of Bregenz does not become clogged up with traffic.

4

Das System hat mit seiner intelligenten Steuerung, die eine Nachführung der Leuchtdichte an das Außenhelligkeitsniveau ermöglicht, deutliche Vorteile gegenüber konventionellen Tunnelbeleuchtungen. Vorschaltgeräte sowie die Steuereinheit sind außerhalb der Leuchtengehäuse in Verteilerschränken installiert. Dadurch kann ohne Beeinträchtigung des Verkehrsflusses jederzeit auf die elektronischen Komponenten zugegriffen werden.

The system with its intelligent control, which enables the light density to be geared to the external intensity level, possesses clear advantages as opposed to conventional tunnel lighting systems. Connecting units and the control unit are situated outside the light casing in distributor cabinets. In this way, there is access to the electronic components at any time without impeding the flow of traffic

Bohrwagen | Jumbo

Sandvik DTi jumbos to excavate world's longest subsea road tunnel

Photo: Sandvik

Sandvik DTi jumbos to excavate world's longest subsea road tunnel

Marti IAV Solbakk DA, part of Marti Group of Switzerland, chose Sandvik DTi jumbos for the excavation of Solbakktunnel, a part of the Ryfast Project in Norway. With its length of 14.3 kilometers, the Solbakktunnel will be the longest subsea road tunnel in the world. Sandvik's deal with Marti included a purchase of four intelligent computer-controlled Sandvik DTi series jumbos, rock tools and a service contract.

Solbakktunnel is one of the three tunnels in the Norwegian mega-project Ryfast, the purpose of which is to build a ferry-free connection between the local agricultural area of Nord Jæren and Ryfylke. The tunnel will reduce travelling time between the two locations into one third. Traffic intensity is expected to reach approximately 4,000 cars per day at the opening and 8,000 cars per day by 2035.

The 14.3 kilometers of Solbakktunnel consist of two tunnels with two lanes of 70.5 m^2. The amount of excavation will be about 1.2 Million m^3 and the steepest slope about 7 %, which is the maximum gradient allowed. Another challenge in the project is its depth; the deepest part of the tunnel will be down to 290 m below sea level.

The project owner is the Norwegian Highways Authority Statens Vegvesen. The whole project includes eight contracts, and the E02 for the Northern part of Solbakktunnel was awarded on May 21, 2013 to Marti. The excavation works are scheduled to start on at the beginning of August, 2013. Estimated excavation time is 39 months, with the whole project time being 58 months.

Technical specifications	DT921i	DT1131i
Coverage	12 – 125 m^2	20 – 183 m^2
Hole diameter	43 – 64 mm	43 – 64 mm
Hole length	3,344 – 6,085 mm	3,344 – 6,085 mm
Booms	2 x SB100i	3 x SB150i
Elevated boom support	No	No
Feed	2 x TF5i 12-21 ft.	2 x TF5i 12-21 ft.
Rock drill	2 x RD525	3 x RD525
Control and operation system	iDATA	iDATA
Length (with default feed)	15,400 mm	17,780 mm
Width (drilling)	3,250 mm	3,860 mm
Height (drilling)	4,130 mm	4,690 mm
Weight (standard/with utility boom)	29,000/33,000 kg	44,000/48,000 kg

Marti decided to use two DT1131i and two DT921i jumbos for the excavation of the Solbakktunnel because of their superior features and suitable delivery times. All four rigs are equipped with a profiling system from Bever Control, Bever 3D Win Profiler, for scanning of the actual excavated tunnel section. This allows controlling possible under and over break situations and optimizing the process in order to improve the accuracy of excavation. One of the DT921is also has a mechanized rod handling system TRH for long hole injection drilling.

The computer-controlled DTi series tunneling jumbos are available in five models for excavation of 12 to 232 sq.m (129 to 2497 sq. ft.) cross sections, including face drilling, bolt hole drilling, and mechanized long-hole drilling. They feature an advanced iDATA control system, powerful high frequency RD525 rock drills, robust booms, advanced drill string guides, and FOPS-certified, spacious 3i cabins for ultimate usability and excellent working conditions. The DTis are meant for automatic use but allow the operator to fine-tune the process if the rock conditions so require.

Marti Group is a long-term customer for Sandvik. Currently they have, for example, a Sandvik DT920i working at a site in Bhutan, a DT1131-SC in Island and two DT1230is in the Holmestrand railway tunnel in Norway.

Sandvik AB, Sandvik Construction, Stockholm/S
www.construction.sandvik.com

Vermessung

Neuer vollautomatischer Präzisions-Vermessungskreisel von DMT

Moderne Vermessung basiert häufig auf satellitengestützten GNSS-Systemen (GNSS = Global Navigation Satellite System). Auch moderne Navigationssysteme arbeiten mit diesen Daten. Aber was, wenn es keinen Satellitenempfang gibt? Zum Beispiel unter Tage, in Tunneln oder großen Bauwerken. Und was, wenn es wie im Tunnelbau auf höchste Präzision in der Richtungsmessung ankommt?

DMT bietet die Lösung mit dem GYROMAT 5000. Er ist das neueste Produkt des Herstellers in der Entwicklung hochgenauer Vermessungsgeräte, das auf der Essener Intergeo vorgestellt wurde. Das neue Messinstrument erlaubt genaue Richtungsmessungen unabhängig vom Magnetfeld der Erde. In seinem Inneren arbeitet ein kräftefrei aufgehängter, schnell rotierender Kreisel, der infolge der Wechselwirkung von Kreiseldrall, Erdanziehung und Erddrehung um die Nordrichtung schwingt. Das integrierte Abtastsystem ermittelt daraus vollautomatisch und hochpräzise die Nordrichtung – und dies mit der weltweit höchsten Genauigkeit von kleiner 0,8 mgon.

Der Vermessungskreisel sei das Ergebnis einer mehr als 60-jährigen Erfahrung in der Entwicklung und Fertigung von Kreiselmessgeräten bei der DMT, so meint Dr. Jörg Niese, Entwicklungsleiter Geodätische Messsysteme. In technischer Ausstattung, Funktionsweise und Präzision der Messdaten gehe er weit über die Möglichkeiten des Vorgängermodells hinaus. Präziser. Schneller. Sicherer meint Niese.

DMT GmbH & Co. KG

Neuer vollautomatischer Präzisions-Vermessungskreisel

New, fully automatic precision gyroscope

Das Gerät verfügt über erweiterte Überwachungsfunktionen und ein neues, ergonomisches Gehäusedesign. Die Bedienung geschieht menügesteuert über eine integrierte Display/Eingabeeinheit. Der Vermessungskreisel arbeitet vollautomatisch, d. h. er benötigt keine manuelle Vorausrichtung. Das Gerät ist nun mit einem Akku verfügbar, der vor Ort vom Kunden selbst ausgetauscht werden kann und nicht mehr zum Austausch zum Hersteller gesandt werden muss.

Der GYROMAT 5000 repräsentiert nach Herstellerangaben den aktuellen Stand der Technik für den universellen Einsatz rund um geodätische Anwendungen oder Steueraufgaben.

Surveying

New fully automatic Precision Surveying Gyroscope of DMT

Modern surveying often relies on data from satellite-based GNSS systems, as do modern navigation systems, too. But what if there is no satellite reception? This could be the case underground, in tunnels or in large-scale constructions.

And what if, as in tunnel-building, the highest level of precision is crucial when measuring direction?

DMT has the solution; GYROMAT 5000. This is the latest product to be developed by DMT in its range of high accuracy surveying instruments and will be on show at the upcoming Intergeo. The new surveying instrument allows the accurate measurement of direction, irrespective of the Earth's magnetic field. A neutral, rapidly rotating gyroscope is suspended inside the instrument, which, due to the combined forces of the gyro rotation, gravitational pull and the Earth's rotation, oscillates around geodetic north. The integrated scanning system then determines the direction of true north fully automatically and with ultra-precision, in fact it achieves an accuracy of 0.8 mgon – the best in the world.

"This gyroscope is the result of more than 60 years of experience in the development and production of gyro measuring devices at DMT", explains Dr. Jörg Niese, Head of Development for geodetic measuring systems. „In terms of technical specifications, operation and precision measurement, it is far superior to the predecessor model. In short, the functionality is more precise, faster and more reliable."

The device is equipped with advanced monitoring capabilities and a new, more ergonomic design, plus menu-driven operation is possible via a built-in display/input unit. The gyroscope functions fully automatically, i.e. it does not require any manual pre-alignment. The device is now available with a battery that can be replaced on site by the owner, and no longer needs to be sent to the producer.

The GYROMAT 5000 represents the current state-of-the-art in universal tools for geodetic applications or control tasks.

www.dmt.de

Tunnels – Infrastructure for the Future

STUVA Conference 2013

November 27–29, 2013 · Stuttgart, Germany

Take advantage of the opportunity at the "tunnellers' get-together" to learn all about future topics for the industry and exchange views with colleagues from all over the world. **Attend the STUVA Conference from November 27 to 29 in Stuttgart!**

- More than 1,500 participants from over 20 countries
- The world's No. 1 event for underground construction
- Accompanying exhibition with more than 140 exhibitors from home and abroad

www.stuva-conference.com www.stuva-expo.com STUVA

CTES Chile Congress

Tunnel Congress „Congreso Latinoamericano de Túneles y Espacios Subterráneos"
18 + 19 November 2013,
Santiago de Chile, Chile
Contact:
agomes@geoconsult.cl
www.ctes.cl

Bauen in einer Allianz

Vermeidung von Interessenskonflikten durch gemeinsame Ziele
21. + 22. November 2013,
Innsbruck, Austria
Contact:
Tel.: +43 512 507-63109
Fax: +43 512 507-63199
christiana.wilke@uibk.ac.at
www.icc-seminar.com

Verkehrspsychologisches Seminar

Ältere Straßenverkehrsteilnehmer – Demographischer Wandel und neue Herausforderungen für die sichere Mobilität
22. November 2013,
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
Kontakt:
Tel.: +49 221 8905848,
www.guvu.de

STUVA Tagung 2013/ STUVA-Conference 2013

ICS International Congress Center, Stuttgart
27. – 29. November 2013,
Stuttgart, Germany
Contact:
Phone: +49 221 59795-0
info@stuva.de
www.stuva-conference.com

ATC 2013

1st Arabian Tunnelling Conference 2013
10 + 11 December 2013,
Dubai, United Arab Emirates
Contact:
pco@uae-atc2013.com
www.uae-atc2013.com/

BC2014

BrennerCongress – International Symposium
20 + 21 February 2014,
Innsbruck, Austria
Contact:
sigrun.heute@uibk.ac.at
www.brennercongress.com

29. Christian Veder Kolloquium

„Stützmassnahmen in der Geotechnik - Bemessung, Ausführung, Langzeitverhalten
24. und 25. April 2014,
Graz, Austria
Kontakt:
Tel.: +43 316 873-6234,
Fax: +43 316 873-6232
E-Mail: helmut.schweiger@tugraz.at
www.cvk.tugraz.at

World Tunnel Congress 2014

Tunnels for a better life
9 – 15 May 2014,
Foz do Iguaçu – PR, Brazil
Contact:
Phone/Fax: +55 11 3868 0726
info@wtc2014.com.br
www.wtc2014.com.br

Alle Vorteile eines Abonnements + einen iPod als Geschenk.

4 Ausgaben testen!

4 Ausgaben tunnel im Kennenlern-Paket:
Sie sparen 14,50 EUR im Vergleich zum Einzelheftkauf und erhalten
1 x iPod Shuffle 2 GB kostenlos dazu!

Jetzt ausfüllen und Prämie sichern

☐ Firmenanschrift ☐ Privatanschrift

Firmenname Branche

Vorname, Name

Straße PLZ, Ort

Telefon eMail

Datum/Unterschrift 2011TUA02V0

[ ] Ja, ich lese die nächsten 4 Ausgaben der Fachzeitschrift tunnel zum Vorzugspreis von nur 73,50 EUR statt 88,00 EUR im Einzelverkauf. Mein Geschenk erhalte ich direkt nach Zahlungseingang. Das Abonnement läuft nach vier Ausgaben automatisch aus.

[ ] Ja, ich bin damit einverstanden, dass mich der Bauverlag und die DOCUgroup per E-Mail über interessante Zeitschriftenangebote informieren. Diese Einwilligung kann ich jederzeit widerrufen. Ich kann der Verarbeitung und Nutzung meiner Daten für Zwecke der Werbung jederzeit beim Verlag widersprechen.

Noch mehr Infos unter: www.tunnel-online.info

Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	31
BASF Construction Chemical (Europe), Zürich/CH	www.basf-cc.ch	U4
DB International GmbH, Berlin/D	www.db-international.de	13
Deilmann-Haniel Shaft Sinking GmbH, Dortmund/D	www.dh-shaftsinking.com	23
Devo-Tech AG, Ziefen/Basel/CH	www.devo-tech.ch	7
DMI Injektionstechnik GmbH, Berlin/D	www.D-M-I.net	19
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	34
Fermacell GmbH, Calbe/Saale/D	www.aestuver.de	51
Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, Stadtlohn/D	www.duecker.de	25
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
InnoTrans 2013, Berlin/D	www.innotrans.de	35
Kapyfract AG, Schlatt/CH	www.kapyfract.ch	57
Kontaktsysteme GmbH, Hemmingen/D	www.kontaktsysteme.de	55
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	11
Minova MAI GmbH, Feistritz/Drau/A	www.minovainternational.com	5
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	27
Sandvik Mining and Construction Central Europe GmbH, Essen/D	www.construction.sandvik.com	15
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	33

bauverlag
We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 32. Jahrgang / 32nd 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

Verantwortliche Redakteure / Responsible Editors:
Katrin Brummermann
Mobil: +49 151 64947495
E-Mail: katrin.brummermann@bauverlag.de
Manfred König
Mobil: +49 171 5602390
E-Mail: manfred.koenig@bauverlag.de
(verantwortlich für den redaktionellen Inhalt/ responsible for the editorial content)

Redaktionsbüro / Editors Office:
Ursula Landwehr
Phone: +49 5241 80-1943
E-Mail: ursula.landwehr@bauverlag.de
Gaby Porten
Phone: +49 5241 80-2162
E-Mail: gaby.porten@bauverlag.de

Layout:
Sören Zurheide
E-Mail: soeren.zurheide@bauverlag.de

Anzeigenleiter / Advertisement Manager:
Christian Reinke
Phone: +49 5241 80-2179
E-Mail: christian.reinke@bauverlag.de
(verantwortlich für den Anzeigenteil/ responsible for advertisement)
Rita Srowig
Phone: +49 5241 80-2401
E-Mail: rita.srowig@bauverlag.de

Maria Schröder
Phone: +49 5241 80-2386
E-Mail: maria.schroeder@bauverlag.de
Fax: +49 5241 80-62401

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 31 vom 1.10.2012
Advertisement Price List No. 31 dated 1.10.2012 is currently valid

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

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

Russland/CIS:
Dipl.-Ing. Max Shmatov, Event Marketing Ltd.
PO Box 150 Moskau, 129329 Russland
Phone: +7495-7824834,
Fax: +7495-7377289,
E-Mail: shmatov@event-marketing.ru

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 Anzeigen und Vertrieb / Director Advertisement Sales:
Dipl.-Kfm. Reinhard Brummel
Phone: +49 5241 80-2513

Herstellungsleiter / Production Director
Olaf Wendenburg
Phone: +49 5241 80-2186

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:
Annika Bergmeier
Phone: +49 5241 80-42939
Fax: +49 5241 80-642939

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	€ 157,00
Studenten / Students	€ 93,20
Ausland / Other Countries	€ 167,20
Einzelheft / Single Issue (inklusive Versandkosten / including postage)	€ 25,00
eMagazine	€ 98,50

Mitgliedspreis STUVA / Price for STUVA members

Inland / Germany	€ 109,80
Ausland / Other Countries	€ 117,60

Kombinations-Abonnement Tunnel und tHIS jährlich inkl. Versandkosten:
€ 208,40 (Ausland: € 215,00)

Combined subscription for Tunnel + tHIS including postage:
€ 208.40 (outside Germany: € 215.00).
(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 gekennzeichneter Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

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

Druck/Printers:
Merkur Druck, D-32758 Detmold

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

tunnel eMagazine

TO ORDER

CALL US
+49 5241 80-90884

OR SEND US AN EMAIL
customer-service@bauverlag.de

Subscribe NOW!

tunnel

Official Journal of the STUVA

MASTER® BUILDERS SOLUTIONS

I NEED SAFE AND EFFICIENT TUNNELING.

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

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

BASF
The Chemical Company