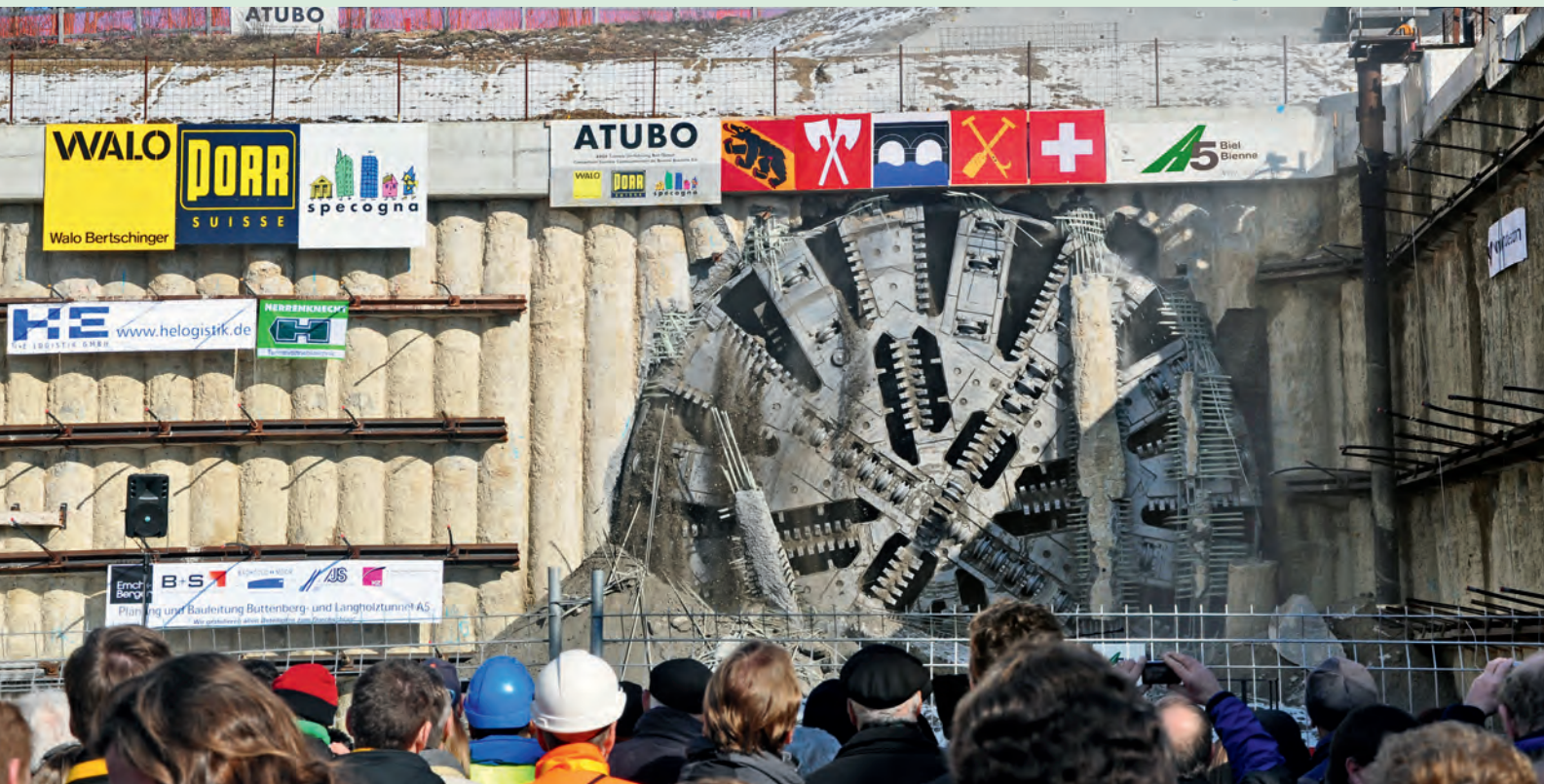


[www.tunnel-online.info](http://www.tunnel-online.info)



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

Thailand: Long Term Flood Prevention in Chaophaya Basin  
Malaysia: Water Tunnel in Kuala Lumpur  
Tunnelling: Influences on Segment Damage



## BIEL: BREAKTHROUGH FOR THE LARGEST TBM IN SWITZERLAND.

In the Swiss Canton of Bern, a new bypass of highway 5 is planned to relieve the city of Biel and the surrounding villages from the volume of traffic. The eastern branch of the two times five kilometers of highway includes the two double-tube tunnels of Büttenberg and Längholz. A Herrenknecht EPB Shield – with a diameter of 12,560 millimeters, the largest tunnel boring machine ever used in Switzerland – excavated the four tunnel tubes. Team and machine were congratulated enthusiastically at the breakthrough on February 18, 2012.

The machine called "Belena" drove a total of 4.8km through hard rock and 2.3km through unconsolidated rock for the four tunnel tubes. In particular, tunnelling in the EPB mode through unconsolidated rock with overburdens of only 7 meters at some parts required enormous technical know-how from the tunnelling experts of the consortium "Arge Tunnels Umfahrung Biel (ATUBO)". Since team and technology were able to adapt increasingly to the onsite conditions, the second tubes of the two tunnels required a third less time, saving six weeks of time in completing their target. This is tunnel construction at highway speed with the Herrenknecht EPB Shield, which was able to operate in open and, if needed, also in closed mode when an unstable tunnel face had to be supported safely with compressed air.

### BIEL | SWITZERLAND

#### PROJECT DATA



**S-452, EPB Shield**  
Diameter: 12,560mm  
Installed power: 4,200kW  
Tunnel length: 7,112m  
Geology: Molasse,  
unconsolidated material

#### CONTRACTOR

Walo Bertschinger AG,  
Porr Suisse AG,  
Specogna Bau AG



# tunnel 3/12

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



The article on pp. 18 shows, what ITA-COSUF – the ITA Committee on Operational Safety of Underground Facilities – means.

## Title

Die Herrenknecht AG liefert insgesamt 6 EPB-Schilde sowie 2 Mixschilde für das europäische Megaprojekt Crossrail.

Herrenknecht AG is delivering a total of 6 EPB Shields as well as 2 Mixshields for the European megaproject Crossrail.

(Photo: Herrenknecht AG, Schwanau/D)

## Aktuelles / Topical News

2

## Hauptbeiträge / Main Articles

**Long Term Flood Prevention in Chaophaya Basin, Thailand**  
Thailand Underground and Tunnelling Group

16

**ITA-COSUF: The Operation of Safe and Secure Underground Facilities**  
G. Vollmann, R. Leucker, D.K. Sprakel

18

**Wasserversorgungstunnel in Kuala Lumpur**  
Water Tunnel in Kuala Lumpur  
Desiree Willis

22

**Einflüsse auf Tübbingschäden**  
Influences on Segment Damage  
T. Babendererde, Ch. Hahn

33

**Beobachtungsmethode in der Geotechnik – Verknüpfung von Messung und Simulation**  
Observation Method in Geotechnics – Interlinking Measurements and Simulation  
F. Nagel, I. Spohr, L. Speier

40

**Umfahrung Lungern: Spritzbetonapplikation auf Kunststoffdichtungsbahn**  
Lungern Bypass:  
Sprayed Concrete Application directly onto Polymer Waterproofing Membranes  
M. Jahn

48

## STUVA-Nachrichten / STUVA News

56

## Baumaschinen / Construction Equipment

**Besseres Nutzlastverhältnis, reinere Luft und höhere Produktivität**  
Higher Payload Ratio, Cleaner Air and Enhanced Productivity

62

## Informationen / Information

**Veranstaltungen**

61

Events

**Inserentenverzeichnis**

64

Advertising list

**Impressum**

64

Imprint

## Großbritannien

## Die beiden ersten Crossrail-TBM beim Vortrieb

Beim Projekt Crossrail soll eine neue Eisenbahnstrecke (rd. 20 km) unter der Londoner Innenstadt mit jeweils 2 eingleisigen Tunnelröhren von rd. 7 m Durchmesser mit insgesamt 8 Tunnelvortriebsmaschinen gebaut werden. Die Arbeiten sind in mehrere Bauabschnitte unterteilt.

Das 6,4 km lange Baulos C300 zwischen Royal Oak und Farringdon wird die Arbeitsgemeinschaft aus den Unternehmen BAM Nutall (mit Wayss & Freytag Ingenieurbau AG), Ferrovial Agroman und Kier Construction (BFK) ausführen – bei einem Auftragsvolumen von rd. 500 Mio. GBP (600 Mio. EUR).

Der erste EPB-Schild (S-705 Herrenknecht AG) startete Mitte April 2012 vom Schacht nahe dem Royal Oak Portal aus in der Weströhre in Richtung nach Farringdon. Nach Montage des zweiten EPB-Schild (S-706 Herrenknecht AG) wird mit den Vortriebsarbeiten Ende Mai auch in der Oströhre begonnen werden.

Die Tübbingproduktion in einer eigenen Feldfabrik am Old Oak Common wurde bereits im Februar 2012 begonnen.

Im Laufe dieses Jahres werden 2 weitere EPB-Schilde von Limmo im Docklands aus den 8,3 km langen Vortrieb in Richtung Farringdon über Whitechapel und Liverpool Street starten (Baulos C305) und im Winter dann 2 weitere Tunnelbohrmaschinen die 2,65 km langen Vortrieb in Plumsted und unter der Themse aufnehmen (Baulos C310)

Nach Abschluss der Arbeiten werden bis zu 24 Züge je Stunde und Richtung die Tunnelstrecke in London durchfahren, was zu einer deutlichen Entlastung der Metrolinie Central und Piccadilly führen wird. Man rechnet mit jährlich rd. 200 Mio. Fahrgästen. Die Fahrzeiten aus dem Westen werden deutlich kürzer werden, so vom West End Londons bis zum Flughafen Heathrow nur noch 30 Minuten.

G.B. 

## United Kingdom

## The 2 first Crossrail TBMs in Action

For the Crossrail project a new rail link (approx. 30 km) is to be driven beneath central London involving 2 single-track tunnel bores roughly 7 m in diameter using a total of 8 tunnel boring machines. The activities are divided into several contract sections. The 6.4 km long C300 section between Royal Oak and Farringdon is being executed by the joint venture consisting of BAM Nutall (involving Wayss & Freytag Ingenieurbau AG), Ferrovial Agroman and Kier Construction (BFK) – with a contract volume of some 500 million pounds sterling (600 million euros).

The first EPB shield started in mid-April 2012 from the shaft close to the Royal Oak portal in the western bore towards Farringdon. After the second EPB shield is assembled (S-706 Herrenknecht AG) driving operations also commence in the eastern bore at the end of May. Segment production in a field factory sited on Old Oak Common already began in February 2012.

In the course of this year 2 further EPB shields will start from Limmo in the Docklands on the 8.3 km long excavation towards Farringdon via Whitechapel and Liverpool Street (contract section C305). Then in winter, 2 further tunnel boring machines will tackle the 2.65 km long drive in Plumsted and below the Thames (contract section C310). After work has been concluded up to 24 trains per hour and direction will run through the tunnel route in London, something which will considerably relieve pressure on the Central and Piccadilly lines. Some 200 million passengers are expected to be carried per year. Travelling times from the west will become substantially shorter so that it will only take 30 minutes for example to reach Heathrow Airport from the London West End.

G.B. 

### Literatur / References

- [1] Crossrail – Neue Eisenbahn-Tunnelstrecke in London beschlossen. Tunnel 8/2008, pp 10 - 11

## Schweiz

## Galgenbucktunnel: Umgestaltung A4-Anschluss Schaffhausen Süd

Mit der Umgestaltung des Anschlusses Schaffhausen Süd soll die Autobahn A4 an das örtliche Straßennetz angeschlossen werden. Kernstück dieser Baumaßnahme ist der 1.138 m lange Galgenbucktunnel zwischen Engi und Bahntal mit 2 Fahrspuren im Gegenverkehr und 4,5 % Gefälle in Richtung Bahntal; er unterquert die Ge-

meinde Neuhausen am Rheinfall in einem Bogen mit rd. 500 m Halbmesser und im Bereich Bahntal den Charlottenfelstunnel der Deutschen Bundesbahn (DB) mit 5,50 m Abstand.

Der Tunnel wird im Bereich der Portale im Tagbau erstellt und dazwischen 1.060 m von Egi fallend im Sprengvortrieb ausgedroht (Kalottenaus-

## Switzerland

## Galgenbuck Tunnel: Redevelopment of the Schaffhausen-South A4 Hub

By revamping the Schaffhausen-South hub the A4 motorway is to be linked up with the local highway network. The 1,138 m long Galgenbuck Tunnel between Engi and Bahntal with 2 lanes featuring 2-way traffic and a 4.5 % gradient in the direction of Bahntal represents the core element of this construction scheme. It underpasses the municipality of

Neuhausen at the Rhine Falls in a curve with roughly 500 m radius and the Deutsche Bundesbahn (DB) Charlottenfels Tunnel at a distance of 5.50 m.

In the portal zones the tunnel is to be produced by cut-and-cover and 1,080 m in between on the dip from Engi via drill+blast (crown excavation followed by bench and floor; rock secured



## We understand our business

Our many years of experience in the planning and production of simple to complex conveyor systems have made us into a reliable partner worldwide. Conveyor systems and transport systems are individually adapted to your needs.

Marti Technics Ltd. produces tailor-made, practical solutions based on its own construction site experience.

Talk to us. We will provide you with professional and correct consultation and know all the possibilities that can be used for a qualified realisation of your projects.

We also offer gravel plants, formwork systems, electrical engineering and special constructions.



### **Marti Technics Ltd.**

Lochackerweg 2 , CH-3302 Moosseedorf  
Fon +41 31 858 33 88, Fax +41 31 858 33 89  
info@martitechnik.ch

**[www.martitechnik.ch](http://www.martitechnik.ch)**

bruch und danach Strosse und Sohle; Felssicherung mit Ankern und bewehrtem Spritzbeton) bei 20 bis 60 m Gebirgsüberlagerung. Beim Unterfahren der Wohngebiete mit dem Eisenbahntunnel sind die Sprengerschütterungen entsprechend gering zu halten.

Der Tunnel wird zweischalig mit einer druckhaltenden Vollabdichtung ausgebaut und erhält eine Zwischendecke mit Brandklappen zum Abziehen des Rauchs im Brandfall. Der Tunnel erhält 3 Notausgänge, die zum mit Überdruck belüfteten Werkleitungskanal unterhalb der Fahrbahn und damit zu den beiden Portalen führen, sowie Ausstellbuchten in Tunnelmitte und alle 150 m SOS- und Hydrantennischen.

Die Innenschale aus Ort beton wird 30 cm dick (im Bereich der Abstellbuchten 50 cm) und bei ungünstiger Geologie und der Tunnelquerung bewehrt. Geplant sind eine Lüftungszentrale beim Portal Engi und eine Elektrozentrale beim Portal Bahntal sowie eine unterirdische Verteilstation in Tunnelmitte im Bereich der Ausstellbuchten.

Mit den Vorarbeiten wurde im Herbst 2011 begonnen. Nach Ausführung des Voreinschnitts Engi kann der bergmännische Vortrieb beginnen, der einschließlich Innenausbau rd. 5 Jahre dauern wird. Die Tunnelöffnung ist 2020 geplant – bei Baukosten von über 200 Mio. CHF (170 Mio. EUR).

G.B.



by anchors and reinforced shotcrete) given 20 to 60 m rock overburden. Vibrations caused by blasting are to be confined to a minimum when residential areas and the railway tunnel are being undercut.

The tunnel is to be lined with a pressure-resistant complete seal and equipped with an intermediate ceiling with fire flaps to re-move smoke in the event of fire.

The tunnel will possess 3 emergency exits, leading to the service tunnel beneath the carriageway, ventilated by means of overpressure, which in turn leads to the 2 portals as well as emergency bays at the middle of the tunnel and SOS recesses as well as for hydrants set 150 m apart. The in situ concrete inner

shell will be 30 cm thick (50 cm at the emergency bays) and reinforced where there is unfavourable geology and where the tunnel underpasses the railway tunnel. A ventilation centre is scheduled to be set up at the Engi portal and a power centre at the Bahntal portal as well as an underground distributor station at the emergency bays in the centre of the tunnel.

Preliminary work commenced in autumn 2011. After concluding the Engi precut the trenchless drive can begin, which will last some 5 years including the inner furnishing operations. It is planned to open the tunnel in 2020 – given construction costs exceeding 200 million CHF (170 million euros).

G.B.



## Deutschland

### NBS Ebersfeld-Erfurt: Durchschlag für drei weitere Tunnel

Nach zweijähriger Bauzeit wurde am 29. November 2011 der Tunnel Silberberg im Thüringer Wald durchschlagen und ist mit 7.391 m nach dem bereits durchschlagenen Tunnel Bleßberg mit 8.314 m das zweitlängste Tunnelbauwerk des Schienenprojektes Deutsche Einheit Nr. 8 (VDE 8.1) Nürnberg-Berlin. Der Tunnel Silberberg unterquert die Orte Möhrenbach und Großbreitenbach; er hat 8 Notaus-

gänge und zusätzlich 4.395 m Rettungsstollen.

Ein Doppeldurchschlag fand am 4. Dezember 2011 statt, und zwar bei den Tunneln Kulch (1.331 m) und Lichtenholz (931 m), beide auf dem Gebiet der Stadt Staffelstein; Baubeginn war im Oktober und Juni 2010. – Nur noch 4 von 25 Tunneln dieses Projektes mit etwa 56 km Gesamtlänge müssen noch durchschlagen werden.

G.B.



## Germany

### New Ebersfeld-Erfurt Rail Route: Breakthrough of 3 further Tunnels

On November 29, 2011 the breakthrough of the Silberberg Tunnel in the Thuringian Forest was accomplished. With a length of 7,391 m it is the second longest tunnel structure on the Nuremberg-Berlin German Unity rail project No. 8 (VDE 8.1) after the Bleßberg Tunnel (8,314 m), which has already been driven. The Silberberg Tunnel undercuts the towns of Möhrenbach and Großbreitenbach; it has 8 emergency exits and an additional 4,395 m long evacuation tunnel.

ber and June 2010 respectively. Only 4 of the 25 tunnels for this project with a total length of around 56 km have still to be driven.

G.B.



A twin breakthrough took place on December 4, 2011 for the Kulch (1,221 m) and Lichtenholz (931 m) tunnels – both located within the boundaries of the town of Staffelstein – production commenced in Octo-

#### Literatur / References

- [1] Tunnelbau für die NBS Ebersfeld-Erfurt. Tunnel 4/2008, pp. 20-21
- [2] NBS Ebersfeld-Erfurt: Hauptvortrieb Silberbergtunnel. Tunnel 7/2010, p. 12 and 7/2009 p. 4
- [3] NBS Ebersfeld-Erfurt: Durchschlag beim Tunnel Bleßberg. Tunnel 7/2011, p. 12 and 2/2009, pp. 6 – 7
- [4] NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnel Kulch. Tunnel 4/2011, p. 17
- [5] NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnel Lichtenholz. Tunnel 7/2010, p. 16



# Sika – Innovative Solutions

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

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



Sika Services AG | CH-8048 Zurich | Switzerland  
Phone: +41 58 436 40 40 | Fax: +41 58 436 41 50  
[www.sika.com](http://www.sika.com)

Innovation & Consistency | since 1910

Safety of Life in Tunnels (SOLIT)

## Internationale Konferenz SOLIT<sup>2</sup> in Berlin




Zum Thema „Integration von stationären Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln“ findet am 27. und 28. Juni 2012 in Berlin die Internationale SOLIT-Konferenz (Safety of Life in Tunnels) statt. Auf dieser zweitägigen Konferenz werden exklusiv die Ergebnisse des SOLIT<sup>2</sup>-Forschungsprojektes, das auf Beschluss des Deutschen Bundestages gefördert wurde, vorgestellt. Die an diesem Projekt beteiligten Partner, der Projektkoordinator FOGTEC, die BUNG Ingenieure AG, die STUVA e.V., die Ruhr Universität Bochum sowie der TÜV Süd, präsentieren erstmals am ersten Tag in ausführlichen Fachvorträgen die Arbeit der letzten 2 Jahre. Dabei stehen die Kompensation von herkömmlichen Sicherheits- und Brandschutzsystemen durch automatische Brandbekämpfungsanlagen sowie deren Integration in ein Tunnelsicherheitssystem im Vordergrund. Ein Hauptbestandteil der Vorträge sind die im Sommer 2011 durchgeführten Großbrandversuche sowie die Bewertung der darin ermittelten Ergebnisse.

Der erste Konferenztag beinhaltet Vorträge zur Kompensati-

on von Sicherheitsmaßnahmen durch stationäre Brandbekämpfungsanlagen sowie der Planung und Integration von stationären Brandbekämpfungsanlagen als Teil eines Sicherheitssystems. Darüber hinaus wird der Projektbericht sowie ein Leitfaden zur Umsetzung der Projektergebnisse präsentiert.

Am zweiten Tag der Konferenz wird im Rahmen eines ITA-COSUF Abschnittes u.a. über menschliches Verhalten in Tunneln, das SAFE-Stationen-Konzept im Eurotunnel sowie Brandbekämpfung in komplexen unterirdischen Strukturen informiert. Den Abschluss bilden weitere Vorträge, die im Zusammenhang mit dem Einsatz von stationären Brandbekämpfungsanlagen in Tunneln stehen. Hier stehen Nutzeraspekte der Tunnelsicherheit, Umgang mit Gefahrgut und Erfahrungen der Feuerwehren im Fokus.

Für alle Vorträge findet für den internationalen Teilnehmerkreis eine Simultanübersetzung Deutsch/Englisch statt. Weitere Informationen rund um die Konferenz in Berlin, das Programm, Anmeldung und Kosten finden Sie auf [www.solit.info](http://www.solit.info). 

Safety of Life in Tunnels (SOLIT)

## International Conference SOLIT<sup>2</sup> in Berlin




The International SOLIT Conference (Safety of Life in Tunnels) is due to be held in Berlin on June 27 + 28, 2012: its topic – “Integration of stationary Fire Suppression Systems in Tunnels”. At this 2-day conference the findings of the SOLIT<sup>2</sup> research project, which was sponsored at the behest of the German Bundestag, will be made public. The partners involved in the project, the project coordinator FOGTEC, BUNG Ingenieure AG, the STUVA Inc., the Ruhr University Bochum as well as the TÜV Süd, will for the first time present extensive reports on the activities of the past 2 years on Day 1. Particular attention will be paid to compensating conventional safety and fire protection systems with automatic fire suppression systems as well as their integration in a tunnel safety system. A major portion of the lectures programme will be devoted to the major fire tests undertaken in summer 2011 as well as the evaluation of the results obtained from them.

Day 1 of the conference hones in on papers dealing with compensatory safety measures through stationary fire suppres-

sion systems as well as planning and integrating stationary fire suppression systems as part of a safety system. Furthermore the project report as well as guidelines for applying the project results will be presented.

On Day 2 at the conference within the scope of an ITA-COSUF section, details will be presented on among other things human behaviour in tunnels, the SAFE stations concept in the Channel Tunnel as well as combating fire in complex underground structures. The event will be completed with further lectures devoted to applying stationary fire suppression systems in tunnels, mainly geared to user aspects of tunnel safety, handling hazardous goods and findings obtained by fire services.

Simultaneous German/English translations will be provided for the international circle of participants for all papers. Further details on the conference in Berlin, the programme, registration and costs can be found by accessing [www.solit.info](http://www.solit.info). 



# ETONIS® – IHR BAUSTEIN FÜR MEHR KOSTENSICHERHEIT IM TUNNELBAU

Bei Tunnelbauprojekten spielt die Kostensicherheit eine entscheidende Rolle. Ein Kernbaustoff ist der Beton. Mit dem innovativen Modifizierermittel ETONIS® verleihen Sie Spritzbeton Eigenschaften, die Bau- und Folgekosten senken.



Ein Schlüsselmerkmal von ETONIS® ist die Verbesserung von Adhäsion und Kohäsion. Sprich, der Spritzbeton haftet an jedem Gestein. Das reduziert den Rückprall signifikant und damit die Materialkosten. Weitaus größer ist der Einfluss von ETONIS® auf den erhärteten Beton. Durch Absenken des Elastizitätsmoduls bei gleichzeitig hohen Druckfestigkeiten verleiht ETONIS® dem Beton duktile Eigenschaften. Das führt zu höheren Zug- und Biegezugfestigkeiten, höherer Bruchdehnung und geringerer Reißneigung. Zugleich ist mit ETONIS® modifizierter Beton beständig gegen CO<sub>2</sub>, Salze und Säuren. Das bringt auch langfristige Kostensicherheit.

Wie Sie mit ETONIS® die Kosten besser im Griff behalten können, erläutern wir Ihnen gerne in einem Gespräch: Infoline +49 8677 83-7979 oder [info.polymers@wacker.com](mailto:info.polymers@wacker.com)  
[www.wacker.com/etonis](http://www.wacker.com/etonis)

### Weiterbildung Tunnelsanierung

## Workshop am 4. Juni 2012 an der RUB


Wurde in den vergangenen Jahrzehnten der überwiegende Teil der im unterirdischen Bauen aufgewendeten Investitionen noch in den Ausbau von Infrastruktur investiert, so gewinnt das sogenannte „Bauen im Bestand“ auch für den Tunnelbau zunehmend an Bedeutung. Vor allem im Bereich der Bahntunnel, wo rund die Hälfte des Bauwerksbestandes bereits das Ende der rechnerischen Lebensdauer erreicht hat, hat sich in den vergangenen Jahren ein großer Handlungsbedarf herausgebildet. Dies wird unter anderem auch durch die tunnel-Sonderausgabe „Sanierung von Eisenbahntunneln“ zum Sachstand 2011 in diesem Bereich dokumentiert. Diese Sonderausgabe wurde zur vergangenen STUVA-Tagung im Dezember 2011 in Zusammenarbeit mit dem STUVA-Arbeitskreis „Tunnelsanierung“ herausgegeben.

Doch auch im Bereich der Straßen- und U-Bahntunnel entwickelt sich ein deutlich erkennbarer Sanierungsbedarf, der Betreiber und Industrie in den nächsten Jahrzehnten gleichermaßen beschäftigen wird. Eine technisch wie wirtschaftlich effiziente Sanierung von Tunnelbauwerken steht künftig ganz unabhängig vom Verkehrsträger mehr und mehr im Fokus der Betrachtung.

Am 4. Juni 2012 findet aus diesem Grund an der Ruhr-Universität Bochum ein Symposium statt, welches sich diesem Thema eingehender widmet und den Teilnehmern einen umfassenden Überblick über die künftigen Herausforderungen wie auch den Stand der Entwicklungen im Bereich Tunnelsanierungen

näher bringt. Vertreter aller 3 unterirdischer Verkehrsträger (Schiene, U-Bahn und Straße) schildern Bedürfnisse und Strategien im Sanierungsbereich auf Basis umfassender Bestandsanalysen. Darüber hinaus werden den Teilnehmern technische und wirtschaftliche Konzepte zur Instandhaltung vermittelt und anschließend diskutiert.

Nach kurzer Einführung wird Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes durch den Tag moderieren. Prof. Alfred Haack wird eine Projektübersicht aus dem AK Tunnelsanierung geben und Dipl.-Ing. Stefan Simon von der DB Projektbau wird über den Bedarf und die jüngsten Erfahrungen bei der Nachrüstung von Eisenbahntunneln berichten. Ihm folgend werden Dr.-Ing. Frank Heimbecher und Dipl.-Ing. Ingo Kaundinya Bedarf, Erfahrungen und jüngste Forschungen bei der Nachrüstung von Straßentunneln erläutern. Den Bedarf und die Strategie bei der Sanierung innerstädtischer U-Bahntunnel erklärt Dipl.-Ing. Uwe Kutscher von den Berliner Verkehrsbetrieben. Prof. Markus Thewes mit Dr.-Ing. Götz Vollmann von der RUB zeigen Schadensbilder und Life Cycle Management auf und schließlich informieren Dipl.-Ing. (FH) Thomas Edelmann und Dipl.-Ing. (FH) Volker Breuning von Herrenknecht über neue Technologien.

Informationen zum Programm, den genauen Veranstaltungsort und den Kosten erhalten Sie unter Telefon: +49-(0)2 34-3 22 60 81 oder E-Mail: [tlb-conference@rub.de](mailto:tlb-conference@rub.de). Unter der E-Mail-Adresse können Sie sich auch direkt anmelden. 

### Further Training – Tunnel Redevelopment

## Workshop on June 4, 2012 at the RUB


In recent decades the major portion of the investments poured into underground construction has been earmarked for infrastructure. However, what is known as upgrading existing structures is also becoming increasingly significant for tunnelling. Above all on the rail tunnel sector where roughly the half of the existing structures have reached the end of their intended service life, an enormous need for redevelopment has emerged. This is documented for example in the special tunnel issue “Redeveloping Rail Tunnels” from 2011 dealing with the situation in this field. This special issue was made available at the latest STUVA Conference in December 2011 in collaboration with the STUVA working group on “Tunnel Redevelopment”.

However a clearly discernible need for redevelopment in the field of road and Metro tunnels is also becoming evident, which will preoccupy both operators and industry to an equal extent in decades to come. Regardless of the organisations involved technically and economically efficient upgrading of tunnels will be increasingly at the centre of attention.

As a result a symposium is being staged at the Ruhr University Bochum on June 4, 2012, which will be devoted to this topic thus providing the participants with a comprehensive overview of future challenges as well as the latest stage reached by developments in the field of upgrading tunnels. Representatives of all 3 bodies engaged with underground transportation (rail, Metro and road) will describe requirements and strategies for

upgrading based on extensive analyses of the existing facilities. Furthermore the participants will be provided with technical and economic maintenance concepts, which will subsequently be discussed.

Following a short introduction, Prof. Markus Thewes will chair the event throughout the day; Prof. Alfred Haack will provide a project overview from the working group on tunnel redevelopment viewpoint and Dipl.-Ing. Stefan Simon from the DB Projektbau will report on the need and latest findings in upgrading rail tunnels. Then Dr.-Ing. Frank Heimbecher and Dipl.-Ing. Ingo Kaundinya will deal with needs, experiences and the latest research in conjunction with upgrading road tunnels. Dipl.-Ing. Uwe Kutscher from the Berliner Verkehrsbetrieben will explain the need and strategy for upgrading urban Metro tunnels. Prof. Markus Thewes together with Dr.-Ing. Götz Vollmann from the RUB will tackle damage scenarios and life cycle management before Dipl.-Ing. (FH) Thomas Edelmann and Dipl.-Ing. (FH) Volker Breuning from Herrenknecht examine new technologies.

Details relating to the programme, the exact venue and the costs are available by contacting phone +49-(0)2 34-3 22 60 81 or e mail [tlb-conference@rub.de](mailto:tlb-conference@rub.de). For registration just send an e mail. 

# IT'S TIME TO EVOLVE



THE**ROBBINS**COMPANY.COM

## WHY SETTLE FOR A DISMANTLED TBM?

Other manufacturers would break down your newly built machine, only to reassemble it later. We think there's a better way.

That's why Robbins offers Onsite First Time Assembly (OFTA)—an innovative method that saves you time and money right out of the gate on excavation projects. Tunnel smart. Tunnel with Robbins.

### Das Besondere Projekt

## Impuls-Vortrag von Heinz Ehrbar in München/D

Der Gotthard ist in der Schweiz ein Mythos. Jahrhundertelange Entwicklungen und geschichtlich bedeutende Ereignisse bis hin zur Gründung der Schweiz sind mit diesem Gebiet verbunden. In den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden erste Ideen eines Basistunnels entwickelt. Zu Beginn der 1970er Jahre wurde dann die Idee eines Eisenbahn-Basistunnels anstelle des Autobahntunnels wieder aufgenommen – jedoch ohne Erfolg.

Die spürbaren negativen Auswirkungen des Straßenverkehrs in den engen Alpentälern verlangten nach der Eröffnung des Straßentunnels im Jahr 1980 nach einem Eisenbahn-Basistunnel. In einer Entscheidungsfindung, wie sie wohl nur in der direkten Demokratie möglich ist, wurde 1992 das Projekt an sich beschlossen und 1998 eine stabile Finanzierung sichergestellt. 2002 begannen die Hauptarbeiten. Am 15. Oktober 2010 war der Berg bezwungen. Ende 2016 ist die Inbetriebnahme geplant.

Die langjährige Geschichte gibt uns einmalige Erkenntnisse mit auf den Weg, welche es für andere Großprojekte zu beherzigen gilt. Aus diesem Grund wurde Heinz Ehrbar, Leiter Tunnel- und Trasseebau Gotthard und Mitglied der Geschäftsleitung der AlpTransit Gotthard AG, Luzern/CH, zu einem Impulsvortrag nach München in das Oskar von Miller Forum eingeladen.


Das Oskar von Miller Forum wird von der Stiftung Bayerisches Baugewerbe be-

trieben und kann auf die Unterstützung der Bayerischen Baugewerbeverbände, des Bayerischen Bauindustrieverbandes, der Industrieergewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt sowie des Verbandes der

Zimmerer und Holzbauunternehmer Bayern bauen. Ziel des Oskar von Miller Forums ist es, der Hochschulbildung der Ingenieure und der Ausbildung der Meisterschüler im Bauwesen

interdisziplinär und international ausgerichtete Impulse zu geben. Dies geschieht mit ausgewählten Themen in Form der sogenannten Impulsvorträge. Sie sind interdisziplinär, interkulturell und innovativ angelegt, konzentrieren sich auf aktuelle Leitthemen der Ingenieurwissenschaften und anderer technischer, baubezogener Bereiche. Sie lösen neue Impulse aus und fördern den fachlichen Austausch. Bei den Impulsvorträgen handelt es sich um international hochrangige Themenvorträge, die langfristig geplant werden.

Der Impulsvortrag „Gotthard-Basistunnel; „Der längste Eisenbahntunnel der Welt; 60 Jahre Vision – 20 Jahre Realisierung“ fand am 19. April 2012 im Oskar von Miller Forum in München statt.

Weitere Informationen auf [www.oskaronmillerforum.de/programm/impulsvortraege.html](http://www.oskaronmillerforum.de/programm/impulsvortraege.html). 



### The special Project

## Impulse Lecture by Heinz Ehrbar in Munich/D

The Gotthard is a myth in Switzerland. Developments spanning centuries and historically significant events right up to the founding of Switzerland are associated with this region. During the 1930s, the initial proposals

for a Base Tunnel were developed. In the early 1970s the concept of a railway Base Tunnel was contemplated instead of a motorway tunnel – however without success.


The perceptively negative effects of road traffic in the narrow Alpine valleys following the opening of the road tunnel in 1980 called for a railway Base Tunnel. In a decision-making process, which is only possible through direct democracy, the project was given the green light in 1992 and a stable programme to finance it evolved in 1998. The main construction work commenced in 2002. On October 15, 2010 the mountain was finally conquered. The opening is planned for late 2016.

The many years of history provide us with unique recognitions, which relate to other major projects. As a result, Heinz Ehrbar, who heads Tunnel- und Trasseebau Gotthard and is a member of the executive of the AlpTransit Gotthard AG, Lucerne/CH, was invited to present an Impulse Lecture in Munich at the Oskar von Miller Forum.

The Oskar von Miller Forum is run by the Bavarian Construction Trade Foundation and

is supported by the Bavarian Construction Trade Associations, the Bavarian Construction Industry Association, the Construction, Agriculture and Environment Industrial Trade Union as well as the Bavarian Association of Carpenters and Timber Merchants. The Oskar von Miller Forum's aim is to provide internationally geared impulses for university education for engineers and teaching master pupils in the construction industry at interdisciplinary level. This is pursued through selected topics taking the form of what are known as Impulse Lectures. They possess an interdisciplinary, intercultural and innovative structure and hone in on topical themes stemming from engineering sciences and other technical spheres related to construction. They trigger new impulses and promote an exchange of views among peers. The Impulse Lectures are international top-grade lectures dealing with topics, which have been planned well in advance.

The Impulse Lecture: "Gotthard Base Tunnel: The World's longest Railway Tunnel; 60 Years of Vision – 20 Years of Realisation" was held in April 2012 at the Oskar von Miller Forum in Munich.

Further details are available by accessing [www.oskarmillerforum.de/programm/impulsvortraege.html](http://www.oskarmillerforum.de/programm/impulsvortraege.html) 

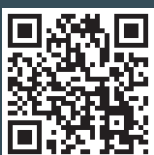
# tunnel *now as* *eMagazine!*

## Your advantages at a glance:

- available worldwide
- benefit from the lucid presentation in the familiar layout of the printed issue
- easy full text search
- straightforward navigation on individual pages or items
- the provided links enable you to obtain more details on corresponding topics in a jiffy
- no delays due to protracted dispatch



**Subscribe  
now -  
98.50 EUR  
per year!**



Go online wherever you are!

**www.tunnel-online.info**

## InnoTrans 2012 in Berlin

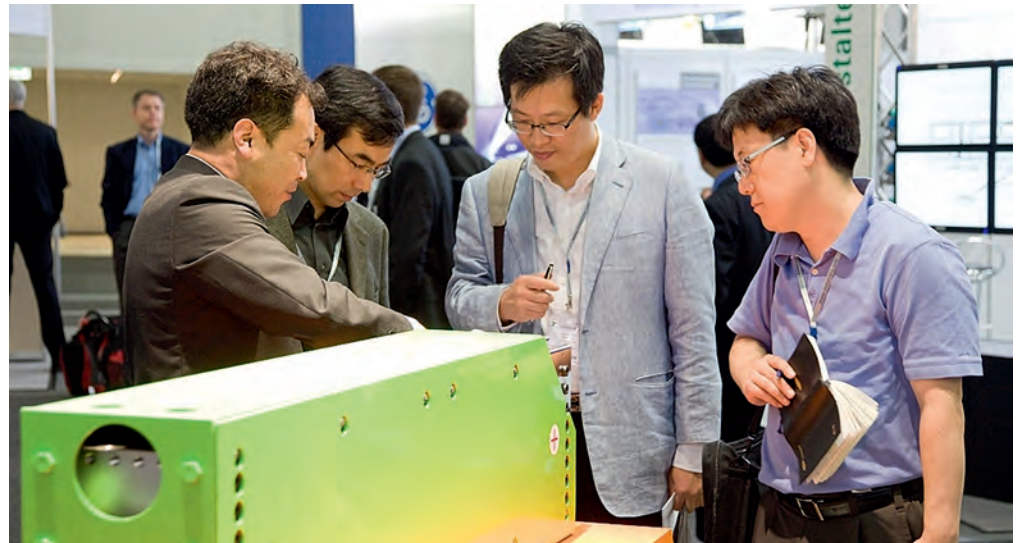
**Blick in die Zukunft der Mobilität**

Mit welchen Produktinnovationen und Dienstleistungen reagieren Bahnindustrie und Hersteller von Tunnelbautechnik auf die Herausforderungen der Mobilität? Lassen sich schillernde Schlagwörter wie Interoperabilität, intermodale Verkehrslösungen und nachhaltige ÖPNV-Konzepte in konkrete Produkte übertragen und auf einer Messe begutachten? Die Antwort ist ja. Auf der InnoTrans 2012 in Berlin erhalten Aussteller und Fachbesucher vom 18. bis 21. September einen Überblick über den Markt der Bahnbranche und können zudem einen informativen Blick in die Zukunft der Mobilität werfen.

Ein Messebesuch in diesem Jahr lohnt sich besonders, denn die internationale Bahnindustrie hat sich noch nie zuvor so umfangreich in Berlin präsentiert. Die Hallen-Ausstellungsfläche der vorherigen Veranstaltung ist weit überschritten, selbst zusätzlich erschlossene Hallen-Kapazitäten sind ausgebucht. Dabei fällt besonders die hohe Messebeteiligung asiatischer Unternehmen ins Auge. Bezugnehmend auf die Vergleichswerte der InnoTrans 2010 haben Firmen aus Asien etwa 40% mehr Ausstellungsfläche gebucht. Exemplarisch dafür steht Japan. Die japanische Bahnindustrie hat eine eigene Ausstellungshalle gebucht. Ein Land in einer Halle – das gab es auf der InnoTrans noch nie.

**Internationalität auch im Segment Tunnel Construction**

International ist auch die Beteiligung im Segment Tunnel



Construction. So präsentiert beispielsweise erstmalig die Palmieri Group aus Italien ihre Produkte auf der InnoTrans. Das Unternehmen produziert sowohl spezielle Schmiedeteile als auch Maschinen für den Tunnelbau und die Wartung von Tunnelanlagen. „Für unsere Firma stellt die Messe InnoTrans eine wichtige Werbeplattform dar. Wir erwarten auf alle Fälle einen höheren Bekanntheitsgrad. Auch neue Kontakte bzw. Lieferantenaufträge für unsere geschmiedeten und gewalzten Komponenten stehen im Fokus der Messeteilnahme“, erklärt Stefano Palmieri, Sales Manager der Palmieri Group.

Neben einer Vielzahl deutscher Firmen sind auch Aussteller aus der Schweiz, Spanien und Großbritannien auf der Messe zugegen. Schon seit mehreren Jahren stellt die österreichische Firma bst Brandschutztechnik Döpfl GmbH (bst) auf der InnoTrans ihre Produkte im Bereich Kabel- und Rohrdurchführung sowie spezielle Abdichtungen und Verkleidungen für den Tunnelbau aus. Das Wiener

## InnoTrans 2012 in Berlin

**Look at the Future of Mobility**

Which production innovations and services are being introduced by the railway industry and the manufacturers of tunnelling technology to counter the challenges of mobility? Inspiring catch phrases such as interoperability, intermodal transport solutions and sustainable commuter transportation concepts translated into concrete products and put on view at a fair? The answer is yes. At the InnoTrans 2012 in Berlin exhibitors and trade visitors will be able to obtain an overview of the market from September 18 to 21 and in addition will gain an insight of the future of mobility.

Visiting the fair this year is especially worthwhile for never before has the international railway industry been so extensively represented in Berlin. The amount of hall space occupied the last time around has been gobbled up and further capacities have already been booked out. The high proportion of Asian participation at the fair is eye-catching. Compared to the InnoTrans 2010 Asian companies have reserved roughly 40 % additional floor

space. Japan leads the way. The Japanese railway industry has booked its own exhibition hall. A country occupying a whole hall by itself – a first at the InnoTrans.

**Internationality on the Tunnel Construction Segment as well**


Participation in the Tunnel Construction segment is also marked by being international. For instance the Palmieri Group from Italy is displaying its products at the InnoTrans for the first time. The company produces special forged parts as well as machines for tunnelling and the maintenance of tunnel installations. “The InnoTrans exhibition represents an important advertising platform for our company. We are certainly expecting a high degree of identification. Our participation at the fair focuses on new contracts and orders from clients for our forged and rolled components”, says Stefano Palmieri, the Palmieri Group’s Sales Manager.

Apart from a large number of German firms there are also exhibitors from Switzerland, Spain and the United Kingdom present

Unternehmen schätzt die InnoTrans als weltgrößtes Branchenereignis. Martin E. Uhlig, bst-Verkaufsdirektor: „Die Fachmesse InnoTrans hat sich als Treffpunkt der internationalen Eisenbahn-Fachwelt entwickelt. Deshalb stellt bst auch heuer wieder das gesamte Produkt-Portfolio aus.“

### Tunnelbautechnik auf der InnoTrans


Auf der InnoTrans präsentieren Firmen ihre Bauprodukte und -materialien, leistungsstarke Tunnelbohrmaschinen sowie Ingenieurdienstleistungen für den Tunnelbau oder die Tunnelwartung. Das Segment Tunnel Construction profitiert auf der Fachschau von der

thematischen Nähe zum Segment Railway Infrastructure. Hintergrundwissen und aktuelle Informationen bietet das von der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen (STUVA e.V.) durchgeführte International Tunnel Forum. Weitere Informationen über die InnoTrans und aktuelle Entwicklungen in der internationalen Verkehrstechnik unter [www.innotrans.de](http://www.innotrans.de) 

at the exhibition. For a number of years now the Austrian company bst Brandschutztechnik Döpl GmbH (bst) has shown its products in the field of cable and pipe fittings as well as special seals and linings for tunnelling. The Viennese enterprise appreciates the InnoTrans as the industry's world's biggest event of its kind. Martin E. Uhlig, bst Sales Director: "The InnoTrans fair has developed into the meeting place for the international railway trade. As a result, bst is continuing to exhibit its entire product range".

### Tunnelling Technology at the InnoTrans

At the InnoTrans companies will present their construction pro-

ducts and materials, powerful tunnelling machines as well as engineering services for tunnelling or servicing tunnels. The Tunnel Construction Segment profits at the exhibition from its proximity to the Railway Infrastructure Segment. Background knowledge and topical information will be provided by the International Tunnel Forum presented by the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA Inc.). Further details on the InnoTrans and current developments on international transport technology are available by accessing [www.innotrans.de](http://www.innotrans.de) 

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



[www.normet.fi](http://www.normet.fi)  
[www.taminternational.com](http://www.taminternational.com)

**normet**  
*For tough jobs · since 1962*

**Tam**

**normet**  
SOLUTIONS FOR TOUGH JOBS

**CHEMICALS**

**EQUIPMENT**

**SUPPORT**

spraymec

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

### Neue Ingenieurbau-Messe in Freiburg/D

## Ingenieurbautage: Wenn das Auge im All unter die Erde späht....

Die Vorbereitungen für die neue Ingenieurbau-messe econstra laufen auf Hochtouren. Ein besonderes Thema der Ingenieurbautage mit ausgewählten Fachvorträgen, die im Rahmen der econstra – expo of construction engineering auf dem Freiburger Messegelände (25. bis 27. Oktober 2012) angeboten werden, haben wir einmal im folgenden Interview näher betrachtet. Am 26. Oktober von 10.15 bis 11.00 Uhr meldet sich dort EADS Astrium GEO-Information Services zu Wort: „Aus dem All zum Tunnel - Millimetergenaue Faszination der interferometrischen Bodenbewegungsüberwachung“ heißt das Vortragsthema.



Wie das genau funktionieren soll, sollten Sie sich im Vortrag selbst anhören. Um aber schon einmal neugierig zu machen, haben wir mit Dr. Lutz Petrat, Product Line Manager Monitoring Services von Astrium, einer Tochter von EADS, gesprochen.

**Wie entstand die Idee, aus dem All Vermessungen am Boden vorzunehmen und seit wann wird dies angewandt?**

Das Verfahren ist bereits seit

einigen Jahren bekannt, Ergebnisse wurden mit den Satelliten Seasat und Sir-A/B in den 1980er und 1990er Jahren erzielt. Die Technik gewann aber erst dann an Bedeutung als der Satellit ERS-1 der Europäischen Raumfahrtagentur ESA 1992 in Dienst gestellt wurde und damit auch über Nachfolgesysteme (ERS-2, ENVISAT) entsprechende satellitengestützte Radardaten leicht verfügbar waren. Kommerzielle Überwachungsanwendungen wurden insbesondere durch kommerzielle Satellitensysteme wie TerraSAR-X gefördert.

**Wer wendet diese neue Technologie an?**

Öl- und Erdgasfirmen, Bergbauunternehmen, Bauherren und –unternehmer: es kommt jede Art der Anwendung in Frage, die in irgendeiner Art und Weise mit Bodenbewegungen zu tun hat.

**Welche Geräte oder Einrichtungen benötigt man eigentlich, um diese Technologie anwenden zu können?**

Einen oder mehrere Radarsatelliten und entsprechende interferometrische Prozessiersoftware, die aus den Phaseninformationen zweier Radardatensätze Phasendifferenzen berechnet, die nach entsprechender Korrektur in Bodenbewegungen konvertiert werden können.

**Das hört sich ja sehr nach „Terminator“ an: Was bedeutet dabei „interferometrisch“?** Interferometrische Prozessierung bedeutet, dass die kom-

### New Construction Engineering Fair in Freiburg/D

## Construction Engineering Event: Eye in Space peering below Ground...

The preparations for the new construction engineering fair econstra are forging ahead. A special topic at the construction engineering congress with selected lectures, at the econstra – the expo of construction engineering at the Freiburg fairgrounds (October 25 – 27, 2012) is examined more closely in the following interview. EADS Astrium GEO-Information Services takes to the podium there on October 26 from 10.15 till 11.00 am: “From Space to the Tunnel – Fascination of interferometric Soil Movement Monitoring accurate to the Millimetre” is how the lecture is captioned.

Just how that actually functions is something you can find out at the lecture itself. However to whet your appetite we spoke to Dr. Lutz Petrat, Product Line Manager Monitoring Services of Astrium, an EADS subsidiary.

**How did the idea of carrying out ground surveying from space originate and since when has this been applied?**

The method's been known for some years now, results were attained during the 1980s and 90s with the Seasat and Sir-A/B satellites. However the technology first really became significant after the ERS-1 satellite was put into service by the European Space Agency ESA in 1992 so that corresponding satellite-supported radar data were also easily available via follow-up systems (ERS-2, ENVISAT). Commercial monitoring applications were particularly promoted thanks to commercial satellite systems such as TerraSAR-X.

**Who uses these new technologies?**

Oil and natural gas companies, mining companies, construction clients and contractors: potentially every kind of application associated in some way or another with soil movements.

**Which appliances or installations do you actually need to apply these technologies?**

One or several radar satellites and corresponding interferometric processing software, calculating phase differences from the phase data of 2 radar data sets, which can be converted into soil movements following corresponding correction.

**That sound rather like “Terminator”: what does “interferometric” actually mean in this case?**

Interferometric processing means that the complex data from at least 2 radar recordings (taken at point 1 and point 2) are multiplied with each other in a complex conjugated manner for each individual pixel in the recording. This results among other things in a phase difference between the 2 recordings, which contains information on the soil movement taking place quite apart from many other things.

**And how is it possible now to peek under the earth and determine the exact alignment of a tunnel from “above”?**

During all tunnelling activities generally speaking small (several millimetres) to larger soil movements (several centimetres) oc-



plexen Daten von mindestens 2 Radaraufnahmen (aufgenommen zum Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 2) für jedes einzelne Pixel in der Aufnahme komplex konjugiert miteinander multipliziert werden. Es ergibt sich daraus u.a. eine Phasendifferenz zwischen den beiden Aufnahmen in der neben vielen anderen die Information über eine zwischen den beiden Aufnahmezeitpunkten stattgefunden Bodenbewegung enthalten ist.

**Und wie kann man jetzt aus dem All unter die Erde sehen und von „oben“ den genauen Verlauf eines Tunnels festlegen?**

Bei allen Tunnelarbeiten treten in der Regel kleine (wenige Millimeter) bis größere Bodenbewegungen (mehrere Zentimeter) an der Oberfläche auf - einmal durch die Erstellung des Hohlraums an sich, zum anderen aber auch durch notwendige Eingriffe in den Grundwasserspiegel. Es ist damit nicht der Tunnel selbst zu sehen, sondern eher das „Bodenbewegungssignal“ des Tunnels an der Oberfläche - wenn er kein Signal hinterlässt, ist er auch nicht zu sehen.


**Gibt es Fehlerquellen bzw. Beeinträchtigungen dabei?**

Die größte Fehlerquelle sind atmosphärische Einflüsse, die allerdings durch statistische Mittel und die Aufnahme ei-

ner Vielzahl von Daten weitestgehend reduziert werden können. Hintergrund ist, dass auch größere Änderungen im Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre (z.B. durch den Durchzug einer Gewitterfront) bei einer Aufnahme im Vergleich zu einer weiteren Aufnahme ein einer Bodenbewegung sehr ähnliches Signal erzeugen kann. Man erkennt solche fälschlichen „Bodenbewegungen“ in der Regel schon daran, dass sie in einem Aufnahmegebiet nicht räumlich stabil an einem Ort sondern zufällig verteilt sind.

**Und was kostet es jetzt, einen Tunnel aus dem All zu „betreuen“?**

Ein operatives Monitoring während der Tunnelbauphase startet mit ca. 50.000 Euro pro Jahr bei einer jährlichen Prozessierung der vorhandenen Daten und einem jährlichen Update über Bodenbewegungen, z.B. zum Backup eines konventionellen Monitorings. Sollen häufigere Updates der Ergebnisse erfolgen, müssen höhere Preise veranschlagt werden, da in diesem Fall häufigere Prozessierungen durchgeführt werden müssen.

Genauere Informationen bieten wir mit EADS Astrium GEO-Information Services auch auf der econstra – expo of construction engineering im Oktober auf unserem Stand an. 

cur on the surface – first of all on account of the cavity being produced and secondly also owing to the necessary intervention in the groundwater level. It is not the tunnel itself that is seen but rather the “soil movement signal” of the tunnel on the surface – if it does not leave a signal, it also cannot be seen.


**Are there associated sources of error or drawbacks?**

The greatest source of error are atmospheric influences, which can however be largely reduced by statistical means and recording a large number of data. The background is that major changes in the water vapour content in the atmosphere (e.g. resulting from the passage of a storm front) can produce a very similar signal to a soil movement during a recording in comparison to another recording. Generally such false “soil movements” are identified because they are not spatially stable at one place but are distributed at random within a recording zone.

**And what does it now cost to “mind” a tunnel from space?**

Operative monitoring during the tunnelling phase starts at roughly 50,000 euros per year given annual processing of the existing data and an annual update on soil movements, e.g. to backup conventional monitoring. If more frequent updates of the results are necessary, higher prices are then involved as in this case

more frequent processing has to be undertaken.

More exact details are also available from EADS Astrium GEO-Information Services at the econstra – expo of construction engineering in October at our booth. 

[www.econstra.de](http://www.econstra.de)

**Concrix**<sup>®</sup>

The cost effective and ecological alternative to steel fibers  
No rust. No corrosion. No creeping. No danger of injuries. Excellent working capacity.

**BRUGG** CONTEC  
Strong fibers.  
[www.bruggcontec.ch](http://www.bruggcontec.ch)

# Long Term Flood Prevention in Chaophaya Basin, Thailand

In May 2012 Bangkok in Thailand is the venue for the ITA/WTC conference. In the capitol of Thailand are a lot of interesting tunnelling projects, but one of the most important problems is shown in this article: What is to do against a flood like in 2011?

Thailand Underground and Tunnelling Group

## Thailand's Most Severe Flood Crisis 2011

2011 flood crisis in Bangkok and other major provinces is considered the worst natural disaster in recent Thai history. With damage totaling 1,000 Billion Baht, adverse impact of this disaster is extremely significant for Thai economy and daily life of the citizens. There are also intangible damages apart from the tangible losses.

## Major Causes of Severe Flooding and Practical Solution

There are several factors contributed to the severe flooding in upstream provinces and Bangkok itself. Among them, 2 key responsible factors are

- Excessive rainfall from major typhoons
- Insufficient flood drain system in Chaophaya Basin including Bangkok

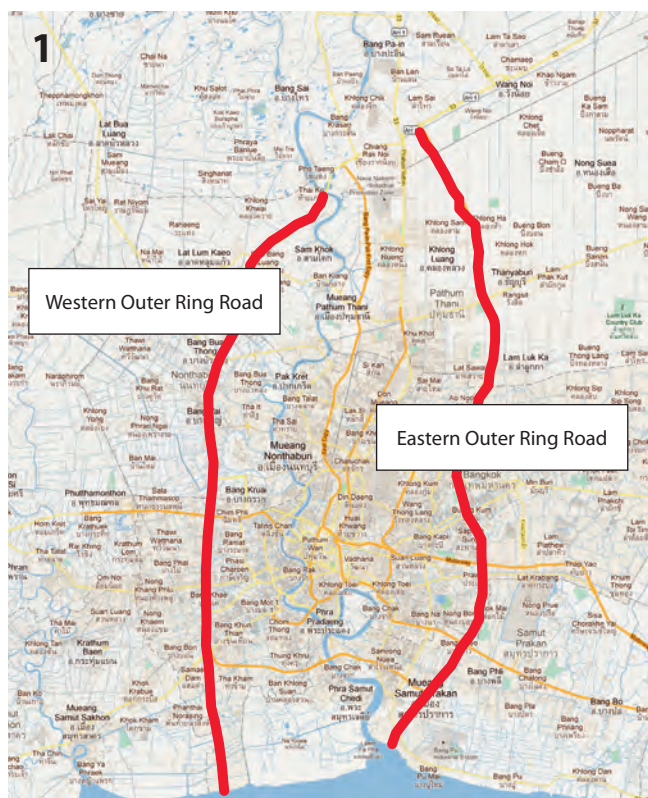
As we all know, climate change is causing excessive rainfall in many parts of the world, which is a natural phenomenon beyond our control. However, we have to defend this severe natural disaster by improving flood drain system. Three major systems should be used to improve flood drain or flood way.

These 3 systems of the table should be integrated to optimize the investment cost. Type 1 should be used in upstream area

## Multi-Service Flood Tunnel System (MUSTS)

Using diaphragm walls (underground earth-retaining walls), cut-and-cover tunnel could be constructed beneath the existing Eastern Outer Ring Road. Using special but common construction method called "Top-Down Construction" (similar to method adopted for construction of subway station underneath Bangkok roads), this system will have minimum impact on current use of Outer Ring Road during construction. This system will also minimize the cost of land appropriation; the major part of the flood drain tunnel will be underneath existing road (motorway).

The cut-and-cover tunnel can be constructed as double-deck underground structure (similar to 2 levels underground basement) – please see attached illustration (Fig. 2).



Map showing Outer Ring Road (possible route for Multi-Service Flood Tunnel System)

Type	System	Practicality and Effectiveness
1	Open channels or canals on the ground surface	Not practical in every area considering current land use (e.g. Bangkok suburban and urban land use). Expensive to appropriate the land owned by ordinary citizens or private sectors
2	Subsurface canals or shallow underground structures	Practical to implement but relatively ineffective due to limited flood drain capacity
3	Large Flood Drain Tunnels	Practical and effective in most areas and land use especially in Bangkok

or suburban area of provinces in northern Bangkok. Type 2 can be used in both suburban and urban area. Large Flood drain tunnels are considered practical, most effective and hence the best solution to prevent major flooding in the long term.

Thailand Underground and Tunnelling Group, TUTG, proposed Multipurpose Underground Systems as large flood drain Tunnel underneath Eastern Outer Ring Road from Ban Pa In to Samut Prakarn (Fig. 1).

Upper Deck – will be used as road tunnel in normal condition, no flood or minor flood as shown in Fig. 3 and during moderate flood Fig. 4.

Lower Deck – will be used as flood drain in normal condition, no flood or minor flood as shown in Fig. 3 and during moderate flood Fig. 4.

Upper Deck – will be stopped using as road tunnel or underground motorway and will be used as flood drain or flood way once major flood comes.

Total length of this underground system is approx. 100 km depending on the final selection based on further feasibility studies.

In some difficult area where cut-and-cover tunnel is not applicable, bored tunnels using TBM may be used to construct the underground flood drain tunnels.

**MUSTS integrated with other Systems**

Multi-Service Flood Tunnel System (MUSTS) will be integrated with Type 1 and Type 2 as appropriate in both provinces in urban area of Bangkok. In Bangkok, in addition to existing Type 1 system, large to medium diameter (3 to 5 m) inlet flood tunnels will be constructed to drain the runoff water from critical flood prone area into MUST during rainy season and during storm or flash flood – please see Fig. 5.

**Possible Power Generation using Deep Shaft integrated with MUSTS**

Drained water from MUSTS can be further utilized to produce hydro-power as can be seen in attached sketch (Fig. 6).

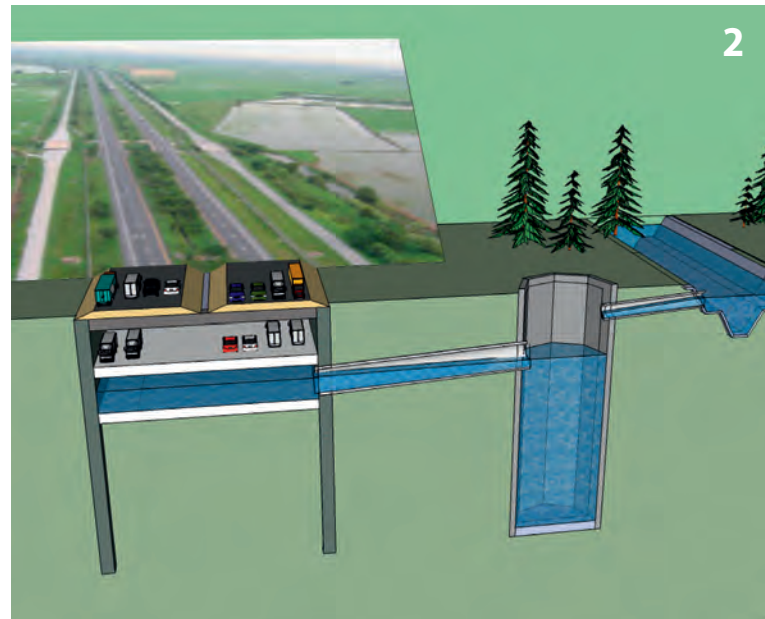
Depending on the selected size of the project, electricity of 400 to 600 MW can be produced by extended application of MUSTS as Multipurpose Underground System.

**Key Advantages of MUSTS**

Large volume of floodwater can be drained out in a short time due to high hydraulic gradient (1,500 m<sup>3</sup>/s, 129,600,000 m<sup>3</sup>/day).


Minimum land appropriation is required – practical for existing land use in Bangkok and nearby provinces.

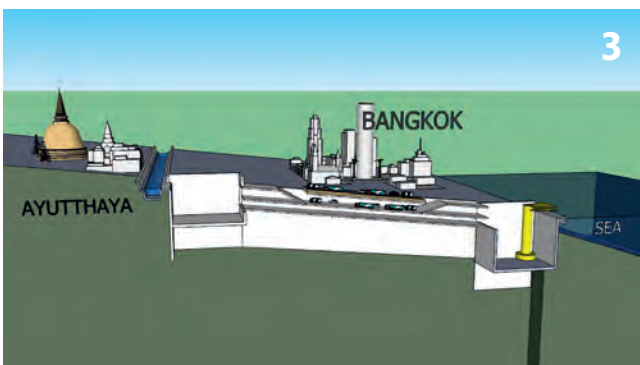
Can be integrated with existing drainage system to enhance flow rate in existing system.



Multipurpose Underground Service Flood Tunnel System (MUSTS)

Minimum land appropriation is required – practical for existing land use in Bangkok and nearby provinces.

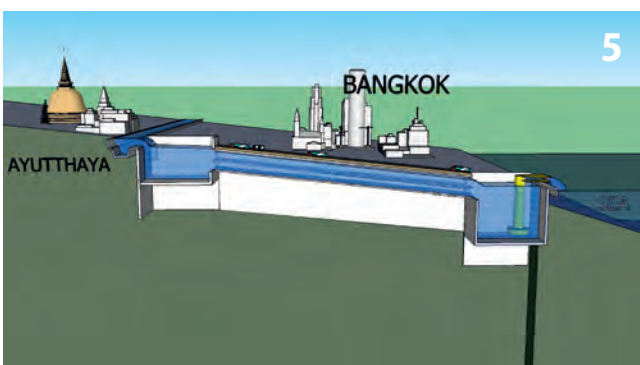
Can be applied as multi-service system for maximum benefits for the public. 



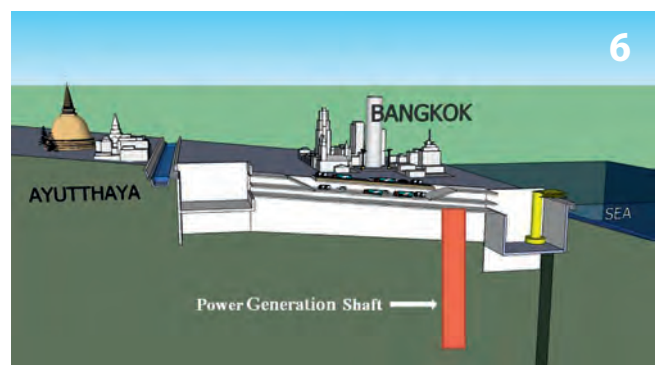
Normal or Minor Flood Situation (upper deck using as motorway, lower deck draining out)



Moderate Flood Situation (upper deck using as motorway, lower deck draining out water)



Major Flood Situation (both upper and lower decks using as flood drain tunnel)



Power Generation Shaft in Multi-Service Flood Tunnel System

# ITA-COSUF: The Operation of Safe and Secure Underground Facilities

During the last decades, operational safety of underground structures has received increased public attention mainly after the disastrous fires in alpine road tunnels, fires in the Channel Tunnel as well as metro fires. The following article shows, what ITA-COSUF – the ITA Committee on Operational Safety of Underground Facilities - means.

**Götz Vollmann**, Member of the Steering Board of ITA-COSUF, Institute for Tunnelling and Construction Management, Ruhr-University Bochum/D

**Roland Leucker**, Member of the Steering Board of ITA-COSUF, Managing Director of STUVA, Research Association for Underground Transportation Facilities, Cologne/D

**Dirk K. Sprakel**, Member of the Steering Board of ITA-COSUF, Managing Director, FOGTE Fire Protection, Cologne/D

## 1 Introduction

During the last decades, operational safety of underground structures has received increased public attention mainly after the disastrous fires in alpine road tunnels, fires in the Channel Tunnel as well as metro fires. Although operational safety always had been an important element in the design and construction of underground facilities it turned out to be a far more complex issue than anticipated before. The increase in traffic volume, especially regarding the transportation of heavy and dangerous goods, the age of certain infrastructures which need maintenance and/or considerable improvement in their safety installations after 20 years or even more in operation, the increasing complexity of underground infrastructures (complex underground road systems especially in urban areas with access and exit ramps, underground traffic circles and parking lots, longer and deeper tunnels for railway systems and deeper metro lines in combination with other urban infrastructures such as shopping malls, cinemas etc) – it all has severely increased the need for a holistic approach to the relevant safety issues.

It also became apparent that an holistic safety approach needs to start at the very early phases of the design and that it is afterwards a constant issue in all further design and construction phases. All corresponding operational aspects and the stakeholders involved occur and appear solely during the operational phase of the infrastructure, especially in case of an emergency. Regardless of the type of tunnel, the empowerment of its user to self rescue has to be considered as the dominating factor regarding the amount of possible risks, especially in terms of tunnel users and possible harm due to fire, smoke etc. Efficient concepts for safety-operation and corresponding technical measures are crucial.

Nowadays operating authorities need to consider securing societal assets, leading directly to assessments regarding the impact of a single incident on a traffic network as a whole and its robustness and resilience. These scenarios may be induced by changes in climatic conditions, accidents with dangerous goods or criminal actions and asymmetric threats. Dealing with the operation of underground facilities

requires considering safety as well as security issues in a more and more holistic, comprehensive and decisive way.

## 2 Why COSUF?

The research projects and study groups funded by the European Union, following the aforementioned tunnel fires, enabled constituting a multidisciplinary network of experts working at universities, consulting firms, corporations and public service bodies throughout Europe. Many of these experts were motivated to establish a long-lasting cooperative framework in order to shape a comprehensive view of all tunnel safety and security aspects.

1



Logo of ITA-COSUF

Upon consultation with PIARC, the foundation of a committee associated with ITA-AITES (International Tunnelling and Underground Space Association) encompassing all types of underground facilities became a primary target. As a result, the Committee on Operational Safety of Underground Facilities (COSUF, Fig. 1) was created by ITA-AITES in May 2005. Since 2011, Didier Lacroix (France) is presiding over COSUF. Current members of COSUF are involved in some of the most integral national and international Research and Development projects within the EU regarding safety and security, such as METRO, SOLIT<sup>2</sup> or SKRIBTPlus.

COSUF is open to any entity that develops an interest in the Committee's work and that would like to participate in its activities. In March 2012 the Committee membership stood at 72, a third of which are public bodies and training organizations and the remaining two-thirds stem from the private sector. Currently 22 countries from Asia, Australia and Europe are represented.

COSUF's objectives consist of: developing a forum for knowledge exchange; facilitating cooperative actions and international R&D initiatives; and promoting safety and security through innovation and acknowledgment of both current and future trends regarding all types of underground structures. The COSUF mission relies on the work of activity groups (AG), with the 4 most active ones described below.

## 3 Activities within COSUF

To facilitate the work on the special topics of interest regar-

ding COSUF 4 so-called activity groups were formed, reflecting the specific approaches in terms of the underlying fields of expertise. All Members of COSUF can freely choose to take part in any of these groups, with AG 4 being the sole exception due to its narrowed field of application. In addition to typical group work the AG-members may be asked to help the steering board of COSUF in preparation of COSUF-related activities, such as internal or external workshops. These activities will be described in the following.

### 3.1 Activity Group 1: Interaction with European and International Initiatives

AG 1 is currently headed by Ben van den Horn (NL) and takes and keeps contact with other external institutions, groups and projects in order to receive relevant information, to co-operate for avoiding duplication of activities, to give information about activities in COSUF to external groups and possibly influence the initiatives.

The activities in Activity Group 1 consist e.g. of identifying and

liaise with relevant initiatives outside COSUF, attracting COSUF members from these initiatives or appoint liaison responsible COSUF members, influencing initiatives to include safety and security aspects in line with the ideas of COSUF or bringing COSUF ideas to life as projects either as part of existing initiatives or as new separate projects.

### 3.2 Activity Group 2: Regulations and Best Practice

AG 2 is currently led by Peter Reinke (CH) and Stig Ravn (GB). It covers regulations, the state-of-the-art and best-practices in various countries. This includes discussion and comparison of regulations and best-practice procedures from different owners, networks, projects and the experience gained by them.

By doing this it is aimed to collect and distribute information on existing national and international regulations and recognized recommendations as well as to establish the best-practice recommendations for tunnel safety (and security). The findings can result in requirements for new regulations.

AG 2 addresses the following topics at the moment:

- Engineering guidance for scenarios and functional objectives for the design of fire safety of urban underground rail systems
- Engineering guidance and best-practice recommendations regarding man-machine-interface of SCADA systems for tunnels
- Best-practice recommendations for design of safety measures in road tunnels regarding implementation of EU directive on non-discrimination of disabled people
- Engineering guidance for fire protection of platform screen doors of underground rail systems

The area of security may be highlighted as well, since there is a need for establishing the state-of-the-art also in this field and has not taken place to any extent up to now. Security deviates from safety particularly with respect to the prevention, whereas the reaction consequence side may be similar to those which are resulting from evalu-

ation and analysis of accidents or so.

### 3.3 Activity Group 3: Research and new findings

The scope of AG 3, which is currently led by Götz Vollmann (D), is to motivate research and to use research results and other new findings for the benefit of safety and security in underground facilities in general.

The activities include collection of results of research and new findings, the evaluation of events, results and new findings as well as the dissemination of the results and new findings among COSUF members. Additionally the group tries to collect and evaluate ideas for research and identify corresponding needs for the future and give directions for future research.

The actual launch of new research projects is initiated outside the COSUF frame but can certainly be facilitated through the activities of COSUF and the AG. Therefore AG 3 can also be considered as the starting point for national as well as international R&D-projects such as SOLIT<sup>2</sup>. In a broader sense

## International Conference on Safety of Life in Tunnels (SOLIT)

Integration of Fire Fighting Systems



**27.06. and 28.06.2012 SCANDIC HOTEL (Berlin, Germany)**

Exclusive results of the SOLIT<sup>2</sup> Research Project and the large scale fire test program

Various papers about FFFS in tunnels, trains and underground facilities

ITA-COSUF Section

German/English Translation



Please register online at [www.solit.info](http://www.solit.info)

2



Activity Group 3 „Research and New Findings“ deals with latest results of safety and security related research (here: fire tests conducted within SOLIT2-project in 2011)

the group's aim is to make aware all relevant professionals of new findings and recent results of research in safety and security related activities regarding underground facilities, to discuss these results and other ideas and to process them into specifications of needs of new research into recommended best practices. Additionally the partners try to facilitate recommendations on specific topics which then will represent the opinion of some of the world's leading experts. For instance, the group is currently working on a recommendation regarding computational fluid dynamics (CFD) simulations as an elementary input for quantitative risk assessments of road tunnels (Fig. 2).

### 3.4 Activity Group 4: European Road Tunnel Safety Officers Forum

ITA-COSUF pays special attention to road tunnel safety within the framework of Directive 2004/54/EC of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels

in the trans-European road network.

At November 4 to 5, 2009 in Lyon, ITA COSUF organized the 1st European Forum of Road Tunnel Safety Officers, an event which was co-organized by CETU, ITA-COSUF, PIARC and the European Commission. Forty-five Safety Officers from 18 member states participated to exchange information, evaluate first operational experiences and compare role and duty interpretation of the Safety Officers.

After this first event ITA-COSUF created the AG 4 within ITA-COSUF, the so-called Tunnel Safety Officers (TSO) activity group, being further led by Alain Picard (France). By doing so, the ITA-COSUF acknowledges that most of the functions and tasks assigned to the Safety Officers by the EU Tunnel Directive can only be achieved by a qualitative approach, making exchanges between Safety Officers of paramount importance and that this is entirely part of ITA-COSUF's scope and objectives.

On the 18<sup>th</sup> of January 2012 again more than 40 tunnel safety officers from 18 European countries met in Brussels for taking part in the 2<sup>nd</sup> European forum to find out how to make road tunnels safer across the European Union. Participants expressed their wish to continue and to strengthen this fruitful cooperation with the support of the European Commission. Johan Bosch (NL), who supported Alain Picard in the preparation of this event, will soon take over as the new leader of this activity group and thereby strengthen the international exchange of experiences.

### 3.5 Additional workshops

On a frequent basis COSUF prepares and conducts internal and external workshops, at least one of each per year. While all external workshops are open for public contribution, internal workshops are seen as a special service for the COSUF members in general and the AG members in specific. That said, external workshops

will be held at a certain location with presentations of different specialists regarding one topic, such as the external workshop on Risk Analysis Techniques and Approaches which was held in Frankfurt in 2011.

Internal workshops on the other hand are reserved only for COSUF-members. Therefore the steering board is looking to find excellent locations, where AG-meetings are easily combinable with site visits and additional presentations on the site itself and all site-related safety and security matters. That said, the steering board teamed up with more than 100 members of COSUF for our latest internal workshop in Amsterdam/Amersfoort (NL) where all participating members got to see the specific concepts regarding the Amsterdam North-South line. Thereby COSUF has served its members lots of valuable and interesting information in the course of more than 15 workshops throughout the last couple of years (Fig. 3).


#### 4 Conclusion

As revealed in the accomplishments described above, COSUF's years of operations have yielded very encouraging results. Beginning with former members of European research projects, COSUF's composition has gradually grown, in terms of skill sets and geographic coverage, yet the added railroad and subway modes still need to be further developed.

COSUF has helped nurture synergy. Many methodological contributions specific to road tunnels stemming from PIARC and COSUF make it possible to overlap these contributions with problems raised by other types of underground facilities. Moreover, COSUF's research en-

deavours and the presence of industry representatives on the Committee provide access to re-

search and innovation programs. The pursuit and expansion of COSUF activities, as the bene-

ficiary of cooperation between PIARC and ITA-AITES, thus merits strong encouragements. 



The ITA-COSUF workshop 2011 in Helsinki "Designing Underground Safety – How far to go?" aroused great interest

**rascor**®



## Wer richtig plant, bleibt trocken.

Als Pioniere in der Abdichtungstechnik entwickeln wir Produkte für die höchsten, trockensten Ansprüche Ihrer Tunnelprojekte – denn Trockenheit heisst auch Sicherheit! Problemorientierte und massgeschneiderte Abdichtungskonzepte sichern den Erfolg! **RASCOR - Pioniere der Bauabdichtung.**

**Rascor International AG**  
**Gewerbestrasse 4**  
**CH-8162 Steinmaur**  
**Telefon +41 (0)44 857 11 11**  
**Telefax +41 (0)44 857 11 00**  
**info@rascor.com**

## Wasserversorgungstunnel in Kuala Lumpur

In den Bergen von Kuala Lumpur/Malaysia wird bei hoher Überdeckung der 44,6 km lange Pahang Selangor Wassertunnel mit 3 TBM von Robbins vorgetrieben. Mit diesem Tunnel soll die nachlassende Trinkwasserversorgung der Metropole durch Lieferung aus anderen Gebieten um Kuala Lumpur verbessert werden.

Mit einer Länge von 44,6 km durch massives Felsgestein, heiße Mineralquellen und Verwerfungszone zählt der Pahang-Selangor Raw Water Tunnel in Malaysia sicher nicht zu den einfachen Bauprojekten. Fachkräfte und Arbeiter aus Indonesien, Thailand, Japan, dem Vereinigten Königreich und Malaysia sind auf 3 TBM- und mehrere NÖT-Baustellen verteilt, wo sie in Schichtarbeit unermüdlich den Tunnel vorantreiben. Aufgrund der abgelegenen Baustellen, weit entfernt von der Hauptstadt Kuala Lumpur, müssen nicht nur Vorräte per Lkw herangeschafft werden. Notgedrungen müssen täglich Tunnelbauelemente wie Sohlübblinge vor Ort hergestellt

**Desiree Willis, Technical Writer**, The Robbins Company, Kent, WA/USA  
www.TheRobbinsCompany.com

werden. „Unsere TVM werden auf einer Länge von über 33 km in den unterschiedlichsten Gesteinsformationen eingesetzt. Während die TVM in einem Tunnel auf eine Gesteinsfestigkeit von 230 MPa trifft, muss sich die TVM in einem anderen Tunnel mit nur 50 MPa durch den Fels vorarbeiten. Unglaublich, aber diese TVM sind bisher mit allem fertig geworden – und wir liegen auch noch gut in der Zeit“, berichtete Andy Birch, Robbins' Leiter der Baustelle Adit 4. Seit dem Frühjahr 2012 werden 3 TVM mit einem Durchmesser von je 5,23 m eingesetzt, die durchschnittlich einen monat-

## Water Tunnel in Kuala Lumpur

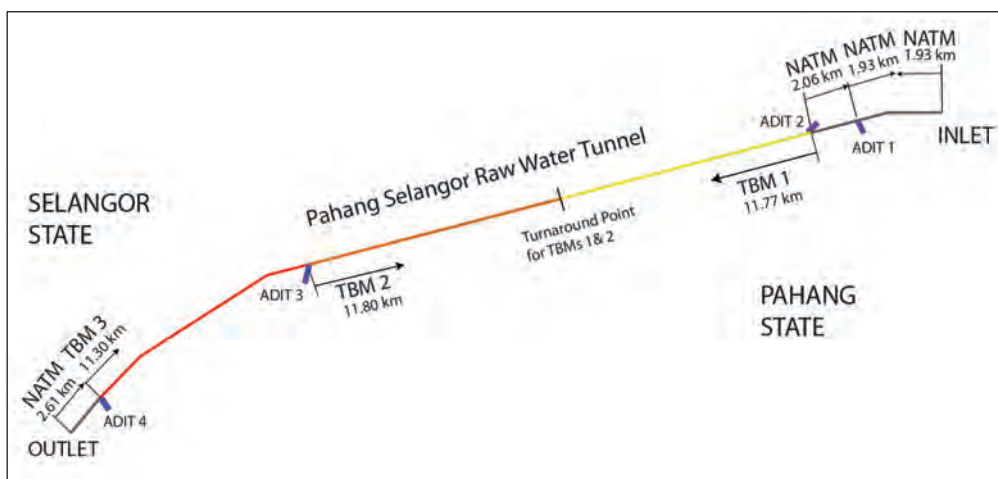
The 44.6 km long Pahang Selangor Water Tunnel is utilizing 3 Main Beam TBMs from Robbins to excavate under complex, high cover conditions in the mountains outside of Kuala Lumpur/Malaysia. The tunnel will bolster dwindling supplies in the capital city by transferring water from other areas.

At 44.6 km long below mountainous hard rock, hot springs, and fault zones, Malaysia's Pahang Selangor Raw Water Tunnel is no easy excavation. A tireless workforce, hailing from Indonesia, Thailand, Japan, the U.K., and Malaysia are assigned to each of 3 TBM sites as well as several NATM sites, where they work in shifts. Supplies are trucked in and components such as invert segments are cast daily on the TBM sites out of necessity due to the remote project locations outside of Kuala Lumpur. "We've got over 33 km of TBM excavation in really different rock conditions. We are going from 230 MPa rock strength in

one tunnel down to 50 MPa and blocky ground in another tunnel. These machines have been able to handle everything we've thrown at them, while maintaining good advance rates," said Andy Birch, Robbins site manager at the Adit 4 site. As of Spring 2012 three 5.23 m diameter TBMs were averaging 500 m per month with maximum rates as high as 721 m. Their innovative means to achieve these rates ranges from custom muck removal to novel ground support to high-tech wireless data analysis.

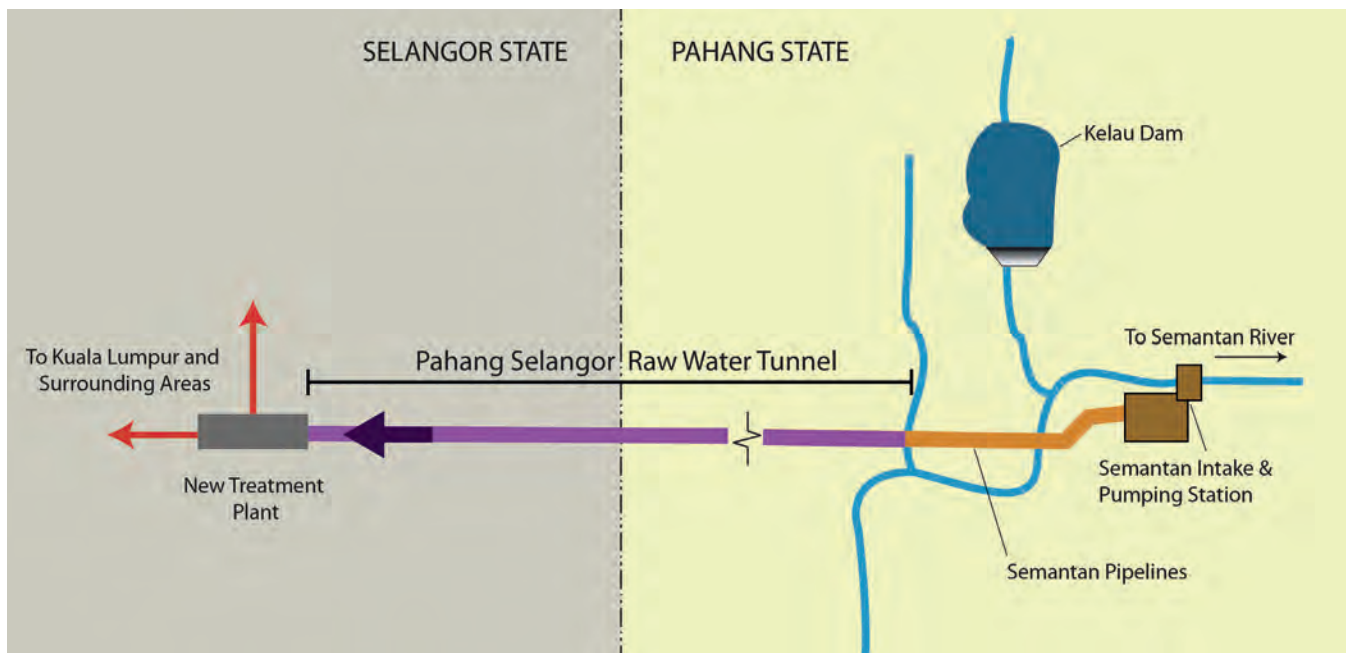
### One of the Longest Tunnels in Southeast Asia

Kuala Lumpur, a city of 7.2 million people, is a former tin mining town ideally located in the bowl-shaped Klang Valley surrounded by mountains. Now the most populous city in Malaysia, the water supply sourced from local rivers is projected to run short in the near future. To address forecasted needs, the Malaysian Ministry of Energy, Green Technology, and Water (KeTTHA) has commissioned the Pahang-Selangor Raw Water Tunnel – one of the longest tunnels in Southeast Asia. The conduit will transfer water from the Semantan River in Pahang State to the Selangor/Kuala Lumpur region, travelling as



Pahang Selangor Map: A combination of several NATM headings and 3 TBM drives are being used to excavate the long tunnel





At 44.6 km long, the Pahang Selangor Raw Water Tunnel is one of Southeast Asia's longest

lichen Vortrieb von 500 m – und bisher einen Maximalvortrieb von 721 m – geschafft haben. Zu den Innovationen, die diese Geschwindigkeiten ermöglicht haben, zählen neben der spezifischen Lösung für Schutterung auch neue Techniken zur Felssicherung sowie eine funkgestützte Datenanalyse der neuesten Generation.

### Einer der längsten Tunnel in Südostasien

Kuala Lumpur, wo heute 7,2 Mio. Menschen leben, war ehemals eine Kleinstadt, die von Zinnabbau lebte. Sie liegt ideal in dem beckenförmigen und von Bergen umsäumten Klang Valley. In der bevölkerungsreichsten Stadt Malaysias hat man erkannt, dass die bisher über die nahegelegenen Flüsse abgesicherte urbane Wasserversorgung in naher Zukunft an ihre Grenzen stoßen wird. Um den prognostizierten Wasserbedarf abzudecken, hat das malaysische Ministerium für Energie, Grüne Technologien und Wasser (KeTTHA)

das Projekt Pahang-Selangor Raw Water Tunnel – einen der längsten Tunnel Südostasiens – in Auftrag gegeben. Mit dieser Versorgungsleitung wird Flusswasser aus dem Bundesstaat Pahang in die Region Selangor/Kuala Lumpur transportiert, und zwar in einer Tiefe von bis zu 1200 m unter der Titiwangsa-Gebirgskette.

Ab Mai 2014 sollen pro Sekunde bis zu 27,6 m<sup>3</sup> Rohwasser durch den fertig gestellten Tunnel fließen. Über eine 858 m lange Einspeiseleitung mit Pumpstation im Becken des Pahang River wird dann Wasser in den Tunnel geleitet, das in Selangor entnommen und zu einer neuen Wasseraufbereitungsanlage weitertransportiert wird.

Mit Blick auf einen zügigen Vortrieb durch schwierige Geologie und Bereiche hoher Überdeckung entwickelte das KeTTHA ein Projekt, das mehrere Tunnelvortriebe mit dem NÖT-Ausbaukonzept an den Anfangs- und Endpunkten kombiniert. Nach einer sorg-

deep as 1,200 m beneath the Titiwangsa mountain range.

Up to 27.6 m<sup>3</sup> of raw water per second is scheduled to begin flowing through the completed tunnel by May 2014. An 858 m long inlet conduit structure and pumping station, located in the Pahang River Basin, will draw water from the river to the tunnel, while outlet structures in Selangor will transfer the water to the site of a new treatment plant. In order to excavate swiftly in difficult high cover rock conditions, KeTTHA developed a program combining multiple TBM drives with NATM methods at the inlet and outlet portals. After a detailed prequalification and bid process, SNUI JV was selected in 2009 as the contractor for the project - a consortium of Shimizu Corporation and Nishimatsu Construction of Japan, along with local companies IJM Corp. and UEM Builders Bhd. The JV is now operating 3 Robbins Main Beam TBMs, each excavating tunnel sections ranging from 11.3 to 11.8 km in length, in mountainous areas outside the city.

### Tunnelling Methods

While vertical tunnel walls were specified in short sections of NATM excavation (ranging from 1.9 to 2.6 km each), the tunnel length and geology, consisting of granites with approx. 50 to 200 MPa UCS, prevented using drill and blast for the main drive. "In this type of hard rock, we prefer to use Robbins TBMs. The total contract construction time is 5 years and the tunnel is quite long, so drill and blast could not have done this in the time specified," said Ohashi, Mechanical Engineer for SNUI JV.

The contractor's experience with Robbins TBMs also helped them to narrow down a decision. "When I worked in Hong Kong in 1998, I used a TBM of this manufacturer on a tunneling project, so this is my second time using a Robbins machine. I have used other machines, but this design is simpler and easier to use, and more powerful," said Nakano, Deputy Project Manager for the SNUI JV.



Three 5.23 m diameter Main Beam TBMs are excavating up to 721 m per month in Malaysia

fältigen Vorauswahl und Ausschreibung wurde 2009 der SNUI JV – einem Konsortium aus den japanischen Firmen Shimizu Corporation und Nishimatsu Construction sowie den lokalen Unternehmen IJM Corp. und UEM Builders Bhd. – der Zuschlag erteilt. Das Joint Venture setzt heute 3 offene Robbins-TVM ein, um 11,3 bis 11,8 km lange Tunnelabschnitte aus den Bergen vor den Toren der Stadt zu fräsen.

### Angewandte Vortriebs-techniken

Auch wenn in manchen kürzeren Abschnitten (zwischen 1,9 und 2,6 km) nach der NÖT-Me-

thode gearbeitet werden kann, so lassen die Tunnelänge und die Geologie – Granit mit einer Druckfestigkeit zwischen 50 und 200 MPa – die Bohr- und Sprengvortriebsmethode als primäre Ausbautechnik nicht zu. „Bei solch festem Gestein setzen wir lieber die TVM ein. Laut Vertrag ist der Tunnel in 5 Jahren fertig zu stellen. Angesichts der Tunnelänge wäre mit der Bohr- und Sprengvortriebstechnik diese Vorgabe nicht einzuhalten“, sagte Maschinenbauingenieur Ohashi vom SNUI JV.

Die Erfahrung des Baukonsortiums mit den TVM war ein weiterer Faktor bei der Entscheidungsfindung. „Als ich

### Hard Rock Machines, High-Tech Design

To tackle the high cover, hard rock conditions, the 3 machines were designed with unique design aspects - from custom cutterheads to streamlined operator's cabs. The TBMs were engineered with the smallest diameter back-loading cutterheads ever to be mounted with 19-inch disc cutters. The back-loading design increases safety and efficiency during cutter changes, as workers are not exposed to the tunnel face. The larger cutter diameter also aids in increased cutter life and higher advance rates in hard rock, compared to 17-inch diameter cutters.

### Cutter Monitoring

Not only is the cutterhead design novel, but the cutters themselves are being continuously analyzed using Robbins' new cutter monitoring system. The wireless system keeps track of several variables on each cutter, including cutter rotation, temperature, and vibration.

Following some design modifications, the monitors have been installed on the 19-inch face and gage cutters of 1 of the 3 TBMs, with installations planned on the other 2 TBMs shortly. Each cutter is equipped with a sensor bolted inside the cutter housing, allowing raw data to be sent to a program display in

1998 in Hongkong gearbeitet habe, habe ich bei einem Tunnelprojekt eine Robbins-TVM eingesetzt. Das ist also das zweite Mal, dass ich mit einer TVM dieses Herstellers zu tun habe. Natürlich habe ich schon andere TVM eingesetzt, aber Robbins hat da eine Maschine, die einfacher und leichter zu bedienen und leistungsstärker ist“, so Nakano, stellvertretender Projektleiter der SNUI JV.

### High-Tech-TVM für Festgestein

Um das hohe, feste Deckgestein abzutragen, haben die Konstrukteure besondere Lösungen für die 3 TVM umgesetzt: von maßgeschneiderten Bohrköpfen bis hin zu einsatzoptimierten Führerkabinen. Die Backloading-Bohrköpfe weisen den kleinsten Durchmesser auf, der jemals mit 19“-Schneidrollen realisiert wurde. Das Backloading-Design erhöht zudem die Sicherheit und Effizienz beim Meißelaustausch, da somit die Arbeiter nicht mit der Ortsbrust in

Kontakt kommen. Der größere Meißeldurchmesser erhöht die Lebensdauer und ermöglicht im Vergleich zu einem 17“-Meißel eine höhere Vortriebsgeschwindigkeit in Festgestein.

### Überwachung des Bohrkopfs/der Rollenmeißel

Nicht nur der Bohrkopf wurde neu konzipiert, auch die Meißel selbst werden ständig über das neue hauseigene Meißelüberwachungssystem überprüft. Mit dem drahtlosen Überwachungssystem werden verschiedene Betriebsparameter der Meißel kontinuierlich überwacht, u.a. ihre Drehgeschwindigkeit, Temperatur und die Vibrationsstärke.

Nach Durchführung einiger konstruktionsbedingter Änderungen wurden die Sensoren an der Stirnseite der 19“-Rollenmeißel einer der 3 TVM angebracht. Die beiden anderen TVM sollen damit ebenfalls bestückt werden. In jedem Meißelgehäuse befindet sich



Wireless operator's cabs and touch screens in each TBM enable user-friendly tracking of all the machine's functions

the operator's cabin. "The new system allows contractors to plan cutter changes, because they know when one cutter becomes blocked and stops rotating, creating a higher load on the adjacent state of wear of all their cutters. They are also aware of sudden cutter failures through increases in temperature or failed rotation," said Steve Smading, Cutter Product Manager.

### Touch Screens and Wireless Operation

Operator's cabs on each of the 3 machines include industrial computer systems and wireless routers. The routers allow for laptop access to control systems from any location on the TBM, and allow for remote access of the Programmable Logic Controller (PLC). Integrated touch screens are another feature of the cab designs. Dual Central Proces-

*Wir bewegen  
Ihren Fortschritt*



Vorschubzylinder 3555 mm



**HOVEN**  
HYDRAULIK

### Wir bauen Ihre Hydrauliksysteme.

Passgenau nach Ihren Anforderungen entwickeln und produzieren wir maßgeschneiderte Hydraulikkomponenten, vom präzisen Bauteil über komplexe Hydraulikzylinder bis zur umfassenden Systemlösung.

**Die beste Lösung ist genau die Richtige.**

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

ein Sensor, der Rohdaten an eine Anzeige im Führerhaus weiterleitet.

„Unser neues System bietet nun die Möglichkeit, die Meißel dann auszutauschen, wenn es vonnöten ist. Man weiß nun, wann ein Meißel blockiert ist und sich nicht mehr dreht, was zu einer höheren Belastung und einem höheren Verschleiß der üb-

Prozessoren ermöglichen die Steuerung eines TVM-Betriebs- und TVM-Notfallsystems. Auf die Videoüberwachungsanlagen (CCTV), automatische Messdatenerfassungs- und lasergestützte Führungssysteme kann über die Touchscreens, die eine individuelle Anpassung erlauben, problemlos zugegriffen werden.

Dank Systemintegration und Ethernet-Anschluss können alle

sing Units (CPUs) provide both an operating and standby system for machine control, while Closed-Circuit Television (CCTV), data logging, and laser guidance systems are all accessible and adjustable via the screens.

Due to the system integration and ethernet connection, all data can be transmitted to the surface via fiber optic cables for viewing. “We have been keeping all real-

time data on our servers. These are in our site offices, and there is one in Tokyo, which then routes the data on the internet. Because of this our actual progress data is available anywhere in the world from our password-protected website,” said Nakano.

### Novel Ground Support

While the ground support program varies from steel straps to



Remote adit sites are located in the mountains surrounding Kuala Lumpur, Malaysia, requiring supplies such as invert segments to be cast onsite

rigen Meißel führen würde. Auch plötzliche Meißelausfälle werden dem Maschinisten durch eine steigende Meißeltemperatur oder eine auf Null zurückgegangene Rotationsgeschwindigkeit angezeigt“, so Steve Smading, Cutter Product Manager.

### Touchscreens und drahtloser Maschinenbetrieb

Die Führerstände aller 3 TVM wurden mit Industriecomputern und drahtlosen Routern ausgestattet. Über Letztere kann per Laptop von jedem Standpunkt aus Zugriff auf die Steuerung der TVM genommen werden. Fernzugriff über den Programmable Logic Controller (PLC) ist ebenso möglich. Zu den Neuerungen im Führerhaus zählen auch Touchscreens. Computer mit 2

Daten per Glasfaserkabel zur Oberfläche zur weiteren Analyse übertragen werden. „Wir speichern alle Echtzeitdaten auf Servern. Diese stehen in den Baustellenbüros. Zusätzlich steht noch einer in Tokyo. Von dort werden die Daten für einen Zugriff per Internet zur Verfügung gestellt. So können Informationen über den aktuellen Projektstand überall auf der Welt von einer passwortgeschützten Website abgerufen werden“, so Nakano.

### Neuartige Erdreichabstützung

Zwar reicht die Palette für die Gesteinsart abhängige Felssicherung von Stahlbügeln bis hin zu Ankerbolzen, die Abstützung erfolgt jedoch primär mit einem neuartigen Spritzbeton. Dieser – eine Mischung aus einem Spezialtrockenmörtel,



Three continuous conveyor systems are operating simultaneously behind each TBM, averaging 92 % availability

Polypropylenfasern und einem Schnellbinder – wird manuell über eine kontinuierlich betriebene Pumpanlage (Mischen und Befüllen) aufgetragen. Der von den japanischen Firmen MCM Co., Ltd. und DENKA entwickelte Beton wurde schon bei vielen TVM- und NÖT-Projekten in Japan eingesetzt. Erstmals wird er nun bei einem internationalen Vorhaben verwendet.

„Die Trockenmischanlage bietet den Vorteil, dass man sie nach Bedarf ein- und ausschalten kann. Sie kann sogar im TVM-Nachläufer mitgeführt werden. Im Vergleich dazu verursachen Nassmischanlagen Materialverluste, wenn sie ständig ein- und ausgeschaltet werden, was zu reinigungsbedingten Standzeiten führt“, so Nobuo Sue-matsu von MCM Co., Ltd.

rock bolts based on the rock classification, the majority of primary support is being done using a novel type of shotcrete. The shotcrete is applied manually and consists of a continuous mixing and charging pump system, customized dry mortar mix with polypropylene fibers, and a fast-acting accelerator. The shotcrete, developed by MCM Co., Ltd. and DENKA of

Japan, has been used on numerous TBM and NATM projects in Japan, though this is the first time the system has been used internationally. “The dry mix system is advantageous because it can be started and stopped whenever necessary, and can be mounted in the TBM back-up. Wet systems, by comparison, generate unused mortar if frequently started and





A novel type of polypropylene fiber shotcrete is being applied as the primary means of ground support - a mixture that reduces rebound

Die Firmen MCM und DENKA haben mit Robbins kooperiert, um einen Spritzbeton zu entwickeln, der praktisch nicht quillt und der als primäre Erdreichabstützung dienen soll. Der Beton wird nach jedem TVM-Takt in einer Schicht von 2 cm direkt hinter der Bohrkopfabstützung aufgebracht und abhängig vom Erdreich mit einem Ringanker verstärkt. 24 Stunden nach seiner Auftragung weist der Beton eine Druckfestigkeit von bis zu 15 MPa auf. „Der Beton ist sehr schnell bindend und breitet sich nicht aus – das alles, ohne dass der Mörtel einem hohen Druck ausgesetzt werden muss“, so Nakano.

### Förderbänder im Dauerbetrieb

Drei kontinuierlich betriebene Textilförderbänder von Robbins werden gleichzeitig hinter den TVM betrieben. Laut Nakano war dies die einzige

Lösung, um maximale Effizienz zu erreichen: „Ganz zu Anfang haben wir an Loren oder Karren mit Vollgummireifen für die Schutterung gedacht, aber der Tunneldurchmesser ist zu klein dafür, außerdem hätten Loren zu viel Zeit gekostet. Eine doppelte Gleisführung war wegen des zu kleinen Durchmessers auch ausgeschlossen. Also blieben nur noch Förderbänder. Die Zeit für den Ausbau der Förderbänder ist sehr kurz, was wiederum von großem Vorteil für uns ist“. Die Förderanlage wird derzeit alle 8 bis 10 Tage erweitert, der Zeitaufwand hierfür liegt bei 10 bis 12 Stunden. In dieser Zeit können auch Wartungsarbeiten an der TVM durchgeführt und die Meißel inspiziert werden.

Bei Erstellung dieses Beitrags wies die Förderanlage eine Verfügbarkeitsquote von durchschnittlich 92 % auf, d.h. problematische Fördersituationen sind selten. „Wir sind mit

sive strength of up to 15 MPa is achieved within 24 hours of application. „The shotcrete is very quick setting with no rebound, and the mortar does not require high pressure application,“ said Nakano.

### Continuous Conveyors

Three Robbins fabric belt continuous conveyors are operating simultaneously behind the TBMs, a setup that was the only way to maximize efficiency, according to Nakano: „We considered muck cars and rubber-tired trucks early on, but the tunnel diameter is too small for trucks, and muck cars would take too much time out of the schedule. This is because the diameter is so small; we couldn't make a double track. Conveyor was our only choice. The extension time



Adit 4 Site Manager Andy Birch (Robbins) surveys the excavated tunnel

stopped, requiring downtime for cleaning,“ said Nobuo Suematsu, MCM Co., Ltd.

MCM and DENKA worked with Robbins to create a near-zero rebound L1 shotcrete system to be used as the primary means of ground support. The shotcrete is applied following each TBM stroke in a 2 cm layer directly behind the cutterhead support, and is accompanied by ring beams depending on the ground conditions. Compres-

for the conveyor is very short, so this is a big advantage for us.“The belt is added every 8 to 10 days, a process that takes 10 to 12 hours and is paired with TBM maintenance and cutter inspections.

At the time of writing the conveyors were operating with good availability, averaging at 92 % with few problems. „We like the continuous conveyor because we can bore without interruptions, so we can make

den ständig laufenden Bändern sehr zufrieden, weil wir ohne Unterbrechung bohren können.“, so Chefingenieur Mito von der Shimizu Corporation auf der Baustelle Adit 4.

### Weit auseinanderliegende Baustellen Adit 2 bis 4

Die 3 TVM wurden in Shanghai zusammengebaut und nach Port Klang verschifft, wo sie per Lkw zu den Baustellen transportiert wurden. Die abgelegenste Baustelle – Adit 2 genannt – liegt hoch oben in den dicht bewaldeten Hängen bei Karak, ca. 45 km von Kuala Lumpur entfernt. Die auf der entlegenen Baustelle tätigen Arbeiter berichten, dass sie schon Kobras, Affen und gelegentlich auch Tiger gesehen hätten. Die komplette Versorgung der Baustelle, einschließlich des Materials für die einzubauenden Sohlübbinge, erfolgt über täglichen Lkw-Verkehr. „Einfach alles muss von den anderen Baustellen oder Lieferanten aus der Stadt hergeschafft werden. Bis auf Frischwasser für den Tunnelbau wird hier nichts gelagert“, so Glen Maynard, Baustellenleiter von Robbins in Karak.



The remote cutter monitoring system, which enables continuous tracking of cutter wear, has been installed on 1 of the 3 TBMs

Die Geologie auf der Baustelle Adit 2 zeichnet sich durch verwitterten Granit aus, der pro Minute mit bis zu 13.000 l heißem Quellwasser umspült wird. „Wir haben hier eine Schicht aus verwittertem Gestein. Zusammen mit Zulaufwasser ist das eine Herausforderung, da wir bergabwärts bohren“, so Glen Maynard. Das Konsortium

good progress“, said Mito, Chief Engineer for Shimizu Corporation at the Adit 4 site.

### Wide Ranging Jobsites Adit 2 to 4

The 3 TBMs were assembled Shanghai, China and shipped to Port Klang, where they were

then trucked to each portal location. The most remote of these locations is high up in the densely forested hills near the town of Karak, about 45 km from downtown Kuala Lumpur. Personnel at the remote Karak site, also known as Adit 2, mentioned seeing cobras, monkeys,

[www.pressluft-frantz.de](http://www.pressluft-frantz.de)

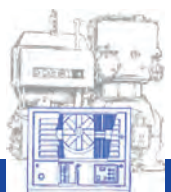
**Wir bieten Druckluftlösungen für den Tunnel- und Spezialtiefbau:**

- Druckluftversorgung für maschinellen und konventionellen Vortrieb
- Druckluftversorgung für Arbeiten in Druckluft
- OEM-Kompressoren für andere Gerätehersteller

**We offer compressed-air solutions for tunnelling and civil engineering:**

- Compressed-air supply for mechanized and conventional tunnelling
- Compressed-air supply for working in compressed-air
- OEM compressors for other machine manufacturers

**PRESSLUFT  
FRANTZ**  
Baumaschinen- und  
Ersatzteilhandels GmbH



Qualität ist kein Zufall

Quality is no coincidence



Innovative shotcrete as a primary liner has saved 52 days thus far on the project schedule, compared with conventional ground support

kombiniert Vorausinjektion mit Spritzbeton, um Mehrausbruch und Wasserzufluss zu minimieren. „Um diese Zuflüsse in den Griff zu bekommen, erweitern wir auch die Kapazitäten unserer Pumpen von 20.000 auf 30.000 l“, so Nakano.

Der Adit-2-Tunnel wird mit einem 10 %-Gefälle durch die Karak-Formation, einem durch ungleichmäßig verwitterten Granit, Ton- und Kalkschiefer mit einer Festigkeit von 200 MPa gekennzeichneten Abschnitt, getrieben. Noch weist das Zuflusswasser eine angenehme Temperatur auf, doch diese könnte in tieferen Schichten bis auf 37°C steigen.

Um Risiken einzugrenzen, führt die SNUI JV ständig Erkundungsbohrungen durch, die durch das vom Konsortium entwickelte und auf allen 3 TVM eingesetzte DRIS-System ergänzt werden. Das DRIS-System berechnet über den Druck am Erkundungsbohrgerät, die Rotationsgeschwindigkeit und andere Parameter die optimale Vortriebsgeschwindigkeit. Die so ermittelte Vortriebsleistung lässt Rückschlüsse auf die vorherrschende Geologie zu. Die Arbeiten auf der Adit-2-Baustelle liegen im Plan, sodass der Durchschlag im 1. Quartal 2013 erfolgen kann. Per März 2012 wurde der Tunnel auf einer Länge von 4,4 km vorangetrieben.

and the occasional tiger in the surrounding areas. Supplies including pre-cast invert segments are trucked to the site each day. “Everything is shipped in from the other jobsites or suppliers in the city. We have nothing stored onsite except fresh water for the tunnel,” said Glen Maynard, Robbins site manager at Karak.

Geology at the Adit 2 site consists of weathered granite with warm water inflows up to 13,000 l per minute from hot springs. “We have a section of weathered rock, and this combined with the water inflows is a challenge because we are tunneling downhill,” said Maynard. The contractor is using spiling methods com-

bined with grouting to reduce over-break and lessen the water inflows. “We are also managing these inflows by upgrading our pumping capacity from 20,000 to 30,000 l,” said Nakano.

The Adit 2 tunnel, at a 10 % downgrade, travels through variable weathered granite up to 200 MPa UCS. While the water is currently a comfortably warm temperature, sections under higher cover could see water inflows approaching 37°C.

To mitigate risks, the SNUI JV has adopted a program of continuous probe drilling, along with a contractor-developed add-on known as the DRIS system, installed on all 3 TBMs. The DRIS





Die Baustellen Adit 3 und 4 liegen südöstlich von Kuala Lumpur im Bezirk Hulu Langat. Die Vortriebsarbeiten auf der Adit-3-Baustelle konnten unter guten Bodenbedingungen aufgenommen werden. Bald stieß man jedoch auf starke Verwerfungen aus relativ weichem Gestein mit einem über 50 m hohen Hohlraum. Auch in diesem Tunnelabschnitt konnte der neuartige Beton, der praktisch nicht mehr ausquillt, erfolgreich eingesetzt werden. Gegenwärtig bohren sich die TVM durch Hartgestein mit einer Druckfestigkeit von über 200 MPa und einem Quarzanteil von mindestens 30 %.

Arbeiter inspizieren täglich den Bohrkopf, um dem abrasiven Gestein zu begegnen. „Wir überprüfen jeden Morgen die Meißel, bestimmen den Verschleißgrad und entscheiden, welche ausgetauscht werden müssen. Wir haben keine Bedenken, wenn wir in den Backloading-Bohrköpfen arbeiten, sie sind ja sicherer als Frontloading-Bohrköpfe. Außerdem lassen sich die Meißel leichter ein- und ausbauen“, so Birch. Bis zum Frühjahr 2012 konnte der Tunnel auf ca. 4,5 km vorangetrieben werden.

Auf der ebenfalls im Bezirk Hulu Langat gelegenen Adit-4-Baustelle wurde mit 721 m pro Monat die höchste Vortriebsgeschwindigkeit erzielt. Auch wenn dort das Gestein eine geringere Festigkeit aufweist, so stößt man dort jetzt auch auf blockiges Gebirge. Im letzten Jahr stieß man bei den Arbeiten auf einen Abschnitt mit komplett verwittertem Gestein, der ebenfalls erfolgreich mit dem neuen Spezialbeton abgesichert wurde.

Trotz dieser Herausforderungen liegen die Arbeiten auf der Adit-4-Baustelle im Plan, der eine Fertigstellung Ende 2012 vorsieht. Bisher wurde ein 6,7 km langer Tunnel in das Erdreich getrieben, was ca. 60 % der geplanten Gesamtlänge entspricht.

#### Qualität im Tunnelbau

Bis zum Frühjahr 2012 wurde das Tunnelprojekt zu über 50 % umgesetzt und liegt im Plan. Im Jahr 2011 zeichnete die malaysische Regierung das Konsortium mit einem Preis für herausragende Leistungen im Bereich Sicherheit und Umweltschutz aus. „Wir sind alle sehr stolz darauf. Wir briefen unsere Teams täglich,

calculates the rate of advance using drill feed pressure, rotation, and other variables, and also infers the rock quality based on the rate of penetration. The Adit 2 site is currently on track for a breakthrough in the first quarter of 2013 - as of March 2012, the TBM had advanced 4.4 km.

Adits 3 and 4 are located southeast of downtown Kuala Lumpur, in the Hulu Langat district. TBM tunnelling at Adit 3 began in good ground conditions, but quickly entered a section of heavily faulted, relatively soft in which a void of more than 50 m high was encountered. The near-zero rebound shotcrete was used successfully to overcome this section. More recently, the TBM has met with rock above

200 MPa UCS, and with at least 30 % quartz content.

To cope with the abrasive rock conditions, crews perform daily cutter inspections. „We measure each cutter using a cutter gage every morning to determine wear and decide which cutters to change. We feel comfortable doing this inside the back-loading cutterhead, which is much safer than front-loading and makes cutter installation easier,“ said Birch. By Spring 2012, the machine had advanced approx. 4.5 km.




Also located in the Hulu Langat area, Adit 4 has seen the fastest advance rates, up to 721 m per month. Though the rock strength is softer in this section, it has the tendency to become



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

## Gemeinsam stärker im Tunnelbau

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

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



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


 **TechnoBochum**

so können wir unseren hohen Sicherheitsstandard halten“, so Maynard. Vor Beginn der Arbeiten führte Robbins Schulungen durch, um alle Beteiligten für den sicheren Umgang mit den TVM fit zu machen. „Unsere Teams arbeiteten mit den Robbins-Leuten zusammen, die ihnen mit fachmännischen Rat zur Seite standen. Unsere Mitarbeiter brachten nur wenig Erfahrung mit. In den Schulungen konnten sie unsere Crew auf den richtigen Umgang mit den Maschinen vorbereiten“, so Nakano.

Die Reinhaltung der Umwelt dank der angewandten Spritzbetonbeförderung war eines der Kriterien für die Preisvergabe. Der Spritzbeton wird in geschlossenen Fahrzeugen ohne Beeinträchtigung der direkten Umgebung transportiert. Laut Birch zeigt der neue Spritzbeton im Vergleich zu herkömmlichen Gemischen gute Bindungs- und stark verringerte Ausdehnungseigenschaften.

Mit der neuen Betonabfuhrtechnik konnte die für den Aushub benötigte Zeit im Vergleich zu konventionellen Erdreichabstützungsmethoden erheblich verringert

werden. In den derzeit abzutragenden Zerrüttungszonen hätten die Maschinen bei Auskleidung mit herkömmlichen Methoden ca. 2 Stunden pro Abbaumeter benötigt. Das hätte sich auf 210 Tage für Abtragung und Abstützung des Klasse-C-Erdreichs summiert. Mit dem neuen Beton, seiner minimalen Ausbreitung und Aufbringungstechnik konnte diese Zeit auf 158 Tage reduziert werden – eine Einsparung von 52 Tagen.

Trotz widriger Bodenverhältnisse und abgelegener Baustellen sind die TVM im Zeitplan. Die SNUI JV ist stolz auf das bisher Erreichte. „Wir kommen mit den TVM wirklich gut voran, aber wir haben noch ein gutes Stück Tunnel vor uns“, so Ohashi. 

blocky and a stretch of completely weathered rock with soil-like ground was encountered during tunnelling last year. Shotcrete was again successful in consolidating this section. Despite challenges, the Adit 4 TBM is on schedule for completion at the end of 2012. The TBM has to date excavated approx. 6.7 km or about 60 % of the tunnel length.


### Quality in Tunnelling

As of Spring 2012, overall tunnelling is more than 50 % complete and proceeding on schedule. In 2011, the contractor also received a recognition award from the Malaysian government, for excellence in safety and environment. “We’re all very proud of the achievement. Crews are well-informed at meetings each day, which goes a long way towards maintaining safe working conditions,” said Maynard. Robbins training classes were also held before the start of the project to instruct operators and the JV on safe TBM operation. “Our crew worked together with the training team, and they gave good professional advice to us,” said Nakano.

Environmental cleanliness was in part recognized because of the shotcrete delivery sys-

tem. “The shotcrete offers environmental benefits, because it is transported in sealed cars without exposure to the surroundings,” said Birch. Bonding, according to Birch, has been good and rebound has been minimized compared with standard shotcrete mixtures.

The shotcrete system has so far saved the excavation a significant amount of time compared to conventional ground support. In the somewhat fractured ground conditions currently being encountered, the machines would have required an estimated 2 hours of ground support work per excavated meter with conventional methods. This would have added up to 210 days to excavate and support the type C ground. With the near-zero rebound system this time has been reduced to 158 days – a time savings of 52 days.

Overall, the TBMs are maintaining their schedule despite difficult ground conditions and remote locations. SNUI JV is proud of the accomplishments to date. “So far, the TBMs have had pretty good performance, but we still have much of the tunnel remaining,” said Ohashi. 

 **PROFIL**  
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG  
**fachbuchtipp**

Profil –  
Buchhandlung im Bauverlag  
Bauverlag BV GmbH  
Avenwedder Str. 55  
33311 Gütersloh  
Tel.: +49 (0) 5241/80-88 957  
Fax: +49 (0) 5241/80-60 16

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



### Bau-Marketing

Grundlagen, Anwendung, Beispiele  
Sammy Ziouziou  
2010 Oldenbourg Verlag  
ISBN 978-3-486-59008-1  
EUR 24,80

Bauunternehmen erwirtschaften heute einen wachsenden Anteil ihres Umsatzes durch baunahe Dienstleistungen. Sie generieren zudem einen hohen Anteil ihrer Gesamtbauleistungen außerhalb Deutschlands. Diese sukzessive Veränderung des Leistungsportfolios geht in den meisten Bauunternehmen mit einer wachsenden Bedeutung des Marketings einher.

Bestellen Sie online unter: [www.profil-buchhandlung.de](http://www.profil-buchhandlung.de)

# Einflüsse auf Tübbingschäden

Schäden an Tübbingen sind oftmals mit zeitaufwendigen und dementsprechend auch kostenintensiven Reparaturarbeiten verbunden. Diese Reparaturen behindern den Arbeitsablauf und haben negative Auswirkungen auf das Projektergebnis. Die Auswirkungen können reduziert werden, wenn die einzelnen Einflüsse auf Tübbingschäden erkannt und somit auch vermieden werden.

## 1 Einleitung

Tübbinge stellen für das fertige Bauwerk im maschinellen Tunnelbau die tragende Konstruktion dar. Daraus resultieren hohe Anforderungen sowohl an die Fertigung als auch an den Transport und den Einbau der Tübbinge. Die Tübbinge müssen für die auftretenden geostatischen sowie auf die spezifischen Vortriebslasten bemessen werden. Durch lokale Überbeanspruchungen kommt es zu Schäden an Tübbingen. Die Folge sind Risse, Abplatzungen und Undichtigkeiten, deren Sanierung nicht nur zeitaufwendig, sondern auch sehr kostenintensiv sein kann. Daher gilt es im gesamten Erstellungsprozess, von der Tübbingfertigung bis zum Einbau, die Schadensquote zu minimieren. Die auftretenden Schäden lassen sich hinsichtlich der Schadensursache in innere und äußere Einflüsse unterteilen.

## 2 Innere Einflüsse

### 2.1 Fertigungstoleranzen

In der Fertigung ist darauf zu achten, dass die Schalungen den hohen Anforderungen an die Formschlüssigkeit

**Tim Babendererde**, Babendererde Engineers GmbH, Bad Schwartau/D  
**Christian Hahn**, Babendererde Engineers GmbH, Bad Schwartau/D  
[www.babeng.com](http://www.babeng.com)

der Segmente gerecht werden. Entsprechen bereits die Schalungen nicht den in der Planung und Berechnung angesetzten Abmessungen der Tübbinge, sind alle in diesen Schalungen gefertigten Tübbinge nicht mit der Planung kompatibel. Die Formschlüssigkeit des gesamten Rings ist in diesem Fall nicht gegeben, so dass es zu Spannungsspitzen in lokalen Bereichen kommt, die in Abplatzungen und Rissen resultieren. Die ZTV-ING gibt hierfür Toleranzen an, die sowohl in der Berechnung angesetzt werden müssen, als auch bei der Fertigung einzuhalten sind. Durch eine regelmäßige Überprüfung der Tübbingschalung und auch der betonierten Tübbinge ist sicherzustellen, dass diese Toleranzen in der Fertigung eingehalten werden und die Formschlüssigkeit der Segmente erreicht wird.

### 2.2 Betonqualität

Neben der Formschlüssigkeit ist die einzusetzende Betonqualität während der Fertigung

# Influences on Segment Damage

Damage to segments is frequently associated with time-consuming and in turn correspondingly cost-intensive repair work. Such repairs hamper work progress and exert negative effects on the outcome of the project. The effects can be reduced if the individual influences on segment damage are identified and in turn avoided.

## 1 Introduction

Segments represent the bearing structure for the finished product in mechanised tunnelling. This fact results in high demands both on manufacturing as well as on transporting and installing the segments. The segments must be dimensioned to cope with the geostatic as well as the specific driving loads that occur. Local overstressing results in damage to segments. This causes cracks, spalling and leakages, to repair which can be both time-consuming as well as cost-intensive. Thus it is essential during the entire development process, from manufacturing the segment to its installation, to minimise the damage quota. The occurring damage can be divided into internal and external influences as far as the cause of damage is concerned.

## 2 Internal Influences

### 2.1 Manufacturing Tolerances

Care should be taken during manufacturing to ensure that the formwork corresponds to the high demands placed on the precise form of the seg-

ments. Should the formwork not correspond to the segment dimensions applied during planning and computation then all the segments cast in this formwork are incompatible with planning. The precise form of the entire ring fails to exist in this case so that stress peaks arise locally, which result in spalling and cracks. The ZTV-ING provides tolerances for this, which must be applied during the calculation stage as well as adhered to during manufacturing. Thanks to a regular inspection of the segment formwork as well as the concreted segments it must be assured that these tolerances are adhered to during manufacturing and that the precise form of the segments is arrived at.

### 2.2 Concrete Quality

Apart from the precise form the concrete quality used during manufacturing is decisive. As precast concrete parts with special demands segments are subjected to stringent monitoring. It is easy to adhere to the basic conditions governing quality in stationary manufacturing plants although permanent supervision is essential (Fig.1).



Tübbingring bei einem Projekt in Brasilien  
Segment ring at a project in Brazil

entscheidend. Tübbinge unterliegen als Betonfertigteile mit besonderen Anforderungen einer erhöhten Überwachung. Die Einhaltung der qualitätsrelevanten Randbedingungen ist in stationären Fabrikationen leicht einzuhalten, muss jedoch auch permanent überwacht werden (Bild 1).

### 2.3 Positionierung der Bewehrung

Die Betonbeschaffenheit ist nicht nur von der Betongüte, sondern auch im besonderen Maße von der Qualität und der richtigen Position der Bewehrungskörbe abhängig. Die Berechnung und die Herstellung der Bewehrungskörbe erfordert erhebliche Erfahrung und umfangreiches Detailwissen. Bei der Platzierung der Körbe in der Schalung ist eine erhöhte Sorgfalt zur Vermeidung von Lageungenauigkeiten erforderlich. Abstandhalter, die fest an den Körben befestigt werden, dienen als Hilfe bei der Positionierung des Korbes in der Schalung. Von der Verwendung von steckbaren Abstandhaltern ist bei der Tübbingproduktion abzuraten, da diese zum Umklappen neigen und somit die erforderliche

Lagegenauigkeit nicht gewährleisten können (Bild 2). Eine intensive Überwachung ist hier notwendig.

### 2.4 Verdichten des Betons

In Abhängigkeit von der Konsistenz und der Verarbeitbarkeit des Tübbingbetons ist die Verdichtungsenergie zu regeln. Die Verdichtung erfolgt überwiegend durch Außenrüttler. Insbesondere im Dichtungsreich ist auf eine vollständige Vertreibung von Luftporen zu achten, ansonsten kommt es schnell zu einer Unterwanderung des Dichtungsprofils (Bild 3).

## 3 Äußere Einflüsse

### 3.1 Versatz

Äußere Einflüsse hängen in erster Linie mit Mängeln beim Einbau zusammen. Werden die Tübbinge beim Ringbau nicht exakt an die vorherbestimmte Position gesetzt, kommt es zu Versätzen in den Tübbingfugen. Diese können sowohl in den Längsfugen, innerhalb eines Ringes, als auch in den Ringfugen, zwischen 2 Ringen, auftreten (Bild 4). Hier werden im Vorfeld zulässige Toleranzbereiche definiert.

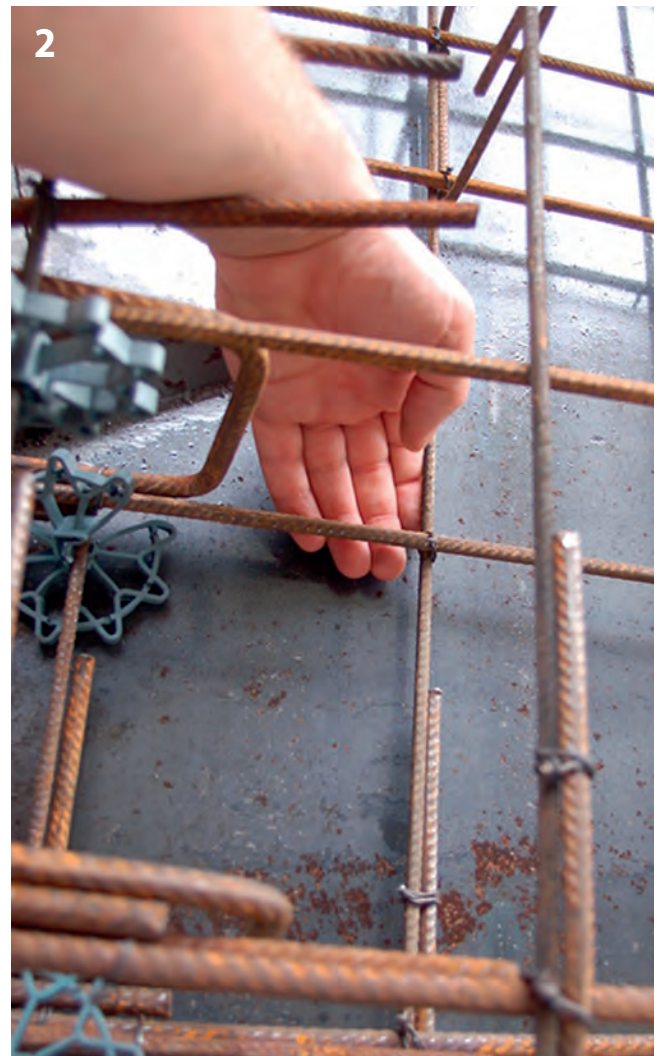
### 2.3 Positioning the Reinforcement

The nature of the concrete depends on the concrete quality and to a particular degree on the quality and the correct position of the reinforcement baskets. Considerable experience and extensive knowledge of detail are necessary for calculating and producing reinforcement baskets. When placing the baskets in the formwork the utmost care must be taken to avoid inaccuracies in positioning. Spacers, which are firmly attached to the baskets, serve as aids for positioning the basket in the formwork. It is advisable

not to use plug-in spacers for segment production as they tend to fold so that the required positional accuracy cannot be assured (Fig. 2). Intensive monitoring is called for here.

### 2.4 Compacting the Concrete

In keeping with the consistency and workability of the segment concrete the compaction energy has to be regulated. Compaction largely ensues via external vibrators. Care must be taken to ensure that air pores are completely eliminated particularly in the sealing area otherwise the sealing gasket can quickly become negatively affected (Fig. 3).



Abgeklappte Abstandhalter in einer Tübbingschalung  
Folded spacer in a segment formwork



3  
Luftporen im Dichtungsbereich  
Air pores in sealing area

Kommt es während der Bauphase zu Überschreitungen dieser Toleranzbereiche, ist in erster Linie die Dichtigkeit der Tunnel gefährdet, da die Dichtungen der einzelnen Tübbingsegmente nicht mehr ausreichend überlappen. Zudem kommt es zu einer Verringerung der Lastübertragungsflächen und



4  
Versatz in der Ringfuge  
Displacement in the ring joint

### 3 External Influences

#### 3.1 Displacement

External influences primarily are linked to faults during installation. If the segments are not

placed in the exactly predetermined position during installation of the ring, the outcome is displacements in the segment joints. These can occur both in



## Moderner Verkehrswegebau

Die wichtigen Verkehrsprojekte der Gegenwart und der Zukunft haben ihre Basis im Zement und dem daraus hergestellten Beton. Denn die kilometerlangen Tunnel für Bahn- und Autobahnstrecken erfordern moderne Baustoffe mit speziellen Eigenschaften.

SCHWENK hat hierfür spezielle Spritzbetonzemente entwickelt: umweltfreundlich und mit hoher Frühfestigkeitsentwicklung nach den strengen Vorgaben der Österreichischen Spritzbetonrichtlinie. Sie ermöglichen einen schnellen Vortrieb und bei entsprechender Verarbeitung die Erfüllung des Wirtschaftskreislaufgesetzes.



# SCHWENK

*Baustoffe fürs Leben*

## SCHWENK Zement KG

Hindenburgring 15 · 89077 Ulm

Telefon: (07 31) 93 41-4 09

Telefax: (07 31) 93 41-3 98

Internet: [www.schwenk-zement.de](http://www.schwenk-zement.de)

E-Mail: [schwenk-zement.bauberatung@schwenk.de](mailto:schwenk-zement.bauberatung@schwenk.de)



Abplatzung an der Erektorführung  
Spalling at the erector guide

somit auch zu einem Anstieg der Spannungen im Tübbing. Die Ursache für solche Versätze beruht überwiegend auf fehlender Erfahrung oder fehlendes Training des Personals. Durch eine konsequente Einweisung der Mitarbeiter lassen sich diese recht leicht abstellen und es ist eine schnelle Lernkurve zu erwarten.

### 3.2 Betonabplatzungen an Erektorführungen

Ein weiteres typisches Mangelbild sind Betonabplatzungen an den Erektorführungen. Ein allgemein gebräuchlicher Tübbing besitzt neben den Einbauten für Dübel und/oder Schrauben eine kegelstumpfförmige Vertiefung mittig auf der Tübbinginnenseite. Die Erektorplatte ist mit einer Zentriernase ausgestattet, die in diese Vertiefung auf der Innenseite hinein passt. So kann sichergestellt werden, dass die Erektorplatte an der richtigen Position ist, wenn sie den Tübbing mittels eines Vakuums ansaugt und hochhebt. Beim Lösen des Vakuums der Erektorplatte kann es bei einer Schubbeanspruchung der Dichtung zu einem Kontakt der

Erektorführung (Erektornase) mit dem Tübbing kommen. Oftmals bricht an dieser Stelle der Randbeton ab (Bild 5). Bei zunehmender Erfahrung des Erektorfahrers wird dieser die Pressen zum seitlichen Verschieben des Tübbings benutzen und die Erektorplatte zentrisch über den Aussparungen halten. Dadurch wird ein schädlicher Kontakt zwischen Erektorplatte und Tübbing vermieden.

### 3.3 Kompression der Dichtung

Nachdem der Tübbing an die richtige Position gesetzt wurde, werden die für den Ringbau abgezogenen Vortriebspressen wieder an den Tübbing angesetzt. Zur Erreichung der Dichtigkeit müssen die Tübbingdichtungen zusammengedrückt werden. Der Erektor kann die notwendige Kraft nicht alleine aufbringen. Zusätzlich ist eine Komprimierung durch die Vortriebspressen erforderlich. Sind die Dichtungsprofile ausreichend komprimiert, wird der Tübbing mit seinen umgebenden Steinen verschraubt. Die eingesetzten Schrauben sollen die Vorspannung bis zu einer ausreichenden Einbettung auf-

the longitudinal joints within a ring as well as in the annular joints between 2 rings (Fig. 4). Permissible tolerance ranges are defined in advance. If these tolerance ranges are exceeded during the construction phase, the tunnel's tightness is principally affected as the seals for the individual segments no longer sufficiently overlap. Furthermore the load transference areas diminish thus also leading to an increase in the stresses within the segment. The reason for such displacements is largely connected with a lack of experience or training of the staff concerned. If workers are instructed properly this is easily be rectified and a rapid learning curve can be anticipated.

### 3.2 Concrete Spalling at Erector Guides

A further typical defect characteristic is concrete spalling at the erector guides. A standard segment generally possesses a conic frustum-shaped indentation in the middle of its inner side in addition to fixtures for dowels and/or bolts. The erector plate is provided with a centring cone, which fits into this indentation on the inner side. In this way it can be assured that the erector plate is in the correct position, when it sucks and lifts the segment via vacuum. If the erector plate's vacuum is released the erector guide (erector cone) can come into contact with the segment in the event of shear stress. Frequently the concrete edge breaks off at this point (Fig. 5). As the erector operator gains experience he will use the jacks to push the segment sideways and hold the erector plate centrally above the recesses. In this way harmful contact between the erector plate and the segment is avoided.

### 3.3 Compressing the Seal

Once the segment is set in the correct position, the driving jacks retracted for constructing the ring are applied to the segment again. The segment gaskets must be pressed together to attain tightness. The erector is not capable of providing the required force on its own. The driving jacks must also apply pressure. Once the sealing gaskets have been sufficiently compressed the segment is bolted together with its surrounding stones. The bolts that are applied should maintain the primary tension until it is adequately embedded. Generally roughly 15 further rings have to be installed before the bolts can be removed. The necessary compressive force is generated by the so-called ring construction pressure of the driving jacks. Should this be inadequate, e.g. because the TBM lurches forward while installing the rings, the bolts must essentially be tightened during the next driving sequence. If the sealing gaskets are not sufficiently compressed, leaks can occur, which have to be subsequently repaired – not an easy task.

### 3.4 Ring Orientation

For the choice of the ring to be installed it is necessary to pursue the principle that ring construction must always follow up the passage of the TBM. Should for example the TBM drive towards the right, no rings possessing orientation towards the left can be installed. If this principle is not observed, contact between the installed ring and the machine's shield tail ensues. Should this occur the outside of the segment is destroyed and usually its front side as well (Fig. 6). As the sealing zone is located on the outside, a complicated repair is involved.



Abplatzung bei Kontakt Tübbing - Schildschwanz  
Spalling given contact between segment and shield tail

rechterhalten. In der Regel sind hierfür ca. 15 weitere Ringe einzubauen, bevor die Schrauben ausgebaut werden können. Die für die Kompression notwendige Kraft wird aus dem sogenannten Ringbaudruck der Vortriebspresen generiert. Sollte dieser zu gering sein, z.B. weil die TBM beim Ringbau nach vorne rutscht, sind die Schrauben während des nächsten Vortriebs unbedingt nachzuziehen. Werden die Dichtungsprofile nicht ausreichend komprimiert, ist mit Undichtigkeiten zu rechnen, die im Nachgang aufwendig saniert werden müssen.

### 3.4 Ringorientierung

Für die Wahl des einzubauenden Ringes ist es erforderlich, den Grundsatz zu befolgen, dass der Ringbau stets der Fahrt der TBM zu folgen hat. Wenn beispielsweise die TBM nach rechts fährt, können keine Ringe mit einer Linksorientierung eingebaut werden. Wird dieser Grundsatz nicht befolgt, kommt es zu einem Kontakt zwischen gebautem Ring und dem Schildschwanz der Maschine. Hierbei wird der Tübbing an seiner Außenseite und meist auch an seiner Vorderseite zerstört (Bild

6). Da sich an der Außenseite die Dichtungsebene befindet, ist eine aufwendige Reparatur erforderlich. Zum Erkennen dieser Schadstellen ist eine Kontrolle der Tübbingvorderseite vor dem Ringbau des neuen Ringes erforderlich.

### 3.5 Ablösen von Dichtungsprofilen

Weiterhin kann in einigen Fällen beim Einschieben des Schlusssteines das seitliche Herausschieben der Dichtung beobachtet werden. Für die Schadensart kommen 2 ty-

Losgelöste Dichtung am Schlussstein  
Loosened seal at the keystone



The front side of the segment must be checked prior to installing the new ring to identify such points of damage.

### 3.5 Detachment of Sealing Gaskets

Furthermore it can be observed that the gasket slips out at the side in certain cases when the keystone is put in position. Two typical causes come in question for the type of damage. First of all the ring can be installed in such a constricted manner that the keystone does not fit into the available gap. Owing to the fact that the keystone must be pressed intensively into the gap, shear stresses result between the sealing gaskets and the segments, which can no longer be sustained by the adhesive with which the gaskets are attached to the segments (Fig. 7). Special attention must be paid to the shield tail air in this respect. Secondly excessively high frictional forces, which can also occur between the gaskets even if the ring construction procedure is undertaken perfectly, can be the cause. A solution is to smear the gasket with lubricating soap.

### 3.6 Load Distribution Plates

Currently the need for load distribution plates consisting of PE, bitumen or hard fibre is subject to controversy. Installing such load distribution plates (Fig. 8) basically fulfils 2 tasks. First of all it is aimed at avoiding a concentration of the driving loads at the centre of the segment and ensuring that the entire thickness of the segment is utilised for uniformly sustaining the load. Secondly minor segment cants are compensated for in this way, without creating direct stress peaks. Regardless of the still ongoing discussion it can be maintained on the basis of the findings obtained from many projects that the damage quota could be substantially reduced in the case of the subsequent introduction of load distribution plates.

### 3.7 Packing

Manually placing wood fibre plates e.g. in the annular gaps to compensate for an uneven ring level is described as packing. Compensating for cants would require an exact allowance and then adapted distribution of the



8  
Lastverteilungsplatten  
Load distribution plates

pische Ursachen in Frage. Zum Einen kann ein zu enges Bauen des Ringes ursächlich sein, so dass der Schlussstein nicht in die zur Verfügung stehende Lücke passt. Durch das dadurch entstehende intensive Hineinpressen des Schlusssteins kommt es zu Schubspannungen zwischen den Dichtungsprofilen und den Tübbing, die nicht mehr von dem Klebstoff, mit dem die Profile an den Tübbing befestigt sind, aufgenommen werden kann (Bild 7). Hier sollte ein besonderes Augenmerk auf die Schildschwanzluft gelegt werden. Zum Anderen können zu hohe Reibungskräfte, die auch bei einem mängelfreien Ringbau zwischen den Dichtungen auftreten können, die Ursache sein. Abhilfe kann das Einfetten der Dichtung mit Schmierseife schaffen.

### 3.6 Lastverteilungsplatten

Derzeit wird die Notwendigkeit von Lastverteilungsplatten aus PE, Bitumen oder Hartfaser kontrovers diskutiert. Der Einbau dieser Lastverteilungsplatten (Bild 8) hat im Wesentlichen 2 Aufgaben. Zum Einen soll eine Konzentration der Vortriebslasten im Tübbingzentrum

vermieden werden und die gesamte Tübbingdicke zum gleichmäßigen Lastabtrag herangezogen werden. Zum Anderen soll so ein Ausgleich von kleineren Segmentverkantungen geschaffen werden, ohne dass unmittelbar Spannungsspitzen entstehen. Unabhängig von der weiterhin andauernde Diskussion lässt sich aus den bei vielen Projekten erzielten Erfahrungen sagen, dass bei den Projekten, die eine nachträgliche Einführung der Lastverteilungsplatten durchgeführt haben, die Schadensquote stark reduziert werden konnte.

### 3.7 Packing

Das manuelle Einlegen von Holzfaserplatten o.ä. in die Ringfugen zum Ausgleich eines unebenen Ringspiegels wird als Packing bezeichnet. Ein Ausgleich der Verkantungen würde ein genaues Aufmaß und dann eine abgestimmte Verteilung der Einlagen erfordern. Bisher ist kein Tunnelvortrieb bekannt, bei dem dieses Packing mit so ausreichender Sorgfalt durchgeführt wurde, dass nachhaltig eine Verbesserung der Situation erreicht wurde. Im Gegenteil



9  
Abplatzungen durch Packing  
Spalling due to packing

inserts. So far there is no tunnel drive known to man in the case of which the packing was executed with such a degree of care that a lasting improvement was attained. On the contrary there are many examples, where considerable damage first ensued following the independent, unscheduled decision to insert wood fibre plates (Fig. 8). Packing is thus contra-productive in practice. Generally the ring construction crew should not be allowed to select material and thickness independently in the first place.

### 3.8 Grouting Medium

Apart from the loads generally exerted on segments by the driving jacks, which can lead to damage, it is also essential to take radial loads resulting from grouting and the rock into account. The grouting mortar must facilitate the ring to be embedded uniformly and is partially applied statically for this purpose. Towards this end it is essential that the grouting mortar is evenly distributed around the ring (Fig. 10). In the case of water impermeable soil the removal of water ultimately leads to uneven bedding and possibly to dama-

ge. Two-component mortars are advisable for this kind of soil in general.

### 3.9 Rock Deformation

To round off the picture damage resulting from rock deformations is touched upon. In soft grounds rock deformations very seldom lead to the segments being overloaded as the load distribution is substantially simplified. Through the vault effect in such soils generally speaking a uniform load for the segmental shell ensues.

For hard rock drives on the other hand depending on the nature of the rock (e.g. fissuring) highly varying and quickly changing load states can act on the tunnel support. As a result this type of load must be lent far greater consideration during planning and execution in hard rock.

## 4 Summary

Damage occurring to segments can effectively be split up into external and internal influences. By means of regular monitoring and testing of production, damage resulting from internal influences can be avoided during the manufacturing process. External damage effects largely occur during transport and when the seg-



gibt es viele Beispiele, bei denen durch die selbstständige, ungeplante Entscheidung zum Einlegen der Holzfaserverplatten erhebliche Schäden überhaupt erst entstanden sind (Bild 9). Packing ist daher in der Praxis kontraproduktiv. Das von der Ringbaumannschaft selbstständige Auswählen von Material und Dicke sollte generell untersagt werden.

### 3.8 Verpressmedium

Neben den im Wesentlichen durch die Vortriebspresen hervorgerufenen Tübbingbelastungen, die zu Schäden führen können, ist auch eine Betrachtung von radialen Lasten durch die Verpressung und durch das Gebirge erforderlich. Der Verpressmörtel soll eine gleichmäßige Bettung des Ringes ermöglichen und wird teilweise auch statisch dafür angesetzt. Hierfür ist es erforderlich, dass der Verpressmörtel gleichmäßig um den Ring verteilt wird (Bild 10). Bei einem wasserundurchlässigen Boden führt das Absetzen des Wassers auf Dauer zu ungleichmäßiger Bettung und damit eventuell zu Schäden. Bei dieser Art von Böden sind im Allgemeinen Zweikomponenten-Mörtel zu bevorzugen.

### 3.9 Gebirgsverformung

Der Vollständigkeit halber sei auch die Schadensursache durch Gebirgsverformungen angesprochen. Gebirgsverformungen führen in Lockerböden sehr selten zu einer Überbelastung der Tübbinge, da die Lastverteilung wesentlich vereinfacht ist. Durch die Gewölbewirkung in diesen Böden entsteht in der Regel eine gleichmäßige Belastung für die Tübbingschale.



Verpresster Ringspalt  
Grouted annular gap

Bei Hartgesteinsvortrieben können hingegen je nach Beschaffenheit des Gebirges (z.B. Klüftigkeit) stark variierende und schnell wechselnde Belastungszustände auf den Tunnelausbau wirken. Aus diesem Grund muss bei der Planung und der Ausführung im Hartgestein diese Art der Belastung wesentlich stärker beachtet werden.

### 4 Zusammenfassung

Auftretende Schäden an Tübbing lassen sich gut in äußere und innere Einflüsse unterteilen. Durch eine regelmäßige Überwachung und Überprüfung der Produktion lassen sich bereits während der Herstellung Schäden, die aus inneren Einflüssen resultieren, vermeiden. Äußere Schadenseinflüsse entstehen überwiegend beim Transport und beim Einbau der Segmente. Diese Einflüsse können zumeist durch sorgfältigen Umgang und Einbau minimiert werden. Für den Ringbau sollte der Mannschaft ausreichend Zeit, besonders am Projektbeginn, eingeräumt werden, um so eine schnelle und möglichst schadensfreie Lernkurve zu ermöglichen.

ments are being installed. Such influences can usually be minimised through adopting care during handling and installation. For ring construction the crew should

be provided with sufficient time, especially at the beginning of the project, to facilitate a rapid learning curve as devoid from faults as possible.



**ELKUCH BATOR**

Elkuch Bator | Herzogenbuchsee | www.elkuch.com | T +41 62 956 20 50

Tunnel Tore von Elkuch Bator.

Für höchste Anforderungen.  
Strengstens erprobt.  
Zum Beispiel am Lötschberg  
und Gotthard Basistunnel.

Zur Sicherheit!

## Beobachtungsmethode in der Geotechnik – Verknüpfung von Messung und Simulation

Innerstädtische, geotechnische Bauvorhaben sind mit Risiken, wie der möglichen Schädigung bestehender Bebauung, verbunden. Die notwendigerweise ungenaue Kenntnis des Baugrundes im Vorfeld der Baumaßnahme bildet eine maßgebliche Ursache für das Bestehen derartiger Risiken. Die Beobachtungsmethode nach DIN 1054 definiert die normative Grundlage einer stetigen Verbesserung der über den Baugrund verfügbaren Informationen während der Bauausführung. Durch den Rückfluss der so verbesserten Planungsgrundlage in den Bauprozess können Schädigungsrisiken und andere Gefahrenpotenziale vor Eintritt erkannt und die Baumaßnahme optimiert werden. Kernelement der vorgestellten Methodik bildet die Verknüpfung einer automatisierten, messtechnischen Aufnahme des Baugrundverhaltens und dessen Prognose unter Anwendung numerischer Simulationsmodelle. Der Beitrag basiert auf ersten Ergebnissen des Verbundforschungsprojekts GeoTechControl ([www.geotechcontrol.de](http://www.geotechcontrol.de)).

### 1 Motivation und Hintergrund

Grundlage von Planungen geotechnischer Baumaßnahmen ist neben den bauwerksspezifischen Anforderungen an die Nutzung, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit die aufgenommene geologische Situation. Von ihr hängen der Entwurf der Tragstruktur des Baukörpers und dessen Bemessung ebenso wie

**Dr.-Ing. Felix Nagel, Dr.-Ing. Ingo Spohr, Dr.-Ing. Ludger Speier;**  
ZERNA Planen und Prüfen GmbH, Bochum/D  
[www.zerna.eu](http://www.zerna.eu), [www.geotechcontrol.de](http://www.geotechcontrol.de)

die Wahl der zur Durchführung der Baumaßnahme geeigneten Herstellungsverfahren ab. Die während des Bauwerks- und Verfahrensentwurfs für die Planung nutzbaren Informationen über den Baugrund sind zwangsläufig mit Unsicherheiten behaftet. Die Anzahl

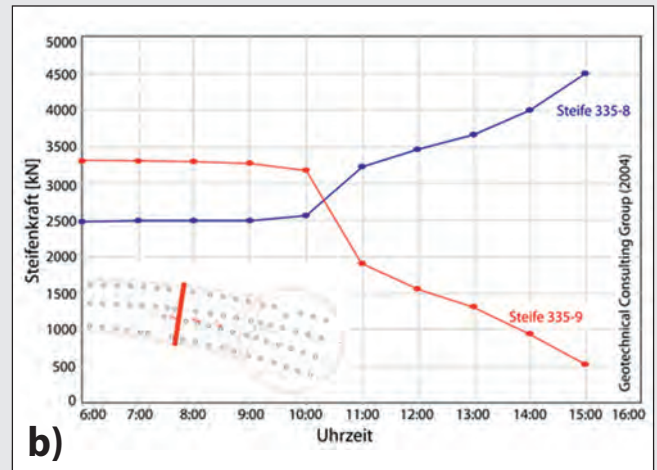
## Observation Method Geotechnics – Interlinking Measurements and Simulation

Urban, geotechnical construction projects are associated with risks such as possible damage to existing buildings. Necessary exact awareness of the subsoil prior to the construction scheme represents a determining cause for the existence of such risks. The observation measure according to DIN 1054 defines the norm-based principle for ongoing improvement of the information available about the subsoil as the project progresses. Thanks to the fact that the improved basis for planning is incorporated in the construction process risks of damage and other potential dangers can be identified prior to their occurrence and the construction measure optimised. The core element of the presented methodics relates to interlinking an automated, measurement technical recording of the subsoil conditions and the resultant prognosis taking avail of numerical simulation models. The report is based on initial results from the GeoTechControl joint research project ([www.geotechcontrol.de](http://www.geotechcontrol.de)).

### 1 Motivation and Background

The recorded geological situation represents the basis for planning geotechnical construction measures alongside the structural-specific demands on utilisation, suitability and sustainability. The design of the bearing

structure for the building and its dimensions as well as the choice of the production methods suitable for carrying out the scheme depend on them. The information relating to the subsoil that is of use during the conception of the structure and the methods is out of sheer necessity full of uncertainties. The number of exploratory drill holes is restricted and is only capable of providing an incomplete picture of the ge-



Nicoll Highway Collapse (Circle Line/Singapur, 20. April 2004; COI, 2005): a) Baufeld ca. 8 Minuten nach der Havarie und b) aufgenommene Steifenkräfte in der Baugrube. Zu erkennen ist eine signifikante Entwicklung der Steifenkräfte bereits 4 h vor Eintritt der Havarie

Nicoll Highway collapse (Circle Line/Singapore, April 20, 2004; COI, 2005): a) site roughly 8 minutes after the incident and b) stiffening forces recorded in the excavation pit. A significant development of the stiffening forces already 4 hours prior to the incident can be distinguished

der Aufschlussbohrungen ist begrenzt und kann bei der natürlichen Heterogenität des Baugrundes nur ein unvollständiges Bild von dessen Geometrie sowie der Variabilität der Bodenparameter innerhalb der Schichtgrenzen vermitteln. Des Weiteren weichen die aus Beprobungen gewonnenen Baugrundkennwerte aufgrund der Störung der entnommenen Bodenproben und des Skalenschiedes zwischen Probe und Baugrundsicht mehr oder weniger stark vom tatsächlichen Baugrundverhalten ab. Um das angestrebte Sicherheitsniveau zu erreichen erfolgt der Bauwerksentwurf daher vor dem Hintergrund einer mit Unsicherheiten behafteten Baugrundaufnahme für Parameterbereiche, die sogenannten oberen und unteren charakteristischen Werte.

### 1.1 Risiken geotechnischer Baumaßnahmen

Trotzdem dieses Vorgehen in der Regel einen überbemessenen Tragwerksentwurf zur Folge hat, kommt es bei geo-

technischen Bauvorhaben immer wieder zu spektakulären Schadensfällen (Bild 1; Wannick, 2007; COI, 2005). Insbesondere dann, wenn einzelne Versagensmechanismen während der Planung nicht richtig erkannt wurden bzw. aus der Baugrundaufnahme nicht erkannt werden konnten.

Weiter besteht ein wesentliches Hauptelement komplexer geotechnischer Baumaßnahmen darin, dass eine Vielzahl verschiedener Spezialtiefbau- und Tunnelbauverfahren kombiniert werden. Insbesondere bei innerstädtischen Baumaßnahmen kommt es dabei immer wieder zum Abwägungsprozess zwischen der Durchführung von prophylaktischen Sicherheitsmaßnahmen mit den damit verbundenen Beeinflussungen des Baugrunds und der Auswahl reaktiver Maßnahmen, die lediglich im Bedarfsfall angewandt werden.

Zum Einen besteht die Anforderung an eine Baumaßnahme die Auswirkungen auf die Umgebung, insbesondere im innerstädtischen Bereich auf

ometry as well as the variability of the soil parameters within the layers of strata. Furthermore the characteristic values pertaining to the subsoil derived from such investigations to a certain extent fluctuate from the actual subsoil conditions owing to the soil samples being disturbed upon removal and the difference in scale between the sample and subsoil layer. In order to attain the desired safety level the structural draft is thus based on a subsoil recording for parameter areas, the so-called upper and lower characteristic values.

### 1.1 Risks of geotechnical Construction Measure

In spite of the fact that this procedure generally results in an over-dimensioned structural design, spectacular cases of damage constantly result during geotechnical construction schemes (Fig. 1; Wannick, 2007; COI, 2005). Especially whenever individual failure mechanisms are not correctly identified during planning or could not be identified from the subsoil recording.

In addition an essential main element of complex geotechnical construction measures

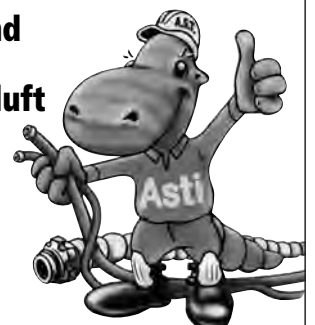
## A.S.T. Bochum

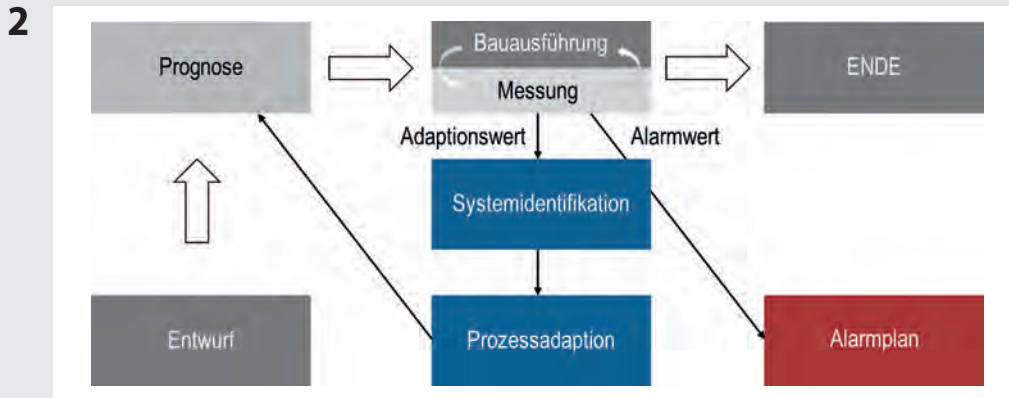
Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik

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





Rückfluss der Informationen aus messtechnischer Beobachtung in den sequentiellen Bauablauf (dunkelgrau) im Rahmen der Beobachtungsmethode

Flowback of the information from measurement technical observation in the sequential construction cycle (dark grey) within the scope of the observation method

die angrenzende Bebauung, zu minimieren. Diese Minimierung ist häufig mit dem Vorsehen von weiteren geotechnischen Baumaßnahmen verbunden und bedeutet so zum Anderen einen Eingriff in die Baugrundstruktur und damit eine Änderung der Bodeneigenschaften. Diese beeinflussen in der Regel wieder die Bauverfahren.

Insofern ist eine konsequente Risikobetrachtung unter Einbezug aller Risikokomponenten bei geotechnischen Maßnahmen mit einer systematischen Gefährdungsidentifikation, einer umfassenden Ermittlung der aus dem Eintreten einer solchen Gefährdung resultierenden Folgen und Auswirkungen sowie einer konsequenten Planung von Sicherheitsmaßnahmen unerlässlich. Zielführend ist ein solches Risikomanagement nur, wenn es während der Bauausführung weiterverfolgt wird, und die Erkenntnisse, die gewonnen werden in die Anpassung des Konzeptes einfließen.

### 1.2 Informationsgewinn durch Beobachtung

Mit der Beobachtungsmethode definieren die DIN 1054 (Bau-

grund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau) und der EC 7 die normative Grundlage für eine Adaption von Bauverfahren und Baumaßnahmen an das während des Baufortschrittes beobachtete Baugrundverhalten (Gudehus, 2004). Die Beobachtungsmethode kann somit gezielt eingesetzt werden, um die in der Planungsphase noch ungenaue Aufnahme der Baugrundsituation durch die Beobachtungen während der Baudurchführung zu verbessern und die Baumaßnahme entsprechend der neuen Erkenntnisse zu adaptieren und im Sinne einer Risikominimierung eingesetzt zu werden. Voraussetzung hierfür ist die Möglichkeit, durch das Einleiten von Maßnahmen der Gefahrenabwehr bzw. der Ausführungsadaption während der Bauphase auf das beobachtete Baugrundverhalten reagieren zu können.

### 2 Stand der Technik

Im Rahmen konventioneller Tunnelvortriebe ist der die Beobachtungsmethode kennzeichnende Regelkreis aus Baufortschritt, Beurteilung

consists of ensuring that a large number of different special foundation engineering and tunnelling methods are combined. Particularly for urban construction schemes there is always a process of considering whether prophylactic safety measures with the related influencing of the subsoil should be embarked on or whether to select reactive measures, which should only be applied in a case of need.

First and foremost it is demanded of a construction measure that any negative effects on neighbouring buildings in the surrounding area, especially in an urban one, should be minimised. This minimising process is often linked to the introduction of further geotechnical construction measures and thus on the other hand denotes intervention in the structure of the subsoil and in turn a change in the properties of the soil. These for their part generally influence the construction methods.

As a result consistent risk observation taking all risk components into account for geotechnical measures is essential involving systematic danger identification, extensive investi-

gation of the consequences and effects resulting from such dangers quite apart from the logical planning of safety measures. Risk management of this nature is only successful if it is followed up during execution of construction quite apart from ensuring that the findings obtained are incorporated in adapting the concept.

### 1.2 Gaining Information through Observation

The DIN 1054 (Subsoil – Safety Proofs in Earthworks and Foundation Engineering) and the EC 7 define the observation method as the normative principle for adapting construction methods and construction measures to the subsoil behaviour observed as construction progresses (Gudehus, 2004). The observation method can thus be purposively applied to improve the still inaccurate recording of the subsoil situation during the planning phase through observations and to adapt the construction measure in keeping with the new findings and apply this in the interests of minimising risks. The prerequisite here is the possibility to be able to react to the observed subsoil behaviour by introducing measures for curbing danger or adapting execution during the construction phase.

### 2 Stage reached by Technology

Within the scope of conventional tunnel drives the cycle governing the observation method of construction progress, evaluation of the subsoil condition and adaptation of the construction process represents an integral component of the construction method (Moritz and Schubert, 2009).

des Baugrundverhaltens und Anpassung des Bauprozesses integraler Bestandteil der Konstruktionsmethode (Moritz und Schubert, 2009).

Für Baumaßnahmen im innerstädtischen Bereich mit erhöhtem Schädigungsrisiko, wie zum Beispiel tiefe Baugruben oder der Tunnelunterfahrung von vorhandener Bausubstanz, ist die großflächige Beobachtung kritischer Messpunkte und -größen Stand der Technik. Autarke Messsysteme, Methoden zum automatisierten Einlesen der aufgenommenen Messdaten in zentrale Datenbanken, zu deren Auswertung und Visualisierung sowie der automatischen Benachrichtigung im Alarmfall sind kommerziell

verfügbar (z.B. Maidl, 2008, Chmelina und Rabensteiner, 2010). Zunehmend werden dabei auch Internettechnologien eingesetzt, um die Ergebnisse den unterschiedlichen Projektbeteiligten ohne Zeitverzug verfügbar zu machen.

Während für die messtechnische Aufnahme und Kontrolle kommerzielle Programme verfügbar sind, ist die Kopplung zwischen simulationsbasierter Vorhersage des Baugrundverhaltens und dessen messtechnischer Aufnahme Gegenstand von Forschung und Entwicklung. Numerische Berechnungsverfahren sind mittlerweile ein fester Bestandteil der Ingenieurpraxis (z.B. Nagel, Stascheit, und Meschke, 2010).

For construction measures in urban areas involving an enhanced risk of damage such as for example deep construction pits or undertunnelling existing buildings, the large-scale observation of critical measurement points and parameters is state of the art. Self-sustaining measurement systems, methods for the automated importing of the recorded measurement data in central data banks as well as for evaluating and visualising them and automatic notification in the event of alarm are commercially available (e.g. Maidl, 2008, Chmelina and Rabensteiner, 2010). Internet technologies are being applied increasingly so that the results are made available to those involved in the project without delay.

Although commercial programmes are available for measurement technical recording and control, the coupling of simulation-based prediction of the subsoil behaviour and its measurement technical recording is something still being looked into by research and development. Numerical computational methods are in the meantime an established component of engineering practice (e.g. Nagel, Stascheit and Meschke, 2010).

### 3 The Observation Method after DIN 1054

The observation method complements the sequential construction cycle consisting of planning and execution through the flowback of the findings obtained



- **Backfilling (one or two components)**
- **Pre-excavation grouting**
- **Post/consolidation grouting**



- High-Shear Mixers up to 2500 litres
- Grout pumps up to 200 bar
- Pressure and flow recording systems
- Compact grout plants
- Bentonite modules for microtunnelling
- Fully automated grout plants
- Backfill systems for one or two component grouts



### 3 Die Beobachtungsmethode nach DIN 1054

Die Beobachtungsmethode ergänzt den sequentiellen Bauablauf aus Planung und Bauausführung durch den Rückfluss der während des Baufort-

schrittes gewonnenen Erkenntnisse in die Planung (Bild 2). Der Normtext (DIN 1054: 4.5 (1)) spezifiziert das dazu erforderliche Vorgehen:

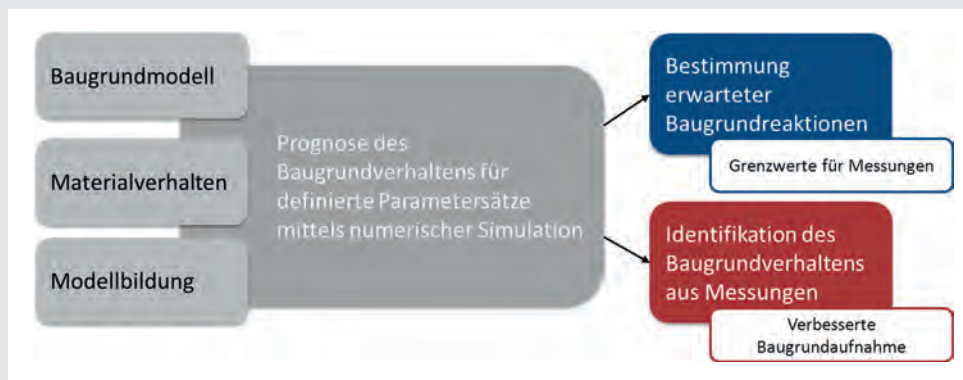
„Die Beobachtungsmethode ist eine Kombination der üb-

during progress in construction into planning (Fig. 2). The norm text (DIN 1054: 4.5 (1)) specifies the relevant procedure:

“The observation method is a combination of conventional geotechnical investigations and

calculations (prognoses) through ongoing measurement technical control of the structure and the subsoil during its production [...], whereby critical situations must be mastered by applying technical measures”.

3



Voraussetzungen und Aufgaben der Prognose des Baugrundverhaltens mittels numerischer Simulation zur computergestützten Umsetzung der Beobachtungsmethode

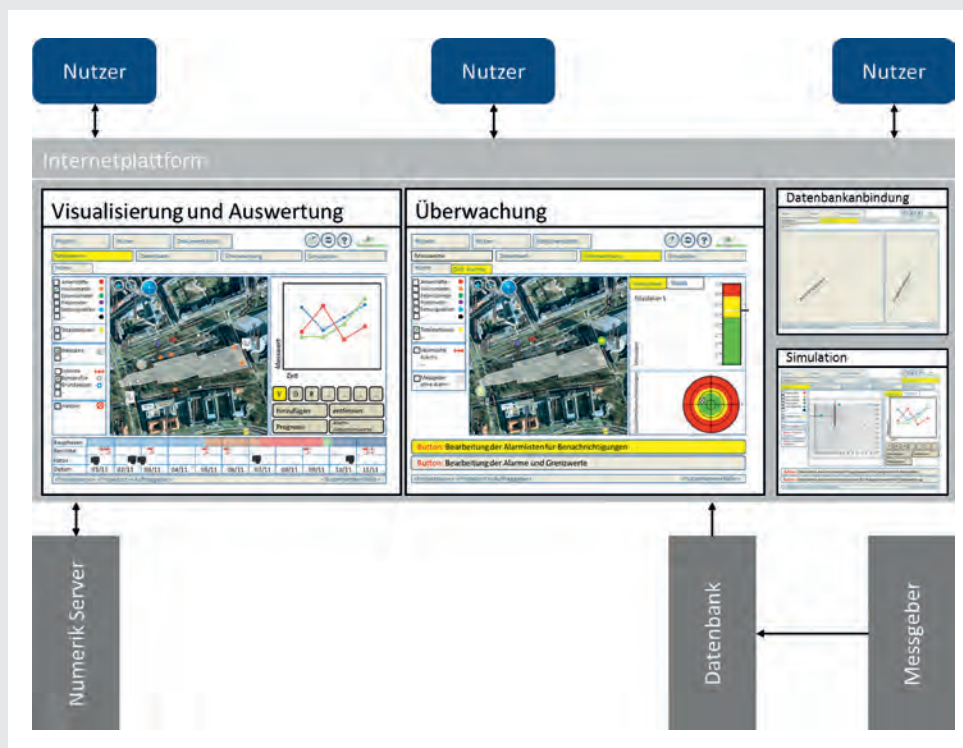
Prior conditions and tasks of the prognosis for subsoil behaviour using numerical simulation for computer-supported application of the observation method

The application of the observation is thus divided into 3 partial tasks:

- Recording the subsoil behaviour during execution of construction (measurement technical control),
- Comparing the subsoil reaction recorded in this way with the expected parameters (prognosis) as well as
- Introducing a reaction to counter danger (measures) in the event of danger.

The norm expressly includes application for optimising the dimensioning.

4



Internetplattform als Mockup mit Einbettung entfernter Services (Numerik Server, Datenbank) und zentraler Kommunikation zu den Nutzern

Internet platform as mock-up with the embedding of remote services (numeric server, data bank) and central communications to the users

All 3 partial tasks call for intensive advance planning and collaboration of those involved in the construction scheme. The applied measurement programme must embrace any deviation in the sensitive parameters in the subsoil parameters on which the planning is based as well as the critical parameters pertaining to damage to the structure and its surroundings. For the observation and interpretation of the measurement data thus recorded first of all a prognosis of the expected subsoil behaviour is required. Measurement value ranges are to be established in keeping with this prognosis, within whose limits validity for the planning assumptions can be presupposed. These limits for the validity of the planning principles are backed up by alarm values, which represent indicators for critical measurement value curves. Apart from the examination of the

lichen geotechnischen Untersuchungen und Berechnungen (Prognosen) mit der laufenden messtechnischen Kontrolle des Bauwerkes und des Baugrundes während dessen Herstellung [...], wobei kritische Situationen durch die Anwendung geeigneter technischer Maßnahmen beherrscht werden müssen.“

Der Einsatz der Beobachtungsmethode gliedert sich somit in 3 Teilaufgaben:

- die Aufnahme des Baugrundverhaltens während der Bauausführung (messtechnische Kontrolle),
- den Vergleich der so aufgenommenen Baugrundreaktion mit den erwarteten Größen (Prognose) sowie
- bei drohender Gefahr dem Einleiten einer Reaktion zur Gefahrenabwehr (Maßnahmen).

Die Norm schließt dabei ausdrücklich den Einsatz zur Optimierung der Bemessung mit ein.

Alle 3 Teilaufgaben erfordern eine intensive Vorplanung und die Zusammenarbeit der verschiedenen an der Bauaufgabe Beteiligten. Das eingesetzte Messprogramm muss sowohl die für eine Abweichung der der Planung zugrunde liegenden Baugrundparameter sensitiven Größen umfassen als auch die für die Schädigung des Bauwerkes und seiner Umgebung kritischen Größen einschließen. Für die Überwachung und Interpretation der dabei aufgenommenen Messdaten bedarf es zunächst einer Prognose des erwarteten Baugrundverhaltens. Entsprechend dieser Prognose sind Messwertbereiche festzulegen, in deren Grenzen von einer Gültigkeit der Planungsannahmen ausgegangen werden kann. Diese Grenzen der Gültigkeit der

limit values accompanying the construction process the possibility of adapting planning as well as introducing measures to counter danger through the construction measure must be assured.

#### 4 Interlinking Measurement Technical Observation and Simulation

Incorporating the prognosis of the subsoil reactions through numerical simulation models takes place in 2 steps for computer-supported application of the observation method. Simulation models can on the one hand be used to determine measurement ranges, in which the planning principles are valid, and on the other the subsoil recording can be improved upon vacating these measurement ranges by recalculating the recorded subsoil behaviour (Fig. 3). Thanks to numerical simulation models the interactions between subsoil and construction process can be depicted in the prognosis and also 3-dimensional, process-related predictions made. Three prior conditions are needed for a reliable prognosis:

1. a subsoil recording, which defines confidence ranges for the individual subsoil parameters
2. a realistic reproduction of the subsoil behaviour
3. Modelling of the entire construction process incl. all partial steps as well as its interactions with the surrounding subsoil.

Once these prerequisites are fulfilled, points of support are formed for the confidence intervals of the subsoil parameters defined in the subsoil

# The future of mobility



## InnoTrans 2012

International Trade Fair for Transport Technology  
Innovative Components · Vehicles · Systems  
18 – 21 September · Berlin · Germany  
[www.innotrans.com](http://www.innotrans.com)



Planungsgrundlagen werden ergänzt durch Alarmwerte, die Indikatoren für kritische Messwertverläufe darstellen. Neben der baubegleitenden Überprüfung der Grenzwerte muss die Möglichkeit einer Planungsadaption sowie des Einleitens von Maßnahmen der Gefahrenabwehr durch das Bauverfahren sichergestellt werden.

#### 4 Verknüpfung messtechnischer Beobachtung und Simulation

Die Einbindung der Prognose der Baugrundreaktionen durch numerische Simulationsmodelle erfolgt für die computergestützte Umsetzung der Beobachtungsmethode in 2 Schritten. Simulationsmodelle können zum Einen genutzt werden um Messbereiche zu ermitteln, in denen die Planungsgrundlagen Gültigkeit besitzen, zum Anderen kann bei Verlassen dieser Messbereiche die Baugrundaufnahme durch Rückrechnung des aufgenommenen Baugrundverhaltens verbessert werden (Bild 3). Mittels numerischer Simulationsmodelle können in der Prognose die Interaktionen zwischen Baugrund und Bauprozess abgebildet und Vorhersagen auch dreidimensional und prozessabhängig getroffen werden. Für eine zuverlässige Prognose bedarf es dreier Voraussetzungen:

1. einer Baugrundaufnahme, die Vertrauensbereiche für die einzelnen Baugrundparameter definiert
2. einer realistischen Abbildung des Baugrundverhaltens
3. der Modellierung des gesamten Bauprozesses inkl. aller Teilschritte sowie seiner Interaktionen mit dem angrenzenden Baugrund.

Unter Erfüllung dieser Voraussetzungen werden nun zur Bestimmung der Messwertbereiche, in denen die Planungsgrundlagen Gültigkeit besitzen, für die in der Baugrundaufnahme definierten Vertrauensintervalle der Baugrundparameter Stützstellen gebildet, für die aus diesen resultierenden Parametersets werden Simulationsläufe durchgeführt und aus der Bandbreite der Ergebnisse die entsprechenden Grenzwerte abgeleitet. Werden diese Grenzwerte während der Bauausführung verletzt, so muss das Baugrundverhalten neu identifiziert werden. Hierzu wird der zu untersuchende Parameterbereich erweitert und analog zum zuvor beschriebenen Vorgehen Simulationen durchgeführt. Der dem Best-Fit zwischen Messwerten und Simulationsergebnissen entsprechende Parametersatz stellt die verbesserte Baugrundinformation dar.

#### 5 Auswertung mittels Internetplattform

Im Rahmen der im Forschungsprojekt GeoTechControl entwickelten Methodik zur Umsetzung der Beobachtungsmethode in der Baupraxis werden die entwickelten Werkzeuge den Nutzern über eine Internetplattform zur Verfügung gestellt (Bild 4). Dies ermöglicht eine zentrale Verarbeitung und Bereitstellung aller Daten und somit einen konsistenten und gleichzeitigen Informationsfluss zu den Beteiligten. Des Weiteren werden hierdurch Informationen und Werkzeuge rechnerunabhängig abrufbar und eine barrierefreie Einbindung entfernter Rechen- und Datenbanksourcen ermöglicht. Über die Internetplattform wird der

recording to determine the measurement value ranges, in which the planning principles possess validity, for which simulation cycles are undertaken from the resultant parameter sets and the corresponding limit values derived from the spread of results. Should these limit values be violated during the execution of construction then the subsoil behaviour must be redefined. Towards this end, the parameter range to be investigated is extended and simulations carried out in similar fashion to the procedure previously described. The parameter set corresponding to the best-fit between the measurement values and simulation results represents the improved subsoil information.

#### 5 Evaluation via Internet Platform

Within the scope of the methods devised by the GeoTechControl research project to apply the observation method in construction practice the developed tools are made available to users via an internet platform (Fig. 4). This facilitates central processing and provision of all data and in turn, a consistent and simultaneous flow of information to those involved. In addition, in this way information and tools are available offline and a barrier-free inclusion of remote computer and data bank resources facilitated. Users are supported in analysing the recorded measurement data via the internet platform: visualisation tools enable the existing measurement data to be presented and evaluated in a lucid manner; critical measurement value cycles can be identified at an early stage thanks to automated examination of and alerting to the defined limit and alarm values.

#### 6 Summary

Thanks to the presented methods for interlinking numerical simulation to forecast the subsoil behaviour and its measurement technical observation a structured, computer-supported application of the observation method is strived for in construction practice. This involves the incorporation of computer-supported methods to evaluate and interpret the recorded measurement data. The results of the measurement technical observation can be interpreted through comparison with prognosed soil reactions regarding the validity of planning assumptions. Thanks to the possibility of system identification by recalculation of the recorded measurement data the available information relating to the subsoil can be constantly improved as construction progresses. The automated evaluation and visualisation of the measurement data enable critical measurement value developments to be identified at an early stage. Through defining suitable limit values in advance of the construction measure by applying established numerical models, the observation method is applied both in an objective and balanced manner. Within the framework of a structured design process, possible deviation scenarios are specified and damage risks identified. Possible planning adaptations and measures to avoid danger are determined and provided in advance of the construction measure.

The consistent application of the observation method by introducing the presented processes and systems currently being developed in the GeoTechControl research project can on the one hand enhance the construction measure's economy whilst retaining the safety level and on



Nutzer bei der Analyse der aufgenommenen Messdaten unterstützt: Visualisierungstools ermöglichen die übersichtliche Darstellung und Auswertung der vorhandenen Messdaten; durch die automatisierte Überprüfung und Alarmierung auf die definierten Grenz- und Alarmwerte können kritische Messwertverläufe frühzeitig erkannt werden.

## 6 Fazit

Durch die vorgestellte Methodik der Verknüpfung numerischer Simulation zur Prognose des Baugrundverhaltens und dessen messtechnischer Beobachtung wird eine strukturierte, computergestützte Umsetzung der Beobachtungsmethode in der Baupraxis angestrebt. Hierbei werden computergestützte Verfahren zur Auswertung und Interpretation der aufgenommenen Messdaten eingebunden. Die Ergebnisse der messtechnischen Beobachtung werden durch den Vergleich mit prognostizierten Bodenreaktionen hinsichtlich der Gültigkeit der Planungsannahmen interpretierbar. Durch die Möglichkeit der Systemidentifikation durch Rückrechnung der aufgenommenen Messdaten können die über den Baugrund verfügbaren Informationen während des Baufortschrittes stetig verbessert werden. Die automatisierte Auswertung und Visualisierung der Messdaten ermöglicht es kritische Messwertverläufe frühzeitig zu erkennen. Durch die Definition geeigneter Grenzwerte im Vorfeld der Baumaßnahme unter Einsatz etablierter numerischer Modelle wird eine objektivier- und abstimmbare Umsetzung der Beobachtungsmethode erreicht. Im Rahmen eines struk-


turierten Entwurfsprozesses werden mögliche Abweichungsszenarien spezifiziert und Havarierisiken identifiziert. Für die Abweichungsszenarien sowie die Havarierisiken werden im Vorfeld der Baumaßnahme mögliche Planungsadaptionen und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr festgelegt und vorgehalten.

Die konsequente Umsetzung der Beobachtungsmethode durch die Anwendung der vorgestellten Prozesse und Systeme die zurzeit im Forschungsprojekt GeoTechControl entwickelt werden kann zum Einen die Wirtschaftlichkeit der Baumaßnahme bei gleichbleibendem Sicherheitsniveau erhöhen, zum Anderen kann die Sicherheit gegen residuale Risiken durch das frühzeitige Erkennen kritischer Messwertverläufe verbessert werden. Durch die Herbeiführung objektiver- und abstimmbarer Entscheidungen im Rahmen des strukturierten Entwurfsprozesses wird ein transparenter Umgang mit den Risiken der betrachteten Baumaßnahme angestrebt.

Der Autor dankt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung dieser Arbeit im Rahmen des Forschungsprojektes KMU-innovativ – Verbundprojekt GeoTechControl - Serviceportal für Überwachung und Prognose Geotechnischer Ingenieurbauwerke (01IS10018B). Neben der ZERNA INGENIEURE GmbH gehören dem Konsortium von GeoTechControl ELE beratende Ingenieure, die TU Dresden sowie FIDES DV-Partner an. 

the other safety against residual risks can be improved through recognising critical measurement value developments at an early stage. Through introducing decisions of an objective and balanced nature within the scope of the structured design process an effort is made to deal with the risks of the observed construction measure transparently.

The author would like to thank the Federal Ministry for Educa-

tion and Research for sponsoring this report financially within the framework of the KMU-innovativ – Verbundprojekt GeoTechControl research project – Service Portal for Monitoring and Prognosis Geotechnical Engineering Structures (01IS10018B). Apart from ZERNA INGENIEURE GmbH the GeoTechControl consortium includes ELE beratende Ingenieure, the TU Dresden and FIDES DV-Partner. 

## Literatur / References

- [1] Chmelina, K. und K. Rabensteiner (2010): Verbesserung der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Tunnelvortrieben durch den Einsatz automatisierter Mess- und Alarmsysteme – Ausführungsbeispiele. Geomechanik und Tunnelbau, 3(2):215-224
- [2] COI (2005): Final Report of the Committee of Inquiry into the Incident of the MRT Circle Line Worksite that Led to the Collapse of Nicoll Highway on 20 April 2004. Presented by Committee of Inquiry to Minister for Manpower on 10 May, Singapore.
- [3] Gudehus, G. (2004): Prognosen bei Beobachtungsmethoden. Bautechnik, 81(1):1-8
- [4] Maidl, U. (2008): Systemverhalten und Prozessoptimierung beim Erddruckschild. Geomechanik und Tunnelbau, 1(3):229-235
- [5] Moritz B. und W. Schubert (2009): Die Umsetzung der Beobachtungsmethode im Rahmen des Geotechnischen Sicherheitsmanagements. Geomechanik und Tunnelbau 2(3):269-281
- [6] Nagel F., J. Stascheit, und G. Meschke (2010): Prozessorientierte numerische Simulation schildgestützter Tunnelvortriebe in Lockerböden. Geomechanik und Tunnelbau, 3(3):268-282
- [7] Wannick, P. (2007): „Tunnel Code of Practice“ als Grundlage für die Versicherung von Tunnelprojekten. Tunnel (8):23-28

# Sofort mehr Raum

... mit mobilen ELA-Lösungen



**ELA**  
Mobile Räume mieten  
www.container.de

ELA Container GmbH · Zeppelinstr. 19-21  
49733 Haren (Ems) · Tel: (05932) 5 06-0



info@container.de

ELA-Kontakt Daten als QR-Code für Ihr Smartphone.

# Umfahrung Lungern: Spritzbetonapplikation auf Kunststoffdich- tungsbahn

Beim Bau der Umfahrung Lungern wurde im Gewölbebereich statt eines Innenringbetons Spritzbeton direkt auf die Abdichtungsfolie (KDB) aufgebracht. Der folgende Beitrag zeigt die Erfahrungen bei der Durchführung auf.

## 1 Überblick

In den Aufweitungen der Umfahrung Lungern/CH wurde, anstatt des Innenringbetons im Gewölbebereich, Spritzbeton direkt auf die Abdichtungsfolien aufgebracht. So ließen sich aufwändige Sonderschalungen vermeiden. Durch das Anbringen von engmaschigen Bewehrungsmatten auf die Kunststoffdichtungsbahn (KDB) konnte der Rückprall stark reduziert werden. Die ganzen Arbeiten, vom Abdichtungsträger über die Installation der Abdichtung bis zum Innenausbau, erforderte von den Beteiligten großes Fachwissen.

## 2 Einleitung

Die Autostraße A8 verbindet die Innerschweiz (Luzern) mit dem Berner Oberland (Thun). Der Ausbau dieser Verbindung soll u.a. den Verkehr vor Naturgefahren (z.B. Steinschlag) schützen, die Reisezeit verkürzen und Dörfer entlang der Straße entlasten. Ein Teil dieser Strecke ist die Umfahrung Lungern, ein 4,25 km langes Bauwerk, das den Verkehr in den Berg verlagert. Der Tunnel selber hat eine

**Markus Jahn**, Sika Services AG, Zürich/CH

Länge von 3,57 km und wird im Gegenverkehr befahrbar sein. Zusätzlich sind zum parallel verlaufenden Sicherheitsstollen 4 Ausstellbuchten vorgesehen und vor dem südlichen Ende des Tunnels ist eine Aufweitung für einen späteren Anschluss an den Brünig-Scheiteltunnel konzipiert. Die voraussichtliche Eröffnung der Umfahrung ist 2012.

### 2.1 Ort beton als Verkleidung

Nach dem Ausbruch im Sprengvortrieb erfolgte der zweischalige Ausbau mit Spritzbetonsicherung und tragender Innenschale. Mittels Kunststoffdichtungsbahnen wurde der Tunnel gegen nicht drückendes Bergwasser im Ableitkonzept abgedichtet. Die Nutzungsdauer ist für die Abdichtung und die Verkleidung auf 80 bis 100 Jahre festgelegt (Bild 1).

### 2.2 Spritzbeton als Verkleidung

In den 4 Ausstellbuchten, in der Aufweitung zum späteren Anschluss an den Scheiteltun-

# Lungern Bypass: Sprayed Concrete Application directly onto Polymer Waterproofing Membranes

In the tunnel widenings for the Lungern bypass sprayed concrete was applied directly onto the flexible polymer waterproofing-membrane (PWM) in the arch area instead of inner lining concrete. The following article shows the experiences by doing this.

## 1 Overview

In the tunnel widenings for the Lungern bypass/CH, sprayed concrete was applied directly onto the flexible polymer waterproofing-membrane (PWM) in the arch area instead of inner lining concrete. This new approach avoided costly special formwork. The amount of rebound was considerably reduced by first installing a fine steel mesh. The whole job from the primary sprayed concrete sealing, through installation of the waterproofing to the inner poured or sprayed concrete linings demanded great expertise from all those involved.

## 2 Introduction

The A8 motorway links central Switzerland (Lucerne area) with the Bernese Oberland (region of Thun). The completion of this link is intended to protect traffic from natural hazards (e.g. rock falls), shorten journey times and relieve traffic pressure on the villages along the road. Part of this section is the Lungern bypass, a 4.25 km long structure which will move traffic into and through

the mountain. The tunnel itself is 3.57 km long and will take two-way traffic. Linked to the main tunnel is parallel a safety tunnel. In the main tunnel are also 4 service bays, and at the southern end of the tunnel a widening has been designed and prepared for a later connection to the Brünig summit tunnel. The bypass is scheduled to open in 2012.

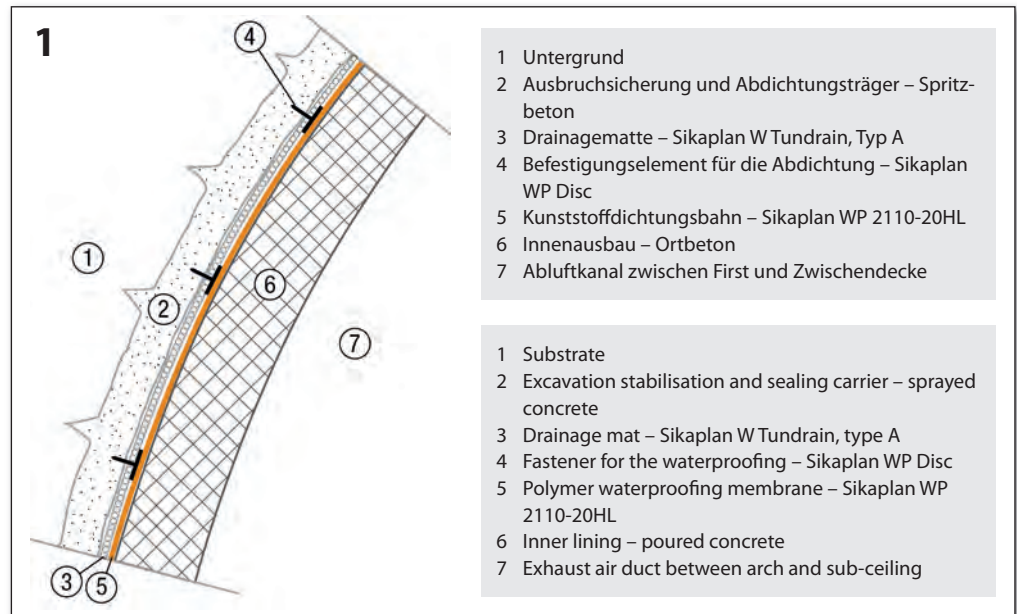
### 2.1 Concrete for lining

Following drill and blast excavation, the double-layer lining was formed by sprayed concrete support and a load-bearing inner shell. The tunnel is sealed against water ingress by polymer waterproofing membranes. The design life for the waterproofing system and the concrete lining is 80 to 100 years (Fig. 1).

### 2.2 Sprayed concrete for lining

In the 4 service bays, the bore for later connection to the summit tunnel and the cross cuts to the safety tunnel, the arch was not lined with concrete as in the standard profile, but was formed with sprayed concrete. However, in the whole tunnel the walls are

nel und in den Querschlägen zum Sicherheitsstollen wurde das Gewölbe (tragende Betoninnenringkonstruktion) nicht wie im Normalprofil mit Ort-beton ausgebaut, sondern mit Spritzbeton hergestellt. Für die Wände hingegen wurde über die gesamte Tunnellänge Ort-beton eingesetzt. Dies brachte auf der einen Seite eine Kosten-einsparung durch den Verzicht von Sonderschalungen für das Gewölbe, andererseits musste auf Unternehmerseite ein großes Fachwissen mitgebracht werden, um diese Arbeiten fachmännisch durchführen zu können. Zum Einen waren Durchdringungen (Befestigungsanker für die Bewehrung) anzubringen und abzudichten und zum Anderen geeignete Vorkehrungen zu treffen, um



Regel-Aufbau des Dichtungssystems im aufgehenden Gewölbe (nicht maßstäblich)

Standard structure of tunnel sealing system in rising arch (not to scale)

den Rückprall zu minimieren. Nach [1] ist die Gewölbeverkleidung im Normalprofil un-

made of poured concrete. On the one hand, this gives a considerable cost saving due to avoiding

costly special formwork, but on the other hand, great expertise is required from the contractor to



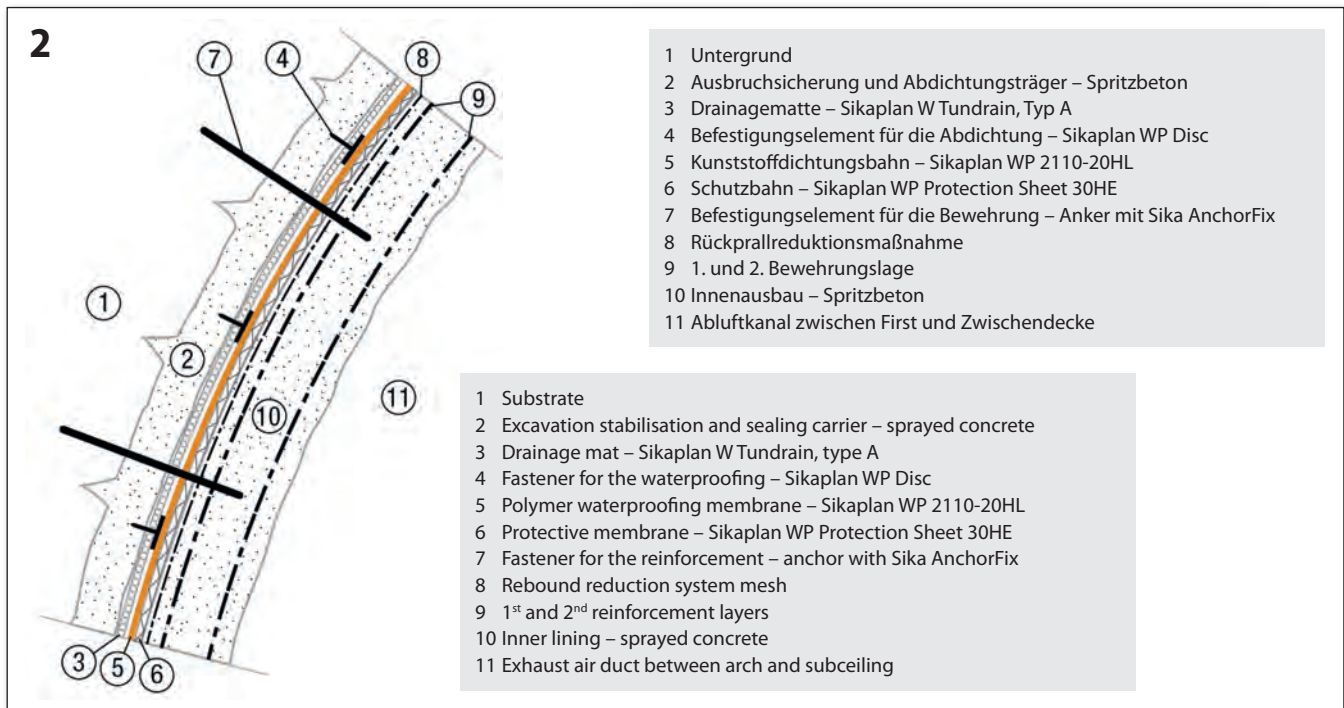
## Wir können es besser. Und wirtschaftlicher.



**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 können es besser – weltweit. Das Vertrauen unserer Kunden beweist es.**

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



Aufbau des Dichtungssystems im aufgehenden Gewölbe bei Aufweitungen (nicht maßstäblich)

Structure of sealing system in rising arch at widenings (not to scale)

bewehrt, jedoch in den Ausstellnischen ist das Gewölbe zu bewehren (Bild 2).

### 3 Systemaufbau

#### 3.1 Schichtaufbau der Ausbruchsicherung

Nach dem Ausbruch wurde der Brustbereich mit Spritzbeton gesichert und zusätzlich im Kalottenbereich mit 5 m langen Reibrohrankern gefestigt. Der weitere Ausbau der Ausbruchsicherung erfolgte im Vortriebsbereich mit 2 Netzlagen und Spritzbeton. Als Abdichtungsträger diente am Schluss eine 3 cm Spritzbetonlage [1, 2].

#### 3.2 Abdichtungsträger

Der Abdichtungsträger ist Systembestandteil der Abdichtung. Für das nachhaltige Gelingen einer dauerhaften Abdichtung werden an diesen hohe Anforderungen gestellt. So soll er rau und unebene Flächen des Untergrundes ausgleichen, um ein faltenfreies und unter-

grundnahes Verlegen der Abdichtung zu ermöglichen. Ziel ist ein spannungsarmer Einbau der Kunststoffdichtungsbahn. Zur Qualitätssicherung werden in den Normen Mindestradius der Ausrundungen, zulässige Unebenheiten und Maximal Korn des Spritzbetons vorgeschrieben. Zudem sollen Zuschlagstoffe nur in Form von

do the job professionally. This is because all of the penetrations must be formed and sealed and at the same time suitable precautions must be taken to minimise the potentially high rebound. Accordingly [1], the arch lining is not reinforced in the standard design profile, but the arch had to be reinforced in the service bays (Fig. 2).

### 3 System structure

#### 3.1 Layer structure of excavation stabilisation

Following excavation the face area was supported with sprayed concrete and additionally this was consolidated in the top heading area by 5 m long friction bolts. Further lining of the excavation stabilisation was then carried out in the heading area with 2 layers of steel mesh reinforcement and sprayed concrete. Finally, 3 cm of sprayed concrete was applied to form the sealing carrier layer for the membrane waterproofing system [1, 2].

#### 3.2 Sealing carrier

The sealing carrier layer is a necessary component of the waterproofing system. To achieve a reliable and durable seal, it has to meet high demands. It has to level the rough and uneven substrate surfaces in order to enable the waterproofing membranes to be laid without creases and tight to the substrate. The aim is



Abdichtungsträger im Bereich der Aufweitung

Sealing carrier layer around the widening

Edelsplitt verwendet werden und die Oberfläche muss frei von hervorstehenden Teilen sein. Ansonsten sind solche Teile mit mindestens 30 mm zu überspritzen [3, 4] (Bild 3).

Die Anforderungen an den Spritzbeton als Abdichtungsträger für dieses Projekt sind gemäß SN 564 272 [3] und Ausschreibung [1]:

1. Keine Stahlfasern an der Oberfläche [3]
2. Mindestradius 0,2 m [3]
3. Verhältnis Bossenabstand zu Bossentiefe  $\geq 10:1$  [3, 1]
4. Schichtdicke des Spritzbetons  $\geq 50$  mm nach [3], wobei nach [1] eine mittlere Dicke von 30 mm vorgeschrieben ist
5. Rautiefe 0 bis 8 mm [1]
6. Spritzbetonklasse SC 2 [1]

### 3.3 Drainierung

Der Spritzbeton der Ausbruchssicherung kann das Bergwasser so verändern, dass Sinter auftritt. Darum ist ein genügend großer Ableitquerschnitt zu bemessen und zementgebundene Drainageschichten

sind zu meiden. Nur bei einer einwandfrei funktionierender Drainage ist sichergestellt, dass kein Wasserdruck auf das Bauwerk einwirkt [3].

Das eingesetzte Sikaplan W Tundrain, Typ A ist eine leistungsfähige Drainagebahn für den Tunnel- und Untertagebau. Das netzartige Geflecht hat eine Dicke von 5 mm und ist aus geschäumtem Polyethylen. Es leitet das Bergwasser druckfrei zwischen dem Abdichtungsträger und der Dichtungsbahn in die Tunnelentwässerung ab. Die Drainagebahn ist einfach zu montieren und passt sich gut dem Untergrund an. Zudem dient sie der Kunststoffdichtungsbahn (KDB) als Schutz gegen Verletzungen durch den Untergrund. Sikaplan W Tundrain wird punktweise mit Stahlbolzen und Kunststofffrondellen (PVC) an den Abdichtungsträger befestigt. Auf den Kunststofffrondellen kann anschließend die Abdichtungsbahn durch Schweißen fixiert werden [8].

low-stress installation of the polymer waterproofing membrane. For quality control, standards specify the minimum radius of the filleting, permissible unevenness and maximum particle (aggregate) size. The aggregates used must be double crushed chippings and the surface must be free from protrusions. Otherwise the areas must be over-sprayed again to a minimum depth of 30 mm [3, 4] (Fig. 3).

The requirements for the sprayed concrete to form a sealing carrier layer for this project according to SN 564 272 [3] and the specifications were [1]:

1. No steel fibres on the surface [3]
2. Minimum radius 0.2 m [3]
3. Boss spacing to depth ratio  $\geq 10:1$  [3, 1]
4. Sprayed concrete layer thickness  $\geq 50$  mm according to [3], but an average thickness of 30 mm being specified in [1]
5. Surface roughness 0 to 8 mm [1]
6. Sprayed concrete class SC 2 [1]

### 3.3 Drainage

The sprayed concrete for the excavation stabilisation can chan-

ge the mountain water so that sintering occurs. Therefore an adequate size of drainage cross-section has to be designed and cement-based drainage layers must be avoided. Only a fully functional drainage system can guarantee that water pressure does not impact on the structure [3].

The Sikaplan W Tundrain, type A was used, which is an efficient drainage membrane for tunnels and other underground structures. The mesh is 5 mm thick and is made of foamed polyethylene. It drains the mountain water under no pressure between the sealing carrier layer and the waterproofing membrane, into the tunnel drainage system. This drainage membrane is easy to install and adapts easily to the substrate. It also acts as protection for the polymer waterproofing membrane against damage from the substrate. Sikaplan W Tundrain is spot fixed to the sealing carrier layer with steel bolts and plastic fixing discs (PVC) [8].



Beschichtung

Brandschutz



## Tunnelarbeiten



Instandsetzung

Reinigung



### 3.4 Abdichtung

Bei Untertagebauten wird eine lange Nutzungsdauer angestrebt, da der Aufwand für Planung und Ausführung groß ist. Des Weiteren wird versucht den Instandhaltungsaufwand gering zu halten. Eine wichtige Voraussetzung um diese Bedingungen erfüllen zu können, ist das Fernhalten von Bergwasser vom Bauwerk. Die Abdichtungen aus Kunststoffdichtungsbahnen werden bei bergmännischen Bauwerken zwischen der bergseitigen Spritzbetonausbruchsicherung und der tragenden Innenschale platziert. Wasserdruck und chemische Zusammensetzung des Bergwassers (Betonangriff) bestimmen die Ausbildung des Dichtungssystems.

Zwei Arten der Abdichtung, die Regenschirm- und Rundumabdichtung [4], werden angewandt:

1. Die Regenschirmabdichtung ist ein Ableitkonzept. Sie dichtet das Bauwerk gegen drucklos zufließendes Bergwasser im Bereich des Gewölbes ab. Die Kunststoffdichtungsbahn endet im Bereich der Ulmenentwässerung. Das Bergwasser wird mittels Drainage- und Entwässerungselementen gefasst und abgeleitet [3, 4]
2. Die Rundumabdichtung ist ein Verdrängungskonzept. Das anfallende Bergwasser wird nicht abgeleitet, sondern das Bauwerk wird gesamthaft abgedichtet [3, 4]

Die geforderte Trockenheit im Bauwerk wird mittels Dichtigkeitsklassen festgelegt. Die Dichtigkeitsklasse für Tunnel ist '1', was 'vollständig trocken' bedeutet. An der Tunnelverklei-

dung sind somit keine Feuchtestellen zugelassen [3].

Die Abdichtung im Tunnel der Umfahrung Lungern ist nach dem Ableitprinzip konzipiert. Das Wasser wird drucklos über eine Drainage und Entwässerungselemente abgeführt. Das Abdichtungssystem besteht aus einer flächigen Drainage und einer lose verlegten Kunststoffdichtungsbahn mit 2 mm Schichtdicke. Die Dichtungsbahn wird punktuell an den Untergrund befestigt. Die Mindestanzahl der Befestigungspunkte ist nach [5] für die Sohle 1, für die Ulmen 2 und die Firste 3 Stück/m<sup>2</sup>. Bei diesen Befestigungen

### 3.4 Waterproofing

A long service life should always be the aim for underground structures because the cost of their design and construction is high. The objective is also to try to keep maintenance costs low. A major requirement for these conditions to be met, is keeping mountain water away from the structure. In conventionally driven tunnel structures, the polymer waterproofing membranes are positioned between the sprayed concrete excavation stabilisation on the mountain side and the load-bearing concrete inner shell. The water pressure and the chemical composition of the mountain water (usually

aggressive to concrete) determine the design of the sealing system.

Two types of waterproofing, a drainage and a water-stopping system [4], are used:

1. The drainage system is a discharge concept. It seals the structure against unpressurised mountain water flowing around the arch. The polymer waterproofing membrane ends in the benched drainage area. The water is collected and discharged by the tunnel drainage and dewatering components [3, 4].
2. The water-stopping system is a displacement concept. The mountain water is not discharged, but kept out, so the structure as a whole is waterproofed [3, 4].

The required dryness in the structure is defined by watertightness classes. The classes for tunnels are '1' or '2', which means 'completely dry'. Therefore damp patches in the concrete are not permitted on the tunnel lining [3].

The tunnel construction of the Lungern bypass tunnel is designed to the discharge concept. This means that the system is a loosely laid polymer waterproofing membrane with a layer thickness  $\geq 2$  mm. The membrane is spot fixed to the sprayed concrete stabilised substrate. According to [5], the minimum number of fixing points per m<sup>2</sup> is 1 for the invert, 2 for the benches and 3 for the arches. The fasteners are steel bolts with plastic discs at their head. The bolts can be driven into the sealing carrier layer and the waterproofing is then hot air welded to the plastic discs. To enable damage due to installation or subsequent works to be detected and repaired, the



Die Drainagematte ist an den Abdichtungsträger mit Rondellen (PVC) befestigt (links). Die Abdichtungsbahn (bergseitig schwarz, luftseitig signalgelb) wird danach an den Rondellen angeschweißt

The drainage mat is fixed to the sealing carrier layer through fixing PVC-discs (left). The waterproofing membrane (black on the mountain side, signal yellow on the air side) is then welded to the discs



Wasserdichter Abschluss der Durchdringung mittels Flansch (Sikaplan Trumpet)

Waterproof connection from penetration to membrane by using of flange (Sikaplan Trumpet)

handelt es sich um Kunststofffrondelle, die mittels Stahlbolzen im Untergrund verankert werden. Mit Treibladungen lassen sich die Stahlbolzen in den Abdichtungsträger schießen und mit Heißluft wird die Abdichtung anschließend an die Kunststofffrondelle angeschweißt. Um Beschädigungen durch das Verlegen oder durch nachfolgende Arbeiten zu erkennen, muss die Dichtungsbahn auf der Tunnelinnenseite mit einer dünnen Signalschicht ausgestattet sein. Bei einer Verletzung der Abdichtung ist die dunkle Unterschicht durch den starken Kontrast sichtbar und die beschädigte Stelle kann repariert werden [3, 5] (Bild 4).

Die verwendete Kunststoffdichtungsbahn Sikaplan WP 2110-20HL ist aus Weich-Polyvinylchlorid. Die homogene, selbstverlöschende und 2 mm dicke Abdichtung besitzt eine gelbe Signalschicht, um Verletzungen erkennbar zu machen. Diese Art von Kunststoffdichtungsbahn zeichnet sich durch die einfache Fügetechnik mittels Heißluft aus. Sie ist zudem hoch flexibel und gleichzeitig widerstandsfähig gegen eine mechanische Beanspruchung [7].

Die Dichtungssysteme sind nach dem Innenausbau des Tunnels schwierig zu reparieren, da sie nicht mehr zugänglich sind. Darum ist während des ganzen Installationsprozesses vom Abdichtungsträger bis zum Einbringen der Innenschale größte Sorgfalt geboten. Wegen der hohen Anforderungen sind für den Einbau auch nur qualifizierte Abdichtungsunternehmen mit entsprechenden Referenzen zugelassen. Weiter dürfen Unterkonstruktion und Schutzschicht die Dichtungsschicht nicht unzulässig verformen und der Innenring muss so betoniert sein, dass die Dichtungsbahn satt am Tragwerk anliegt [3, 4].

### 3.5 Durchdringungen

Die in den Ausstellbuchten vorgeschriebene Bewehrung und das Rückprallgitter sind an Befestigungselementen in Form von Anker zu fixieren. Diese mit Epoxidharz in den Untergrund befestigten Anker werden erst nach dem Anbringen der Abdichtungsbahn installiert und gelten somit als Durchdringungen. Sie dürfen nach [5] die Wirksamkeit der Abdichtung nicht vermindern. Als Übergangsstück von der Kunststoff-

membrane must also be coated on the inside of the tunnel with a signal colour [3, 5] (Fig. 4).

The Sikaplan WP 2110-20HL polymer waterproofing membrane used is made from flexible PVC. The homogeneous, self-extinguishing in fire, 2 mm thick sealing membrane has a yellow signal colour to make any damage detectable. This type of membrane can be simply welded to each other by hot air welding system. It is also highly flexible and yet resistant to mechanical stress [7].

Sealing systems are very difficult to repair after the inner lining of the tunnel is completed, because they are no longer accessible. Consequently extreme care is required throughout the installation process from the sealing carrier layer to placing and finishing of the inner concrete shell. Due to these stringent requirements, only qualified specialist contractors with suitable training and references are allowed to carry out this type of installation. The substructure and protective layers must not unduly deform the waterproofing layer and the inner lining must be concreted in such a way that the waterproofing membrane fits tightly on to the structure [3, 4].

### 3.5 Penetrations

The reinforcement specified in the service bays and the anti-rebound mesh are both fixed to fastening anchors. These are fixed into the substrate with epoxy resin based adhesives and are not installed until after the waterproofing membrane is in position and therefore they represent penetrations. Accordingly [5], they must not reduce the efficiency of the waterproofing and so flanges have to be fitted from the polymer membrane over the anchors and welded to the membrane. The other end of the flange has a watertight connection to the penetrating component by two rustproof clamps and polyurethane-based sealant (Fig. 5) [8].

### 3.6 Protective layers

The protective layers protect the polymer waterproofing membranes from mechanical damage. For waterproofing in underground construction where the concrete inner arch is not reinforced, protective layers are not necessary except around the stopend formwork. But if additional reinforcement is specified, the membrane must always be protected by a protective layer [3, 5].



Ausfahrtsituation mit MSD Druckring, London

Maschinen  
Stahlbau



Dresden  
Niederlassung der Herrenknecht AG

Der Spezialist für Ihren

Tunnelausbau  
und Rolling Stock

Besuchen Sie uns für  
weitere Lösungen unter  
[www.msd-dresden.de](http://www.msd-dresden.de)



MSD Rolling Stock, Palomino

dichtungsbahn an die Anker sind Flanschen anzubringen, welche an die Dichtungsbahn angeschweißt werden. Mit 2 rostfreien Schlauchbriden und Dichtstoff auf Polyurethanbasis wird der Flansch am anderen Ende wasserdicht an das Durchdringungselement angeschlossen (Bild 5) [8].

### 3.6 Schutzschichten

Schutzschichten schützen Kunststoffdichtungsbahnen vor mechanischer Verletzung. Für Abdichtungen im Untertagebau, wo das Betoninnengewölbe nicht bewehrt wird, werden normalerweise keine Schutzschichten eingesetzt außer im Bereich der Stirnabschalung. Ist aber Bewehrung vorgesehen, so ist die Kunststoffdichtungsbahn mittels einer Schutzschicht zu schützen. Diese hat eine Mindestdicke von 3 mm aufzuweisen und muss materialverträglich an die Kunststoffdichtungsbahn anschweißbar sein [3, 5].

Die hier eingesetzte Sikaplan WP Protection Sheet 30HE ist eine 3,0 mm dicke, homogene Kunststoffschutzbahn mit einer geprägten Oberfläche auf Basis von Polyvinylchlorid (PVC). Diese Schutzbahn ist sehr robust gegen äußere Einflüsse und schützt die Kunststoffdichtungsbahn unter anderem vor Verletzungen durch die Montagearbeiten vom Bewehrungsstahl und durch die Spritzbetonapplikation. Zur Fixierung ist die Schutzbahn punktuell an die Dichtungsbahn angeschweißt [7, 8].

### 3.7 Fugenbänder als Injektionsbarrieren

Wie bei einer Innenschale aus Ortbeton können auch beim Ausbau mit Spritzbeton



Schutzbahn (grau) mit Abschottelementen (gelb) und mit Ankern fixierte Rückprallreduktion (Gitter)

Protective sheet (grey) with compartmentalisation sections (yellow) and the rebound reduction (mesh) fixed with anchors

Hohlstellen auftreten. Diese sind nicht mit dem Firstspalt beim Ortbeton vergleichbar, aber sie entstehen, wenn der Spritzbeton des Gewölbes kriecht. Aus diesem Grund wurden im Tunnel Lungern in den Bereichen mit Spritzbetongewölbe Maßnahmen getroffen, um Hohlräume infolge Setzungen der Spritzbetonschale nachträglich verpressen zu können. Dazu sind direkt auf die Schutzbahn injizierbare Fugenbänder angebracht. Diese Fugenbänder (Bild 6) bewirken nach der Injektion, dass geschlossene Felder entstehen, die im Anschluss verpresst werden.

### 3.8 Innenausbau

Zur Rückprallverminderung wurden engmaschige Drahtgitter mit geringem Abstand zur Schutzbahn an den Ankern montiert. Das Einspritzen erfolgte im Raster. Zuerst wurden die Bereiche um die Anker mit Spritzbeton fixiert und danach zu einem Raster miteinander verbunden (Bild 7). Damit vermied man, dass

The Sikaplan WP Protection Sheet 30HE used here is a 3.0 mm thick, homogeneous, PVC based protective polymer sheet with a moulded finish. The sheet is very resistant to external influences and protects the membrane from damage caused by installation of the steel reinforcement, application of the sprayed concrete etc. The protective sheet is spot welded to the waterproofing membrane [7, 8].

### 3.7 Waterbars as injection barriers

As with inner lining concrete, voids can also occur when lining with sprayed concrete. They cannot be compared with the arch gap, but they can be caused if the sprayed concrete on the arch creeps. For this reason measures were taken in the parts of the Lungern tunnel with a sprayed concrete arch to allow for post-grouting after settlement of the sprayed concrete shell. Injectable waterbars were therefore installed directly on the protective membrane. Once injected, these waterbars (Fig. 6) cause closed "compartments" to be produced which are then grouted.

### 3.8 Inner lining with sprayed concrete

To reduce rebound, close wire meshes are installed on the anchors with a low clearance from the protective membrane. The application is carried out in a grid. The points at the anchors are first secured with sprayed concrete, and then these securing points are joined to form a grid (Fig. 7). This prevents the rebound mesh "flapping" and freshly applied sprayed concrete becoming detached. Finally the compartments formed between the grids can be filled to form a full surface layer of sprayed concrete. At the anchors the first reinforcement layer is then fixed together with a spacer for the second layer, which is fixed in turn to the spacers after overspraying of the first layer. The 2nd reinforcement layer then has to be covered with sprayed concrete and the surface has to be correctly levelled.



Rasterweises Einspritzen der Rückprallreduktionsmaßnahme

Grid spraying of the rebound reduction system

### 3.9 Sprayed concrete

The sprayed concrete is applied by the dense-flow wet process using a Sika-PM 500 machine. This double piston concrete pump with an automatic spraying arm has a vertical spraying reach of 17 m. The sprayed concrete had to meet the project specifications and SN 531 198 [6, 1] (Table 1, 2).



das Rückprallgitter flatterte und sich frisch aufgetragener Spritzbeton wieder lösen konnte. Am Schluss wurden die Felder zwischen dem Raster zu einer vollflächigen Spritzbetonlage ausgefüllt. Hierauf erfolgte, auch an die Anker, die Befestigung der ersten Bewehrungslage mit der Abstandhalterung für die zweite Bewehrungslage. Diese wurde wiederum nach dem Einspritzen der ersten Lage an den Abstandhaltern befestigt. Im Anschluss war die 2. Bewehrungslage mit Spritzbeton einzukleiden und die Spritzbetonoberfläche in genügender Ebenheit zu erstellen.

### 3.9 Spritzbeton

Der Spritzbeton wurde im Nassspritzverfahren mittels einer Sika-PM 500 aufgetragen. Diese Beton-Doppelkolbenpumpe ist mit einem automatischen Spritzarm ausgerüstet und hat eine Reichweite von 17 m. Der Spritzbeton hatte die Anforderungen der SN 531 198 [6] und der Ausschreibung [1] zu erfüllen (Tabelle 1, 2).

### 4 Weitere Projekte dieser Art

- Umfahrung Zürich, Hafnerberg/Schweiz, 2002
- Variante Vespuccio El Salto-Kennedy/Chile, 2000
- Tunnel Brisbane/Australien, 2010
- Rettungsstollen Fiecht/Österreich, 2010

### 5 Fazit

Der Ersatz von Innenringortbeton durch Spritzbeton kann als Erfolg betrachtet werden. Die aufwändigen Spezialschalungen konnten vermieden werden und die Bauwerksqualität ist einer Innenringschale aus Ortbeton ebenbürtig, wie es

Anwendung / Application	Spritzbetonklasse / Sprayed concrete class	Druckfestigkeitsklasse / Compressive strength class	Expositionsklasse / Exposure class
Sofortsicherung / Initial support	SC 2	C25/30	X0
Ausbruchsicherung / Excavation stabilisation	SC 3	C25/30	XA1, XD1
Abdichtungsträger / Sealing carrier layer	SC 2	C25/30	X0
Auskleidung / Inner lining	SC 4	C30/37	XA1, XD1


Tabelle 1: Spritzbetonklassen für die verschiedenen Anwendungen

Table 1: Sprayed concrete classes for the different applications

Bestandteil / Component	Einheit / Unit	Menge / Quantity	Art / Type
Zement / Cement	[kg]	400	CEM II A-LL
Wasser/Zement / Water/cement	[]	0.48	
Größtkorn des Zuschlages / Maximum aggregate particle size	[mm]	8	
Fließmittel / Water reducer	[%]	1	SikaTard-203
Beschleuniger / Accelerator	[%]	6	Sigunit-L53 AFS

Tabelle 2: Rezeptur für alle Spritzbetonklassen

Table 2: Formulation for all sprayed concrete classes


Projekte aus der Vergangenheit gezeigt haben (Abschnitt 4). Zum aktuellen Zeitpunkt lässt sich für das Projekt Lungern noch keine Aussage machen, ob sich der Aufwand auch finanziell gelohnt hat. Dies wird erst die Nachkalkulation weisen. Die Erfahrungswerte aus vorhergehenden Projekten zeigen jedoch diesbezüglich ein positives Bild. 

### 4 Other recent projects of this type

- Zurich bypass, Hafnerberg, tunnel bore area, Switzerland, 2002
- Bypass, Vespuccio El Salto-Kennedy, Chile, 2000
- Tunnel, Brisbane Australia, 2010
- Rescue tunnel, Fiecht Austria, 2010

### 5 Conclusions

The replacement of inner lining concrete by sprayed concrete

can be seen as a success. The costly special formwork is avoided and the construction quality is comparable with an inner lining of concrete, as other recent projects have also shown (chapter 4). On the Lungern project, it is not yet possible to say if this alternative method has been financially worthwhile. This has to be calculated after the project finishing. However, the figures from the previous projects completed with this method all paint a positive picture. 

#### Literatur/References

- [1] IG N8 Umfahrung Lungern: Ausschreibung und Angebot Nr. 2 – N8 Umfahrung Lungern HAUPTTUNNEL SPV. 2005
- [2] IG N8 Umfahrung Lungern: Ausschreibungsunterlagen – Teil 3A: Technische Spezifikation Sprengvortrieb. 2005
- [3] SN 564 272: Abdichtung und Entwässerung von Bauten unter Terrain und im Untergrund. 2009
- [4] EAG-EDT: Empfehlungen zu Dichtungssystemen im Tunnelbau. 2005
- [5] BAST ZTV-ING: Teil 5: Tunnelbau – Abschnitt 5: Abdichtung. 2007
- [6] SN 531 198: Untertagebau – Ausführung. 2004
- [7] Lemke S: Worldwide specifications for membranes and joints – state of the art. 2009
- [8] Sika Schweiz AG: Flexible Waterproofing of Tunnels with Sikaplan Membranes. 2010

## Forschung und Entwicklung

## STUVA Nachrichten

## Neues Forschungsvorhaben ESIMAS

Am 19. Januar 2012 fand in der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) die Auftaktveranstaltung zum Verbundprojekt ESIMAS (Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel) statt. Ziel ist die Entwicklung eines innovativen Erkennungs- und Expertensystems, das das Leitstellenpersonal bei der 24-Stunden-Überwachung der Tunnel unterstützt.

Um die Sicherheit der Straßentunnel zu gewährleisten, werden mehr als 400 m lange Tunnel ständig durch eine Tunnelleitzentrale überwacht. Die dort eingehende Flut von Einzelinformationen, wie Kamerabilder und zahlreiche Sensordaten, muss permanent durch das Personal erfasst und beurteilt werden. Das Projekt ESIMAS wird neue Wege aufzeigen, um die Leitstellenmitarbeiter zu unterstützen (Bild 1).

Auf Grundlage der Datenanalyse und -bewertung von ESIMAS können zukünftig sicherheitsrelevante Ereignisse wie ein Brand im Tunnel zuverlässig und rechtzeitig erkannt werden. Im Ernstfall soll



Einsatz von ESIMAS in der Leitzentrale  
Application of ESIMAS in the control centre

ESIMAS dem Leitstellenpersonal sowie den Einsatz- und Rettungsdiensten Handlungsempfehlungen zur Ereignisbewältigung zur Verfügung stellen (Bild 2). Auf Basis dieser Handlungsempfehlungen können Maßnahmen schnellstmöglich und gezielt durchgeführt werden.

Der innovative Ansatz von ESIMAS besteht in der ganzheitlichen Betrachtung aller Einzelinformationen und ihrer automatischen Auswertung und Bewertung. So liegen zukünftig in Echtzeit präzise Informationen zum aktuellen Sicherheitsniveau im Tunnel vor. Hierdurch ist eine schnellere Reaktion der Leitstelle zum Schutz der Verkehrsteilnehmer möglich. Zur Unterstützung sollen neue Detektionstechnologien wie Infrarottechnologie oder Fahrzeugsilhouetten-Erkennung zum Einsatz kommen.

## Research and Development

## STUVA News

On January 19, 2012, the joint ESIMAS project was inaugurated at the Federal Highways Research Institute (BASt). ESIMAS (Echtzeit-Sicherheits-Management-System) stands for Real Time Safety Management System. Its aim is to develop an innovative identification and expert system, which supports control centre personnel in monitoring tunnels 24/7.

In order to assure road tunnel safety, tunnels in excess of 400 m are constantly monitored by a tunnel control centre. The flood of individual data that is received there such as camera images and numerous sensor data must be permanently processed and assessed by the staff. The ESIMAS project intends coming up with new methods for supporting control centre personnel (Fig. 1).

Based on ESIMAS data analysis and evaluation in future it will be possible to identify incidents affecting safety such as fire in the

tunnel reliably and in time. In the event of a serious incident ESIMAS will provide recommendations on how to deal with it to the control centre personnel as well as the emergency services (Fig. 2). Based on these recommendations measures can be undertaken quickly and in a targeted manner.

The innovative approach adopted by ESIMAS is geared to holistic appraisal of all individual data and their automatic processing and evaluation. In this way precise data will be available in real time in future relating to the current safety level in the tunnel. As a result the control centre will be able to respond speedily to protect motorists. New detection technologies such as infra red technology or vehicle silhouette identification will be introduced to back the system up.

The project will run until December 2014. The following partners are involved alongside the STUVA:



Logo des Verbundprojekts ESIMAS  
Logo of the joint ESIMAS project

Das Projekt läuft bis Dezember 2014. Beteiligt sind neben der STUVA folgende Partner:

- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Projektleitung
- ave Verkehrs- und Informationstechnik GmbH
- Institut für Straßenwesen (isac) der RWTH Aachen
- OSMO-Anlagenbau GmbH und Co. KG
- Planung Transport Verkehr AG (PTV AG)
- Strehle & Partner Ingenieure GbR
- Institut für Medientechnik der Technischen Universität Ilmenau

### STUVA analysiert aktuellen Entwicklungsstand barrierefreier Lösungen im ÖPNV in Deutschland

Mobilität gehört zu den Grundbedürfnissen der Menschen. Die Verbesserung der Mobilitätschancen aller Menschen, einschließlich mobilitätseingeschränkter Personen, mittels öffentlicher Verkehrsmittel ist in Deutschland als bedeutsames gesellschaftspolitisches Ziel heute durchgängig anerkannt. Die Herstellung von Barrierefreiheit im öffentlichen Personenverkehr ist ein wichtiger Faktor für eine selbstbestimmte und gleichberechtigte Teilhabe am gesellschaftlichen Leben. Insbesondere die barrierefreie Zugänglichkeit des Personennahverkehrs verbessert die alltägliche Mobilität. Die ausreichende Gewährleistung von Barrierefreiheit durch Maßnahmen der Inklusion („Design für Alle“) ist daher ein wichtiges Ziel. Zu beachten sind hierbei soziale, wirtschaftliche, technische und betriebliche Belange.

Die STUVA identifiziert und untersucht im Forschungsvorhaben FE 70.872/2011 „Barrierefreier ÖPNV in Deutschland: Mobilitätseingeschränkte Personen im ÖPNV – Analyse des derzeitigen Entwicklungsstands barrierefreier Lösungen für eine barrierefreie Zugänglichkeit bei den deutschen Verkehrsunternehmen. Das Vorhaben wird gefördert vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und dem VDV-Förderkreis (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen). Eine erste Studie wurde Anfang 2003 abgeschlossen und die Ergebnisse in der Blauen Buchreihe des VDV veröffentlicht.

In den letzten 10 Jahren gab es teils erhebliche Verbesserungen der Zugänglichkeit durch neue technische und organisatorische Lösungen. Dies geschah nicht zuletzt durch die Wirkungen der geänderten Gesetzes- und Rechtslage zur Barrierefreiheit, z.B. des Behindertengleichstellungsgesetzes und der damit verbundenen Änderungen weiterer Gesetze. Daher soll eine aktualisierte Studie den aktuellen Stand der Technik darstellen. Mit dem Vorhaben soll ein umfassendes Sammelwerk vorbildlicher Lösungen erstellt werden. Dieses soll allen für den ÖPNV politisch, administrativ oder technisch Verantwortlichen durch eine Vielzahl in Bild und Text dargestellter guter Lösungen zur Verfügung stehen. Sachkenntnis und Problembewusstsein sowohl in Fachkreisen als auch in der Öffentlichkeit sollen verbessert und so auch die Durchsetzbarkeit konkreter Programme und Maßnahmen erleichtert werden.

- Federal Highway Research Institute (BASt), project management
- ave Verkehrs- und Informationstechnik GmbH
- Institute of Road and Traffic Engineering (isac) of the RWTH Aachen
- OSMO-Anlagenbau GmbH und Co. KG
- Planung Transport Verkehr AG (PTV AG)
- Strehle & Partner Ingenieure GbR
- Institute für Mediatechnik at the Ilmenau University for Applied Sciences

### STUVA analyses the current Level of Development of barrier-free Solutions in Public Commuter Transportation in Germany

Mobility is numbered among

people's basic needs. Improving the chances of mobility for all people, including those restricted in their movements, by means of public commuter transportation represents a significant socio-political target that enjoys general approval in Germany today. The creation of accessibility in public commuter transportation is an important factor to enable self-determining and equal participation in society. Barrier-free accessibility of public commuter transportation in particular improves everyday mobility. Thus sufficient assurance of accessibility by means of inclusive measures ("design for all") is an important task. Towards this end social, economic, technical and operational considerations must be contemplated.

In the research project FE.872/2011 Barrier-free Public

Berlin, Düsseldorf, Frankfurt/M, Hamburg, Hannover, München, Regensburg, Stuttgart

## Auction of Construction Equipment

Pilot tube jacking equipment, micro tunnelling equipment, shield driving equipment, horizontal drilling equipment, vertical drilling equipment, ramming equipment

Auction: Thursday, 3rd May 2012

Viewing: Thursday, 26nd April and Wednesday, 2nd May 2012

Location: D-13409 Berlin

Approximately 1,500 items: 7 pipe jacking machines Herrenknecht, type AVN 250/400/500/700/ 800/1200 /1600, linings, separating units, bentonite mixing and injection units, Derrick + Häny, high-pressure pumps, compressed air systems, lock systems, power generators

2 pipe jacking units, bohrtec BM150D + BM300, grabber, WüWa- Bau ZG22, (2004), pipe drawing unit, Ditchwitch P-80, horizontal drilling unit, Tracto-Technik Grundodrill, (2000), horizontal drilling unit, Grundopit 40/60, (2008), burstlining unit, Tracto-Technik Grundobur 800G, (2005), ramming machine, Sennebogen ZR35T + telescopic pre-drilling unit, ABI TM 12/15, (1999), 2 vibration ramming machines, ICE 14RF + 625B, groundwater lowering equipment, slide rail shoring equipment, Krings

20 hydraulic excavators, 10 loaders, trucks, vans, a.m.o.

Industrierat.de

Die erste Adresse für  
Begutachtung, Verkauf, Versteigerung.



Das Ergebnis dieser systematischen Untersuchungen soll auch zu einer umfassenden Verbreitung der Erkenntnisse im nationalen und internationalen Raum führen. Die Ergebnisse der Studie sollen daher wiederum in Buchform in der Blauen Reihe in deutscher und englischer Sprache durch den VDV herausgegeben werden. Die Veröffentlichung ist zur InnoTrans 2012 geplant.

### **Forschungsbericht zum STUVA-Vorhaben „Maßnahmen zur Bewältigung von Notfallsituationen behinderter Menschen in öffentlichen Gebäuden“ veröffentlicht**

Die STUVA hat das Forschungsvorhaben „Organisatorische und bauliche Maßnahmen zur Bewältigung von Notfallsituationen körperlich und sensorisch behinderter Personen in Hochhäusern und öffentlichen Gebäuden mit hoher Benutzerfrequenz“ abgeschlossen. Die Forschungsergebnisse wurden soeben im Fraunhofer IRB-Verlag veröffentlicht. Weitere Informationen finden sich auch unter <http://www.baufachinformation.de/artikel.jsp?v=237055>.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine verstärkte Berücksichtigung der Anforderungen behinderter Menschen bei der Bewältigung von Notfallsituationen zu erreichen, um einen weiteren Baustein zu einer ganzheitlichen Barrierefreiheit umzusetzen. Dabei sind neben den Anforderungen der übrigen Nutzer wirtschaftliche und gestalterische Anforderungen (z.B. beim Denkmalschutz) zu beachten.

Das Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Regionalforschung vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) gefördert. Das Projekt verknüpfte 2 Themenfelder, die bereits seit mehreren Jahrzehnten bedeutsame Forschungsfelder der STUVA darstellen:

- Berücksichtigung der Belange behinderter Personen in den Bereichen Planung, Bau und Nutzung von baulichen Anlagen und
- Konzepte zur Bewältigung von Notfällen durch bauliche und betriebliche Maßnahmen (insbesondere Brandschutz)

Mit dem Gesetz zur Gleichstellung behinderter Menschen (Behindertengleichstellungsgesetz) hat sich der Bund verpflichtet, seine Bauten barrierefrei zu gestalten. Die bisherige Umsetzung ganzheitlicher Grundsätze zum barrierefreien Planen und Bauen bei Bundesbauten verfolgt jedoch bisher lediglich das Ziel, eine barrierefreie Nutzung der Bauten bei der alltäglichen Nutzung zu ermöglichen. Eine barrierefreie Nutzung in Notfällen wurde bisher nicht thematisiert.

Sind Bewohner oder andere Nutzer eines Gebäudes in ihren sensorischen, kognitiven oder motorischen Fähigkeiten eingeschränkt, können bei einem Notfall vielfältige Probleme entstehen. Bereits die Wahrnehmung oder die Auslösung eines Alarms kann bei bestimmten Personengruppen ohne besondere Systeme nicht erfolgen. Bei bestimmten Schadensereignissen stehen

Commuter Transportation in Germany: Persons with restricted Mobility in Public Commuter Transportation – Analysis of the current Level of Development of barrier-free Solutions“ the STUVA identifies and examines solutions for barrier-free accessibility provided by German transport companies. The project is sponsored by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS) and the VDV-Förderkreis (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen – Association of German Transport Companies – circle of sponsors). An initial report was completed in early 2003 and the results published in the VDV's Blue Book Series.

During the past 10 years there have been substantial improvements in accessibility thanks to new technical and organisation solutions. This was in no small measure due to the effects brought about by amending the law and the legal position governing barrier-freedom e.g. legislation granting equality to handicapped people and the associated modifications to other laws. As a consequence an updated study is intended to present the latest state of play. In this way a comprehensive collection of exemplary solutions is to be compiled. It will first and foremost be made available to those engaged in public commuter transportation on the political, administrative or technical side taking the form of a large number of exemplary solutions presented in image and text. Expert knowledge and awareness of the problem are to be improved among insiders as well as the general public thus enabling concrete programmes and measures to be implemented more easily.

The outcome of these systematic investigations will also lead to the recognitions being publicised on a comprehensive scale both nationally and internationally. As a consequence the results of the study are to be published by the VDV in the form of a book appearing in the Blue Book Series in German and English.

### **Research Report on the STUVA Project “Measures for overcoming Emergency Situations encountered by the Disabled in Public Buildings”**

The STUVA has completed the research project “Organisational and structural Measures to overcome Emergency Situations of physically and sensorically handicapped People in Tower Blocks and Public Buildings with a high Frequency of Visitors”. The research results were published recently in the Fraunhofer IRB-Verlag. Further details are available by accessing <http://www.baufachinformation.de/artikel.jsp?v=237055>.

The research project was aimed at arriving at greater consideration of the needs of handicapped persons in overcoming emergency situations thus climbing a further step in the ladder leading to holistic accessibility. In this connection economic and design-related demands (e.g. relating to protected buildings) have to be observed quite apart from the needs of other users.

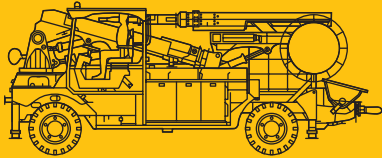
The research project was sponsored by funds provided by the “Zukunft Bau” research initiative of the Federal Institute for Building, Urban and Regional Research at the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS). The project linked 2 sectors of

# THE PERFECT COMBINATION

FOR CONCRETE SPRAYING IN TUNNELLING

VISIT US AT

WTC2012  
B A N G K O K



## SPM 500 WETKRET

The SPM 500 WETKRET series has proven its efficiency and reliability in a large number of tunnelling projects worldwide. The equipment features a robust spraying arm with a vertical spraying reach of 17 m, guaranteeing the perfect synchronization of concrete output and additive flow. Thanks to its heavy-duty chassis, the SPM 500 WETKRET series is ideal for the rough working conditions in tunnelling.

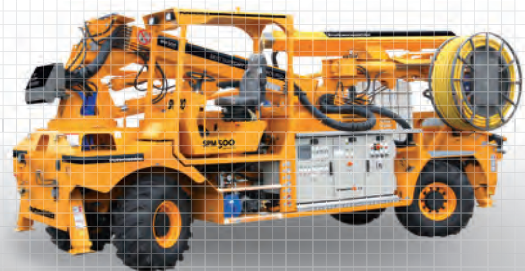


## CUSTOMER SERVICE Putzmeister

Counting on our 24/7 technical helpline and worldwide spare parts and after sales service network, you can always be sure to have the required parts and technical assistance at your disposal. Besides, our qualified technicians provide your operators and maintenance personnel with the necessary training, on site or at our premises, to increase the efficiency and working life of your shotcrete equipment.



BEST  
SUPPORT  
UNDERGROUND



For over 30 years, Putzmeister has been designing, developing and producing concrete spraying equipment for mines and tunnels. The expertise acquired over the years, together with ongoing investment in research and development, have made Putzmeister a leading company in this field of application. It is this expertise and the search for added value for our customers that makes us different.

**Putzmeister**  
UNDERGROUND ●

WORLD TUNNEL CONGRESS 2012

WTC2012 Bangkok, Thailand  
B A N G K O K May 18-23, 2012 - Stand B1 / B2  
www.wtc2012.com

putzmeisterunderground.com  
info@putzmeisterunderground.com  
+34 91 4288100



Systeme, die im Normalfall der barrierefreien Zugänglichkeit dienen, evtl. nicht zur Verfügung (z.B. Aufzüge im Brandfall) und erfordern somit alternative Rettungswege oder -maßnahmen. Fehlen diese, kann sich die Suche nach einem geeigneten Fluchtweg oder Schutzraum lebensbedrohend darstellen.

Im Rahmen der Untersuchung wurden sowohl bauliche als auch organisatorische Maßnahmen auf ihre Eignung untersucht. Bei den baulichen Maßnahmen ging es z.B. um die Kennzeichnung von Flucht- und Rettungswegen unter Beachtung des Zwei-Sinne-Prinzips, um die Auffindbarkeit und Nutzbarkeit von Notrufanlagen sowie um innovative technische Lösungen, wie z.B. Sicherheitsaufzüge, die sich auch im Brandfall zur Rettung einsetzen lassen. Grundsätzlich sollten zunächst Möglichkeiten für eine Selbstrettung angestrebt werden. Sollte eine Selbstrettung aus technischen, wirtschaftlichen oder individuellen Gründen nicht in Frage kommen, müssen Konzepte zur Fremdrettung greifen oder ggf. organisatorische Maßnahmen das Fehlen baulicher Maßnahmen kompensieren.


### Dr.-Ing. Karl Morgen 60 Jahre

Im März 2012 feierte Dr.-Ing. Karl Morgen (Bild 3) seinen 60. Geburtstag. Dr. Morgen ist geschäftsführender Gesellschafter des Büros WTM ENGINEERS in Hamburg und seit 2003 im Vorstand der STUVA tätig; seit 2005 als 1. stellvertretender Vorsitzender.

Das STUVA-Team sendet herzliche Glückwünsche zu diesem Ehrentag. Wir freuen uns, in einer Zeit, die von ge-



Dr.-Ing. Karl Morgen

schäftlichen Erfolgen des Büros WTM geprägt ist, zu diesem besonderen Fest gratulieren zu dürfen und wünschen auf dem bislang eingeschlagenen Erfolgskurs weiterhin „volle Fahrt voraus“. Wir sind froh, Dr. Morgen zum STUVA-Kreis zählen zu dürfen und sagen bei dieser Gelegenheit ganz herzlich Danke für das Engagement für die Belange der STUVA. 

topics, which have represented significant fields of research for the STUVA for many years:

- Considering the needs of disabled people in the spheres of planning, building and utilisation of buildings and
- Concepts for overcoming emergencies through structural and operational measures (especially fire protection)

Through the Disability Equality Act (Behindertengleichstellungsgesetz) the state has committed itself to ensuring that what it builds is accessible. However implementation of holistic principles on barrier-free planning and constructing in the case of federal buildings has so far only pursued the aim of making them accessible as part of the practice of everyday use. So far barrier-free use in cases of emergency has not been specifically dealt with.


If residents or other users of a building are restricted in their sensoric, cognitive or motoric capabilities, manifold problems can ensue should an emergency occur. There are certain groups of persons for example, who are incapable of responding to an alarm should it be sounded without special systems. Should certain harmful incidents occur, systems, which normally serve barrier-free accessibility, are possibly unavailable (e.g. lifts in the event of fire) thus calling for alternative evacuation routes or measures. Should these be lacking, the search for a suitable evacuation route or protective room can be life-threatening.

Within the scope of the investigation both structural and organisational measures were examined with regard to their suitability. As far as the structural measures were concerned,

such things as marking evacuation and rescue routes taking the two-sense principle into account regarding the ability to locate and utilise emergency systems as well as innovative technical solutions, such as e.g. safety lifts, which can be used in the event of fire. Essentially first of all possibilities for self-rescue are to be targeted. Should self-rescue be impossible for technical, economic or individual reasons, then rescue by third parties must be resorted to or if need be organisational measures must compensate the lack of structural measures.

### Dr.-Ing. Karl Morgen turns 60

In March 2012, Dr.-Ing. Karl Morgen (Fig. 3) celebrated his 60th birthday. Dr. Morgen is the managing partner of the WTM ENGINEERS office in Hamburg and a member of the STUVA board since 2003; he has been 1<sup>st</sup> deputy chairman since 2005.

The STUVA team would like to express their best wishes to him on this occasion. We are delighted to be able to offer these congratulations at a time when the WTM office is enjoying so much success and trust it will continue to steer this course just as capably in future as well. We are happy to have Dr. Morgen as a member of our STUVA circle and would like to take the opportunity to thank him for his involvement on behalf of the STUVA. 

### 38<sup>th</sup> ITA/WTC in Bangkok/Thailand

18<sup>th</sup> – 23<sup>th</sup> May 2012,  
Bangkok/Thailand,  
**Tunnelling and Underground Space for a Global Society**  
Information:  
WTC2012 Congress Office  
Mrs. Alcharat Alapat/Mr. Zaw Zaw Aye  
ProCongress (Thailand) Co., Ltd  
4/383 Moo 6, Soi Nakniwas 37,  
Nakniwas Rd.  
Ladprao, Bangkok/Thailand  
10230  
Tel.: +662 956 1580  
Fax: +662 932 4454  
E-Mail: alcharat@procongress.net  
secretariat@wtc2012.com  
www.wtc2012.com

### Stand der Technik und Innovationen bei der Tunnelanierung

4. Juni 2012, 10 bis 18 Uhr  
Workshop an der Ruhr-Universität Bochum (RUB)/D  
Veranstalter: RUB und bast  
Ruhr-Universität Bochum  
Veranstaltungszentrum, Saal 3  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Weitere Informationen/  
Anmeldung:  
Tel.: +49 (0) 234/ 3226081  
E-Mail: tlb-conference@rub.de

### Swiss Tunnel Congress 2012 in Luzern

13. Juni 2012 (Colloquium)  
14. Juni 2012 (Congress mit Vortragsveranstaltung und Ausstellung)  
15. Juni 2012 (Exkursionen)  
KKL Kultur- und Kongresszentrum, Luzern/CH  
FGU – Fachgruppe für Untertagbau  
Tagungssekretariat  
Felsenstraße 11  
CH-5400 Baden  
Tel.: +41 (0) 56 / 2002333  
Fax: +41 (0) 56 / 2002334  
E-Mail fgu@thomibraem.ch  
www.swisstunnel.ch

### Safety versus Economics: Cost-efficiency of tunnel safety measures

22<sup>nd</sup> June 2012,  
Rome, Italy  
**ITA COSUF Open Workshop 2012**  
Committee on Operational Safety of Underground Facilities  
Detailed information:  
www.cosuf.ita-aites.org

### Safety of Life in Tunnels (SOLIT)

27<sup>th</sup> + 28<sup>th</sup> Juni 2012,  
Berlin/D  
**International Conference on Integration of Fire Fighting Systems**  
Venue:  
Scandic Hotel Berlin at Potsdamer Platz  
Gabriele-Tergit-Promenade 19  
10963 Berlin/D  
Simultaneous Translation  
English/German  
Further details and registration:  
on: www.solit.info

### InnoTrans 2012

18. – 21. September 2012,  
Berlin/D  
Messe Berlin GmbH  
Messedamm 22,  
14055 Berlin  
Kontakt: Kerstin Schulz  
Tel.: +49 (0) 30 / 3038-2032  
Fax: +49 (0) 30 / 3038-2190  
E-Mail: k.schulz@messe-berlin.de  
E-Mail: innotrans@messe-berlin.de  
www.innotrans.de  
www.virtualmarket.innotrans.de

### The Tunnel Connects

**First Eastern European Tunnelling Conference**  
18. – 21. September 2012,  
Budapest, Hungary  
Information:  
Hungarian Tunnelling Society  
Dr. Tibor Horvath, President  
E-Mail: geovil@geovil.hu  
info@ita-hun.hu  
www.ita-hun.hu

### 8. Österreichischer Tunneltag 2012

10. Oktober 2012, Salzburg/A  
**61. Geomechanik-Kolloquium 2012**  
**50 Jahre NATM**  
11. + 12. Oktober 2012,  
Salzburg/A  
Exkursion: 13. Oktober 2012  
Österreichische Gesellschaft für Geomechanik  
Bayerhamerstraße 14,  
5020 Salzburg/A  
Tel.: +43 (0) 662 / 875519  
Fax: +43 (0) 662 / 886748  
E-Mail salzburg@oegg.at  
www.oegg.at

### econstra 2012

**Fachmesse für Ingenieurbau und Bauwerksinstandsetzung**  
25. – 27. Oktober 2012,  
Freiburg im Breisgau,  
Informationen:  
Neue Messe Feiburg  
Hermann-Mitsch-Straße 3 /  
Europaplatz 1  
79108 Freiburg im Breisgau  
Tel.: +49 (0) 761 / 3881-3120  
Fax: +49 (0) 761 / 3881-3006  
E-Mail: info@messe.freiburg.de  
www.econstra.de

### Vormerktermin: Deutsches tunnel-Forum 2012

Dienstag, 6. November 2012  
(Ort wird noch bekannt gegeben)  
Mittwoch, 7. November 2012  
(Ort wird noch bekannt gegeben)  
jeweils von 9.30 bis 16.45 Uhr  
Seminarreihe zum Thema  
**Design-Aspekte bei Verkehrs-Tunneln**  
**2012: Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss**  
**2013: Licht, Farbe und soziale Sicherheit**  
**2014: Architektur und Technik**  
Veranstalter: tunnel und STUVA  
Leitung:  
Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack  
Informationen, Programm  
und Anmeldung:  
Roland.Herr@Bauverlag.de



Eindeutig stärker, die neuen Muldenkipper ...  
Clearly stronger, the new trucks ...

### Muldenkipper für Untertage

## Besseres Nutzlastverhältnis, reinere Luft und höhere Produktivität

Zwei neue Muldenkipper für Untertage hat jetzt Sandvik Mining auf den Markt gebracht. Die neuen Modelle TH550 und TH540 sind die ersten Kipper ihrer Art für Untertage, die mit energieeffizienten und emissionsarmen Motoren ausgestattet sind und die Emissionsrichtlinien EPA Tier 4i und EURO-Stufe IIIB erfüllen. Sie sind kompakt, wendig und bieten die größte Nutzlast pro Querschnittsfläche und Eigengewicht des Fahrzeugs.

### Die derzeit saubersten Muldenkipper

Die beiden neuen Modelle knüpfen an die Erfahrungen mit den Vorgängermodellen Sandvik T50 und T40 an, die bisher auf dem Markt als beste Muldenkipper für Untertage galten. Die völlig neuen Muldenkipper der Baureihe TH sind das Ergebnis von intensiver Forschung, Rückmeldungen von Kunden und einer modernen Denkweise. Einer der größten Vorteile dieser Muldenkipper

ist der optionale Motor, der die Abgasstufe Tier 4i/IIIB erfüllt – er ist kraftstoffsparend, produziert weniger Emissionen und verfügt über ein besseres Drehmoment als seine Vorgänger. Die Modelle TH550 und TH540 sind derzeit die einzigen auf dem Markt verfügbaren Muldenkipper, die mit diesen Motoren ausgestattet sind.

### Underground Trucks

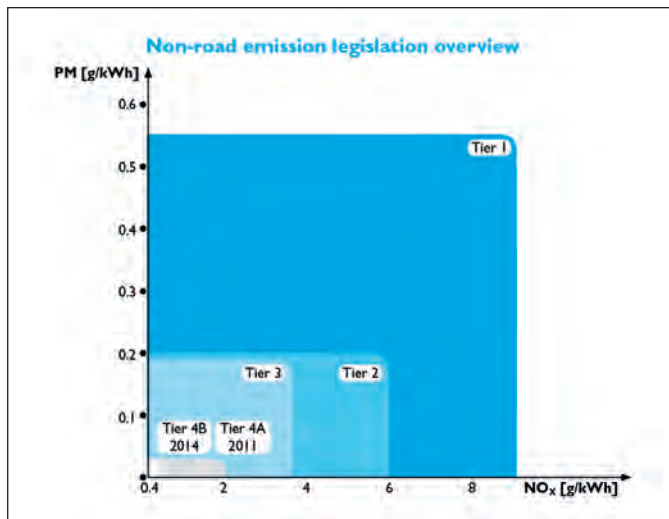
## Higher Payload Ratio, Cleaner Air and Enhanced Productivity

Sandvik Mining has launched 2 new underground trucks in the market. The new TH550 and TH540 are the first in the underground mining world to offer energy-efficient and low-emission EPA Tier 4i/EURO Stage IIIB engines. Compact and agile, they offer the biggest payload per envelope size and empty vehicle weight.

### Cleanest in the market

The new trucks are based on “the old workhorses”, Sandvik T50 and T40, which were widely regarded as the best underground trucks in the market. The all-new TH trucks were born as a result of comprehensive research, customer feedback and modern thinking. One of the main advantages of these trucks is the optional Tier 4i/IIIB engine that consumes less fuel, produces fewer emissions and has better torque characteristics for trucks than its predecessors. Currently, the TH550 and TH540 are the only trucks in the market available with these engines.

“If these engines were left running, for example, in the center of some large city, the exhaust fumes coming out of the engines would be cleaner than the air they took in from the city. These trucks can thus provide a healthier environment for all personnel working underground,” says Tomi Pikala, Marketing Support Manager at Sandvik Mining.



Überblick über die Non-Road-Emissionsvorschriften für nicht straßengebundene Maschinen und Fahrzeuge


Non-road emission legislation overview



„Würde man diese Motoren zum Beispiel im Zentrum einer Großstadt laufen lassen, so wären die Abgase dieser Motoren sauberer als die Luft, die sie in der Stadt ansaugen. Diese Muldenkipper sorgen somit für ein gesünderes Umfeld für alle im Untertagebergbau Beschäftigten“, erklärt Tomi Pikala, Marketing Support Manager bei Sandvik Mining.


### Neue Eigenschaften für bessere Funktionalität

Ein besonderer Schwerpunkt bei der Entwicklung und Konstruktion der neuen Modelle lag auf Umwelt, Gesundheit und Sicherheit (EHS), Produktivität und Zuverlässigkeit. Neue Eigenschaften, wie z.B. die Möglichkeit, die gesamten täglichen Wartungsarbeiten von der Tagesoberfläche aus durchzuführen, erhöhen die Sicherheit und die Benutzerfreundlichkeit. Der Bedienkomfort und die Gesamtproduktivität wurden durch die Umgestaltung der Fahrerkabine verbessert, die nun über einen neuen ergonomischen Sitz mit Vibrationsdämmung, ein neues Armaturenbrett, einen neuen Steuerungsmonitor, ein Automatikgetriebe und eine regelbare Klimaanlage verfügt.

Während durch den geringeren Kraftstoffverbrauch der Motoren gemäß Tier 4i/IIIB die Betriebskosten gesenkt werden, können aufgrund der beträchtlichen Verringerung der erforderlichen Bewetterung noch größere Einsparungen erzielt werden. Das große Fassungsvermögen des Tanks, die zentrale Wartung von der Sohle aus und einfach zu reinigende Kühler sind nur einige Beispiele wie mit praktischen, zeitsparenden Eigenschaften die Betriebszeit erhöht wird. Die neue Kühlanlage, eine noch sicherere elektrische Verdrahtung, neue Lenkzylinder und widerstandsfähige Reifen sowie die weiteren neuen Produktmerkmale wurden entwickelt, um die jährlichen Betriebsstunden zu steigern und die Gesamtnutzungsdauer der Muldenkipper zu verlängern. Das Ergebnis der gesteigerten Betriebszeit und verlängerten Nutzungsdauer ist ein Höchstmaß an Produktivität. 

### Novel features for improved functionality

The Sandvik TH550 and TH540 are engineered and designed with special emphasis on environment, health and safety (EHS), productivity and reliability. New features, such as the possibility to conduct all daily maintenance from ground level, offer enhanced safety and usability. Operator comfort and overall productivity are improved with a remodeled cabin featuring a new ergonomic, vibration-reducing seat, a new dashboard, a new control system screen, automatic gear shifting and adjustable climate control.

While the Tier 4i/IIIB engines cut operational costs through lower fuel consumption, a substantial reduction in ventilation requirements provides even greater savings. Uptime hours are increased with practical, time-saving features such as a large tank capacity, centralized ground level maintenance and easily cleanable radiators. The new cooling system, even safer electrical wiring, new steering cylinders and durable tires, combined with the other new features, are designed to increase operating hours per year and extend the overall service life of the trucks. As a result, increased uptime and prolonged service life provide the ultimate in productivity. 

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

## Fachmesse Ingenieurbau

Bauwerksinstandsetzung

econstra®  
expo of construction engineering

Hotline: +49 7422 - 991 659 - 0

**MESSE FREIBURG**  
25.-27. Oktober 2012

### Wissen, was läuft!

Genau davon profitieren Sie als **Fachbesucher** auf der **econstra!**

Europas erste Fachmesse für den Ingenieurbau ist die Top-Wissensbörse, von den wertvollen Kontakten ganz zu schweigen.

Heute wissen,  
was morgen läuft.

### Kontakt:

+49 7422 - 991 659-0  
[www.econstra.de](http://www.econstra.de)

Nehmen Sie teil an unseren informativen Seminaren mit hochkarätigen Referenten.

Kongress  
**Ingenieurbautage**  
[www.ingenieurbautage.de](http://www.ingenieurbautage.de)

Messe Freiburg

Management  
Marketing  
FWTM  
FREIBURG

MaxxCompany  
Ingenieurdienstleistungen

## Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	41
BASF Construction Chemical (Europe), Zürich/CH	www.construction-chemicals.basf.com	U4
Brugg Contec AG, Romanshorn/CH	www.bruggcontec.com	15
ELA Container GmbH, Haren/D	www.container.de	47
Elkuch Bator AG, Herzogenbuchsee/CH	www.elkuch.com	39
Fogtec Brandschutz GmbH & Co. KG, Köln/D	www.fogtec.com	19
Häny AG, Jona/CH	www.haeny.com	43
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
InnoTrans, Berlin/D	www.innotrans.de	45
Kapyfract AG, Schlatt/CH	www.kapyfract.ch	51
Marti Technik AG, Moosseedorf/CH	www.martitechnik.ch	3
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	53

Advertisers	Internet	Page
Normet International Ltd., Bern/CH	www.normet.fi	13
Pressluft-Frantz GmbH, Frankfurt/D	www.pressluft-frantz.de	29
Putzmeister Ibérica S. A., Madrid/E	www.putzmeister.es	59
Rascor International AG, Steinmaur/CH	www.rascor.com	21
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	49
Schwenk Zement KG, Ulm/D	www.schwenk.de	35
Sika AG, Zürich/CH	www.sika.com	5
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	31
The Robbins Company, Kent/USA	www.TheRobbinsCompany.com	9
Wacker Chemie AG, München/D	www.wacker.com	7
Wilhelm Hoven Maschinenfabrik GmbH & Co., Stolberg/D	www.hoven.de	25

**bau | | verlag**

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

**tunnel** 31. Jahrgang / 31<sup>st</sup> Year  
www.tunnel-online.info

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

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

**Chefredakteur/Editor in Chief:**  
Dipl.-Ing. Roland Herr  
Phone: +49 (0) 5241 80-88730  
Fax: +49 (0) 5241 80-9650  
E-Mail: roland.herr@bauverlag.de  
(verantwortlich für den redaktionellen Inhalt/  
responsible for the editorial content)

**Redaktionsbüro/Editors Office:**  
Ursula Landwehr  
Phone: +49 (0) 5241 80-1943  
E-Mail: ursula.landwehr@bauverlag.de  
Gaby Porten  
Phone: +49 (0) 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 (0) 5241 80-2179  
E-Mail: christian.reinke@bauverlag.de  
(verantwortlich für den Anzeigenteil/  
responsible for advertisement)  
Rita Srowig  
Phone: +49 (0) 5241 80-2401  
E-Mail: rita.srowig@bauverlag.de  
Maria Schröder  
Phone: +49 (0) 5241 80-2386  
E-Mail: maria.schroeder@bauverlag.de  
Fax: +49 (0) 5241 80-62401

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 30 vom 1.10.2011  
Advertisement Price List No. 30 dated 1.10.2011 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, 19<sup>th</sup> Floor, New York, NY 10001  
Phone: 001-212-896-3881,  
Fax: 001-212-629-3988,  
E-Mail: detleffox@comcast.net

**Geschäftsführer/Managing Director:**  
Karl-Heinz Müller  
Phone: +49 (0) 5241 80-2476

**Verlagsleiter Anzeigen und Vertrieb /  
Director Advertisement Sales:**  
Dipl.-Kfm. Reinhard Brummel  
Phone: +49 (0) 5241 80-2513

**Herstellungsleiter/Production Director**  
Olaf Wendenburg  
Phone: +49 (0) 5241 80-2186

**Leserservice + Abonnements /  
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 120, 33311 Gütersloh, Deutschland**  
Der Leserservice ist von Montag bis Freitag per-  
sönlich erreichbar von 9.00 bis 12.00 Uhr und  
13.00 bis 17.00 Uhr (freitags bis 16.00 Uhr)

The Reader's Service is available on Monday to  
Friday from 9.00 to 12.00 h and 13.00 to 17.00 h  
(on Friday until 16.00 h)  
Phone: +49 (0) 5241 80-90884  
E-Mail: leserservice@bauverlag.de  
Fax: +49 (0) 5241 80-690880

**Abonnementverkauf und Marketing /  
Subscription and Marketing Manager:**  
Michael Osterkamp  
Phone: +49 (0) 5241 80-2167  
Fax: +49 (0) 5241 80-62167

**Bezugspreise und -zeit/Subscription rates and  
period:**  
Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr/  
Tunnel is published with 8 issues per year.  
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten)/  
Annual subscription (including postage):  
**Inland/Germany** € 147,00  
**Studenten/Students** € 88,20  
**Ausland/Other Countries** € 157,20  
(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag/  
with surcharge for delivery by air mail)  
**Einzelheft/Single Issue** € 24,00  
(inklusive Versandkosten / including postage)  
**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:**  
€ 188,40 (Ausland: € 195,00)

**Combined subscription for Tunnel + tHIS  
including postage:**  
€ 188.40 (outside Germany: € 195.00).

Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlän-  
gert 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 gesetz-  
lichen Bestimmungen in das alleinige Veröffent-  
lichungs- 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 Na-  
men gekennzeichnete Beiträge übernimmt

der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen  
werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt.  
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Bei-  
träge und Abbildungen sind urheberrechtlich  
geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zuge-  
lassenen Fälle ist eine Verwertung oder Ver-  
vielfältigung ohne Zustimmung des Verlages  
strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und  
Übertragen in Form von Daten. Die allgemei-  
nen Geschäftsbedingungen des Bauerlages  
finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

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

**Druck/Printers:**  
Merkur Druck, D-32785 Detmold



Kontrolle der Auflagenhöhe er-  
folgt durch die Informationsge-  
meinschaft zur Feststellung der  
Verbreitung von Werbeträgern  
(IVW) Printed in Germany  
**H7758**

# 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 6GB 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](http://www.tunnel-online.info)

## Whatever your challenges are

Im Untertagbau bietet MEYCO® weit mehr als die Maschinen und die Bauchemie für den Spritzbeton. Unsere innovativen Lösungen umfassen auch Injektionen, sowie Produkte für den passiven Brandschutz, zur Wasserabdichtung und für den maschinellen Tunnelvortrieb.

Selbstverständlich unterstützt Sie dabei unser weltweites Expertenteam.

[www.meyco.basf.com](http://www.meyco.basf.com)

 **BASF**

The Chemical Company

BASF Construction Chemicals  
Europe AG  
MEYCO Underground Construction  
Vulkanstrasse 110  
CH-8048 Zürich  
Tel. +41 58 958 22 11  
[www.basf-admixtures.ch](http://www.basf-admixtures.ch)

BASF Construction Polymers GmbH  
Geschäftsbereich Betonzusatzmittel  
Ernst-Thälmann-Str. 9  
D-39240 Glöthe  
Tel. +49 39266 98 310  
[www.basf-cc.de](http://www.basf-cc.de)

BASF Performance Products GmbH  
Niederlassung Krieglach  
Roseggerstrasse 101  
A-8670 Krieglach  
Tel. +43 3855 2371 0  
[www.basf-cc.at](http://www.basf-cc.at)



## Expanding Horizons

## Underground

**MEYCO**