

www.tunnel-online.info





SAVERNE: HIGH SPEED UNDER THE VOSGES.

The new high-speed railway link between Strasbourg and Paris is being rapidly extended. The "Tunnel de Saverne" is currently under construction on the 106 kilometer long section between Vendenheim just outside of Strasbourg and Baudrecourt in Lorraine. The most complex part of the project passes under the narrowest section of the Vosges and will reduce travel time between Alsace and the French capital by 30 minutes. A Herrenknecht TBM is paving the way for TGVs so they can reach speeds of up to 320 kilometers per hour in the future. The convertible Earth Pressure Balance Open Mode Shield broke through the first of two almost 4 kilometer long tunnels, on June 19, 2012 – two months ahead of schedule. The second tube of the "Tunnel de Saverne" will be completed by April 2013. Covering up to 46 meters a day, the high-tech machine "Charlotte" is well on the way to achieving this goal.

ERNOLSHEIM-LÈS-SAVERNE

PROJECT DATA



S-670, EPB Shield (convertible)
 Diameter: 10,020mm
 Installed power: 3,600kW
 Tunnel lengths: 2x 3,860m
 Geology: bunter sandstone, sandstone, shell-bearing limestone

CONTRACTOR

Spie Batignolles
 TPCI/
 Dodin Campenon
 Bernard



tunnel 8/12

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



Grundwassermanagement bei offener Bauweise für Tunnel A2 Maastricht/NL, Seite 36 ff

Groundwater Management for Cut-and-cover Method of Tunnel A2 Maastricht/NL, see pp 36

Aktuelles / Topical News

2

Hauptbeiträge / Main Articles

Tunnelbau in Deutschland: Statistik (2011/2012), Analyse und Ausblick 12
Tunnelling in Germany: Statistics (2011/2012), Analysis and Outlook
Prof. A. Haack, M. Schäfer

EPBM Excavations of Prague Subway „Metro V.A.“ 24
K. Rossler, D. Cyron, V. Vales

Tunnel A2 Maastricht: Grundwassermanagement mit DSI-System 36
Tunnel A2 Maastricht: Groundwater Management with DSI System
A. Meijer, G. Borchert

Hochpräzise Tübbinge: Voraussetzung für ein qualitativ hochwertiges Tunnelbauwerk in einschaliger Bauweise 42
High-Precision Segments: Prerequisite for a high-quality monocoque Tunnel
Dr. D. Handke

Spritzbeton / Shotcrete

Bikomponente Makro-Kunststofffasern für Kraftwerkstunnel 54
Bicomponent Synthetic Macro Fibres for Power Plant Tunnel

Fachtagungen / Conferences

Tunneltag 2012 in Salzburg 57
2012 Tunnel Congress in Salzburg

Informationen / Information

Veranstaltungen 63
Events

Inserentenverzeichnis 64
Advertising list

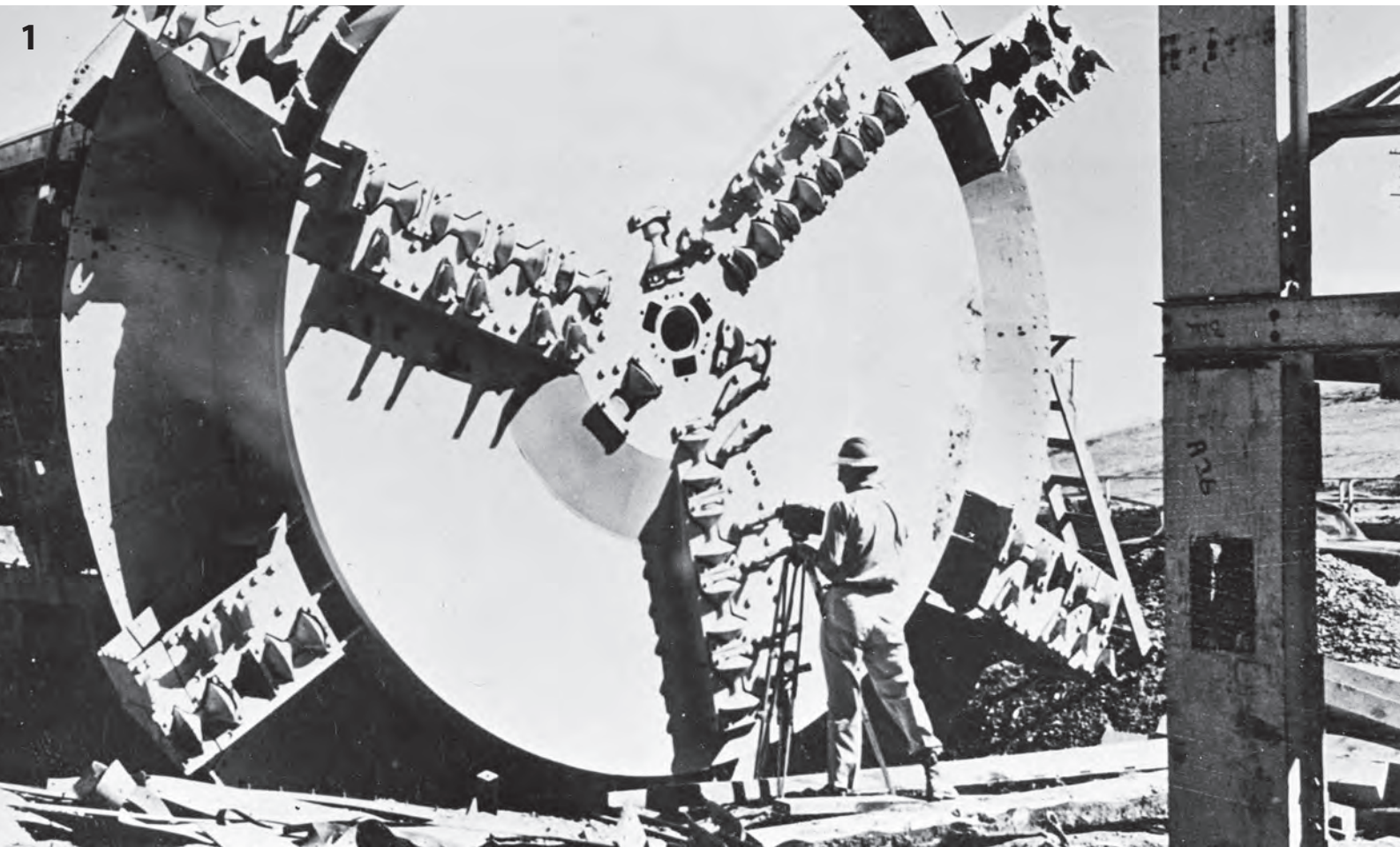
Impressum 64
Imprint

Title

Erstmaliger Einsatz von bikomponenten Kunststofffasern zur Sicherung eines Kraftwerkstunnels in Costa Rica

First Time Use of bicomponent Synthetic Macro Fibres for supporting purposes in a Power Plant Tunnel in Costa Rica

(Photo: Brugg Contec AG)



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

The Robbins Company

60 Years of Tunnelling

In June 2012 the Robbins Company celebrated at the NAT 2012 (North American Tunnelling Conference) in Indianapolis, Indiana/USA 60 years of Tunnelling. Taking this chance, Lok Home found time for an interview with your tunnel magazine editor in chief Roland Herr.

In 1952, James S. Robbins was working in the mining industry when he came up with a plan to make excavations more efficient. That product, the modern tunnel boring machine, revolutionized tunnelling, and 60 years later The Robbins Company is still going strong.

The earliest Robbins TBMs successfully utilized picks and discs to excavate relatively soft

shale at South Dakota's Oahe Dam project (Fig. 1). Four years later, Robbins began mounting his TBMs with solely disc cutters to excavate harder ground. Canada's Humber River Sewer Tunnel was the first tunnel bored using discs alone, a design that today is used for all hard rock TBMs. "A lot of people had tried boring rock up until this time, but no machines had worked. No one could solve that problem - until Dad did," said Dick Robbins of his father James (Fig. 2).

Upon the unexpected passing of his father, Dick Robbins would go on to serve as Robbins' president from 1958 until 1994, designing along the way the pre-

cursor to all Earth Pressure Balance and Slurry TBMs at the Paris RER Metro in 1964 (Fig.3), and the first Double Shield TBM in 1972. That first Double Shield machine successfully excavated broken ground while simultaneously lining the tunnel with segments to maintain a fast advance rate (Fig.4). Other notable inventions included custom-built machines for mining applications, such as the non-circular Mobile Miner, and raise boring machines.

Today, The Robbins Company is an international developer and manufacturer of a wide range of tunnelling products, from small trenchless boring machines to mega-sized TBMs to continuous conveyors for mining applica-

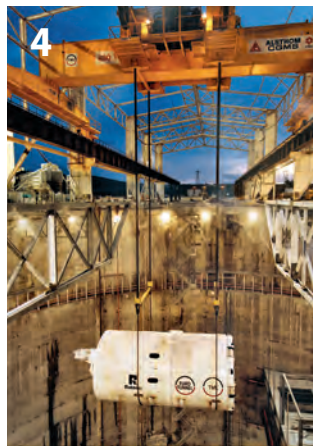
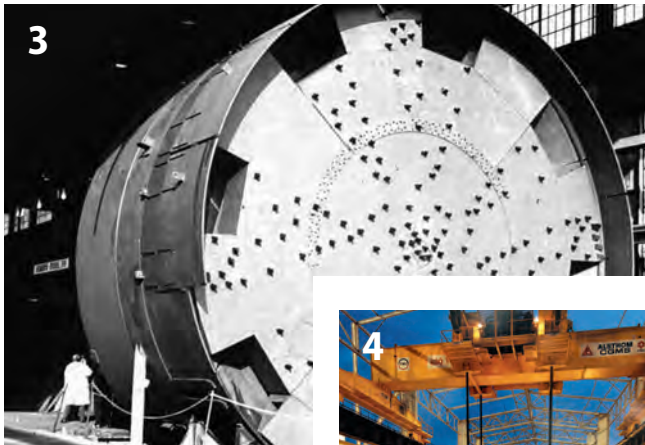
tions. "When I started at Robbins in 1968, there were 27 people and we considered ourselves TBM suppliers - nothing but the TBM. Today, we consider ourselves tunnel systems suppliers. We make everything from the cutters at the face to the stacker conveyors at the back," said Robbins' current president Lok Home (Fig. 5).

Robbins is continuing its tradition of innovation with a range of new developments, from EPB-specific disc cutters for mixed ground, to specialized ground support, to a new method of TBM assembly. The Onsite First Time Assembly (OFTA) method was first developed at the Niagara Tunnel

James S. Robbins stands in front of an early TBM excavation face showing kerf cutting



In 1964, The Robbins Company developed the precursor to all modern EPB and Slurry TBMs for the Paris RER Metro



Project in 2006 (Fig. 6), where it enabled the swift assembly of the world's largest hard rock TBM (14.4 m/47.2 ft). OFTA has since been used on projects around the world, offering time and cost savings through initial assembly of the TBM at the jobsite, rather than in a manufacturing facility.

In June 2012, Robbins celebrated its landmark 60th anniversary with an event following the North American Tunneling (NAT) Conference in Indianapolis, Indiana, USA. Both Lok Home and Dick Robbins spoke at the well-attended gala, which included a historical display of Robbins ar-

The epic Channel Tunnel excavation utilized multiple Robbins EPB and Double Shield TBMs to bore below the English Channel

tifacts and memorabilia through the years (Fig. 7).

For more information on Robbins' storied past and bright future, visit www.TheRobbins-Company.com



Dave Leipham, retired Robbins Field Service Superintendent, inspects a cutterhead in Norway, circa 1980s

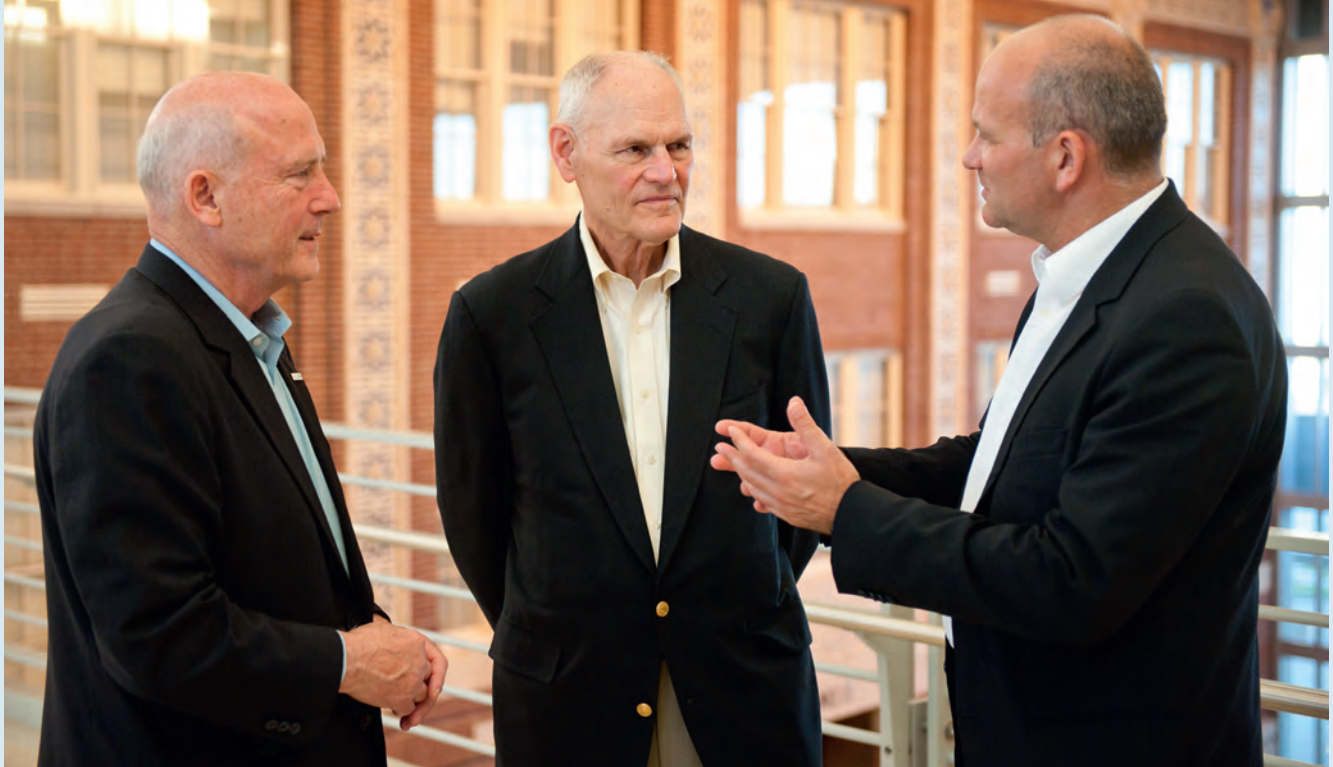


Robbins developed its successful Onsite First Time Assembly (OFTA) method for the Niagara Tunnel Project in 2006



Dick Robbins (l) and Lok Home speak at the Robbins 60th anniversary event, held following the NAT Conference in June 2012

Interview Lok Home and Roland Herr



Lok, you're marking a very special jubilee. What were the highlights along the way?

The highlights along the way were for me are the transition from the mining community into the mechanical boring of rock, which was a very interesting transition. It started out in raise-boring with Robbins and then went into hard rock tunnelling. More recently it's been achievements in EPB and the big challenge ahead in making machines for tunnels more cost effectively for the world. I just see it as a big challenge out in front of us.

How many years have you actually been involved in all this?

It's easy to count: you just take my age and subtract 22 years – so it's now been 46 years...

...making it easy to work out just how old you are now! Which project posed the greatest challenge during this time?

There are quite a few difficult ones, for instance the big sewer tunnel in Hong Kong. It was challenging from a machine standpoint as well as from a political standpoint. The contractor had to leave the project. There were machine problems. The machines weren't very well equipped for the project. That was challenging. Recent projects that were also challenging was the Olmos Trans-Andean Tunnel in Peru – and more recently the AMRTunnel in India. It seems like you finish a project and then you are foolish enough to step into one that is even more difficult. So it seems to get more difficult the more experienced and braver you become. But it's been a

really great learning experience for the industry and I think there's always going to be new challenges out there.

Which project would you like to accomplish? And why?

Regarding new projects, I was disappointed we didn't get the SR 99 Project in Seattle. Seattle is the old home town of Robbins and it presented a lot of challenges: difficult geology, big diameters in a city and it would take a lot of coordination between the machine supplier, the contractor, the owner, the geotech – we had a good team there so we wanted to be involved. We are involved, we supplied the cutters. But I was a bit disappointed so I'm looking for another one like SR 99, which has all the complexities of difficult job conditions and also a good team surrounding good consultants,

good contractors. – I'm looking for that challenge.

Which technical developments can be expected in the years ahead?

Well, I think we can do a lot with imaging. To use imaging to get a better advance rate. By imaging I mean we do a lot of good geological predictions. The geology done today is I would say excellent. The machines of today are equipped with all sorts of computers and centering systems – and we've got to marry that to get better results. That's what I see as one of the big steps forward.

We'll see some changes in design in uniting combinations of hard rock and NATM and EPB technologies so that our machines will become more sophisticated; we're seeing these changes with more effective dual mode



machines. Those are the changes that I see as far as tunnelling is concerned and I also see some changes in lining techniques. I think we have stayed too long on segmental lining, which is a little bit crude in some ways. Certainly the segments are much better, they build them better, the coating has improved... but I think we have to take a more holistic approach to lining the tunnel, to excavating the tunnel not just building segments and building machines to erect the segments. You've got to take a look at lining and machines in another way.

In which countries are the next interesting projects awaiting you?

There's going to be interesting projects awaiting us under the surface of the earth in just about every country. Of course Europe

is a bit tough for us in terms of entry with the European norms and strong competition. We're looking at South America, we've just signed up a big contract in Brazil. We're well established in China, we're well established in India and we have to keep working in these countries. We will be focusing worldwide but mainly in those markets.

What value do you place on service and advising your partners?

It's a two-way street when you are putting in a tunnel. You have to provide good service and service means the whole chain. You have to be responsible for a good proposal to the contractor. To get the order we have to deliver on time – sometimes we had problems with that because of the growth in the industry. And when you get that you just take

your most experienced guys and get them into the most difficult projects and the contractors are not always as experienced as we are – so we can help them. I mean, we've been on 500 projects, or maybe a 1,000 projects – and a good contractor's been on 20 or 30 – so obviously we can bring something to the table with this experience. That's the true definition of service. So that's what we try to do: from the time he asks you about the tunnel, what you recommend, to the time you bore the last metre. That's total service in the industry.

How do you assess your personal strengths in tunnelling?

My personal strength is my experience. The longer I've been in this business the more I understand I don't know enough of what I should know! And I under-

stand the longer I've stayed in this business I've become more interested on passing on the knowledge so I'm more involved in ITA and in ITA-TEC and I'm more involved in UCA. And so I'm personally trying to pass on some of the knowledge and I'm trying to do it through the company – passing on experience personally and through the company to the industry.

One thing is for sure, you can't buy knowledge: knowledge is acquired through experience!

If you could have a wish granted to you what would be your heart's desire concerning tunnelling?

You know, I have a tough time answering this question, for all my aspirations have come true and I've surpassed my aspirations. I guess what I would like



to see is a little more cooperation in the international market between the manufacturers and the contractors although the relationship is fairly good. I guess I really don't have a big wish and I'm just looking forward to the next big challenge coming up.

What impresses you most in tunnelling?

I guess now what impresses me most is coming together. If I look back 20 years ago, I didn't have the same sense of feeling of the teams working together. By the teams I mean starting with the owners, the contractors, the consultants and the TBM suppliers – they seem to be working together better. We exchange ideas more freely. We're still ready to take on big challenges and that impresses me. To take on a project say like AMR in India or to take on a project like TEO (Tunel Emisor Oriente) down in Mexico City – that's a real big challenge. Putting it under-

ground, having the government finance it, getting the contractors to agree to build it and us to build the machines and not knowing what's going to come out of this thing in terms of cost and technicalities. It's nice to see when somebody steps up to say we're going to do it whether it's the mayor of Mexico City, the mayor of Seattle or the irrigation minister in India. Just to do that and we all have to get it done. I guess I've a lot of respect for politicians as well.


You have turned Robbins into one of the major manufacturers of tunnelling machines. Which developments within the company do you think contributed the most towards this?

Well, Robbins has always been a great company mainly due to Dick Robbins. He was more of a technical inventor and a technical manager than I was. He was a business manager, had a little more business bravado. I think one of the things that has

made Robbins grow in the past 10 to 15 years is we haven't had such good competition. We've got competition but not a lot of competition. You can only go so fast. You can only hire so many engineers and give them the experience. So you have to respect growth, you can't grow too fast or you run into trouble. You have to respect it. You have to mature. Your group has to mature. Your business has to mature. To understand the growth pattern and how to implement, I guess that's the reason for the success.

Direct on-site assembly of your tunnelling machines has pros and cons. Can you qualify them and the methods you employ, which differ from those used by other manufacturers?

Of course we're not sold on it. We'd be happy and in fact are happy to erect a machine, test it and turn it over if that's the desire of our client and our customer. We're certainly capable of doing it and add the cost of doing it to

the project and that's ok. But I see in our industry we have to reduce the cost. We have an obligation to reduce the cost. We have an obligation to increase our productivity. And this is one way of increasing our productivity by improving our quality control to the state that we do not have to worry whether this part isn't going to fit to the next part. This is the age of computers with very good sophisticated tracking and monitoring and quality control systems. We can send a man to the moon, we can put together capsules in space so we can surely put together a tunnel boring machine for the first time underground and anyone who thinks they can't should better start to rethink their game because the industry's changing and it's changing pretty fast. 

Lok, thanks a lot for this interview!

Deutschland

Rastatter Tunnel finanziert

Der dringend notwendige Ausbau der Rheintalbahn geht weiter voran. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und die Deutsche Bahn AG haben die Finanzierungsvereinbarung über 693 Mio. EUR zum Bau des 16 km langen Abschnitts südlich von Karlsruhe einschließlich des Rastatter Tunnel geschlossen (24. August 2012). Die Rheintalbahn ist eine der meist befahrenen Schienenstrecken Deutschlands; sie wird als Hauptachse für Güterverkehre zwischen den Containerhäfen im Norden sowie der Schweiz und Italien im Süden vergleisig ausgebaut und für eine Geschwindigkeit von bis zu 250 km/h ausgelegt.

Die Finanzierungsvereinbarung betrifft im Wesentlichen den Bau einer etwa 10 km langen zweigleisigen Neubaustrecke ab Bahahide südlich Karlsruhe. Daran schließt sich der 4,27 km lange Tunnel mit zwei eingleisigen Röhren unter der Stadt Rastatt und dem Fluss Murg an. Nach Unterquerung der Bundesautobahn A5 mündet die Neubaustrecke in die bereits seit 2001 in Betrieb befindliche Schnellfahrstrecke zwischen Rastatt Süd und Offenburg. Die

Neubaustrecke wird parallel zur Bundesstraße B36 neu gebaut. Das Baurecht für diesen Abschnitt besteht bereits seit 1998. Die damit verbundene Verlegung der B36 war bereits 2007 abgeschlossen worden.

Die beiden Tunnelröhren mit je nach Geländeverlauf 3 bis 20 m Überdeckung verlaufen überwiegend in Sanden und Kiesen, Ablagerungen des benachbarten Rheins, und im Grundwasser, was auf weiten Strecken den Einsatz von Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) erfordert, und zwar 2 für die zeitversetzten Vortriebe in Nord-Südrichtung. Man rechnet mit einer Bauzeit von 6 Jahren. Die beiden Tunnelröhren erhalten eine Feste Fahrbahn, können also mit Rettungsfahrzeugen befahren werden, und werden durch Querstollen im Abstand von 500 m miteinander verbunden. Zum Schutz vor den Lärmemissionen aus dem Zugverkehr werden an den Tunnelportalen Sonic-Boom-Bauwerke (wie beim Katzenbergtunnel) angeordnet, um die bei den Tunneleinfahrten und -ausfahrten schneller Züge entstehenden Geräusche zu dämpfen.

G.B.


Germany

Financing of Rastatt Tunnel

The urgently needed upgrading of the Rhine Valley rail route is forging ahead. The Federal Ministry for Transport, Building and Urban Development and the Deutsche Bahn AG have reached agreement on financing the construction of the 16 km long line to the south of Karlsruhe including the Rastatt Tunnel (August 24, 2012) for 693 million euros. The Rhine Valley route is one of the busiest rail lines in Germany. As the main axis for goods traffic between the container ports in the north and Switzerland and Italy in the south, it is being developed for 4 tracks and to cope with speeds of up to 250 km/h.

The financial agreement largely relates to the building of a roughly 10 km long 2-track new route from Bahalde to the south of Karlsruhe. This links up with the 4.27 km long tunnel with 2 single-track bores beneath the town of Rastatt and the River Murg. After underpassing the A5 federal motorway the new line joins up with the high-speed route between Rastatt South and

Offenburg, which has been in service since 2001. The new rail route will be built alongside the B36 federal highway. The rights for building this section have existed since 1998. It was decided to relocate the B36 as part of this scheme in 2007.

The 2 tunnel bores possess overburden ranging from 3 to 20 m depending on the terrain. They mainly run through sands and gravels, deposits from the nearby Rhine and in groundwater, something necessitating the application of TBMs over lengthy sections for the 2 time-delayed drives in a north-south direction. 6 years have been earmarked for construction. The 2 tunnel bores will be provided with a solid slab track so that rescue vehicles will be able to use them – and will be linked by cross-passages set 500 m apart. Sonic boom structures will be set up at the tunnel portals (as in the case of the Katzenbergtunnel) to suppress noise caused by fast trains entering and leaving the tunnel.

G.B.


Literatur/References

- [1] Katzenbergtunnel: Besondere Portale verhindern Tunnelknall. Tunnel 2/2011, pp. 10 – 12
- [2] Rastatter Tunnel wird gebaut. Tunnel 2/2012, p. 4

Deutschland

NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnelbauwerke, Stand August 2012

Nach Ausführung des derzeit größten Infrastrukturprogramms der Bundesrepublik Deutschlands, des Verkehrsprojekts Deutsche Einheit (VDE) Nr. 8, kann man mit der Bahn in weniger als vier Stunden von München nach Berlin fahren, wodurch die Fahrzeit halbiert wird. Diese über 670 km lange Eisenbahn-Verbindung ist Bestandteil des Transeuropäischen Netzes (TEN) der Europäischen Union (EU). 2006 gingen bereits die Abschnitte Nürnberg-München und Halle/Leipzig-Berlin mit entsprechenden Fahrzeitverkürzungen und Leistungssteigerungen in Betrieb. Über 10 Mrd. EUR werden in dieses Großprojekt investiert, u.a. auch mit Beteiligung der EU.

NBS Ebersfeld-Erfurt

Für die über 220 km lange Neubaustrecke (NBS) vom fränkischen Ebersfeld über Erfurt bis in den Großraum Leipzig/Halle/Saale), Bestandteil des VDE 8, ist eine abschnittsweise Inbetriebnahme vorgesehen, und zwar

- Erfurt-Leipzig/Halle (VDE 8.2) 2015 und
- Ebersfeld-Erfurt (VDE 8.1) 2017.

Die Ausbaugeschwindigkeit beträgt 300 km/h. Insgesamt müssen 27 Tunnelbauwerke (rd. 64 km) mit 300 bis 8.300 m Länge gebaut werden – überwiegend im Sprengvortrieb (Spritzbetonbauweise) oder offener Bauweise, mit zweigleisiger Tunnelröhre zwischen Ebersfeld und Erfurt sowie zwei parallelen, eingleisigen Tunneln zwischen Erfurt und Leipzig/Halle mit Querschlägen.

Die letzten Tunnel sind vor kurzem durchschlagen (Tab. 1); der Fertigungsstand der Tunnelbauwerke zeigt den Baufortschritt des Großprojektes VDE 8.1 (Tab. 2). Die Tunnel werden noch mit Fester Fahrbahn und Oberleitungsanlagen ausgerüstet. Die Bauarbeiten laufen im Plan. Die Inbetriebnahme der neuen Strecke ist für 2017 vorgesehen, nördlich von Leipzig bereits 2015.

G.B.



Germany

New Ebersfeld-Erfurt Rail Route: Tunnels, as of August 2012

After the completion of the currently largest infrastructure programme in the Federal Republic of Germany, the German Unity Transport (VDE) Project No. 8, it will be possible to travel by train in less than 4 hours from Munich to Berlin. This cuts the travelling time in half. This more than 670 km long rail link represents part of the Trans-European Network (TEN) of the European Union (EU). The Nuremberg-Munich and Halle/Leipzig-Berlin sections

went into service back in 2006 resulting in corresponding cuts in travelling times and improvements in services. More than 10 billion euros has been invested in this major scheme, which also involves EU participation.

New Ebersfeld-Erfurt Route

The more than 220 km long, new rail route from Ebersfeld in Franconia via Erfurt to the Leipzig/Halle (Saale) conurbation, part of the VDE 8, will be commissioned in sections namely

- Erfurt-Leipzig/Halle (VDE 8.2) in 2015 and
- Ebersfeld-Erfurt (VDE 8.1) in 2017.

The route is designed for speeds of up to 300 km/h. Altogether 27 tunnels (roughly 64 km) varying from 300 to 8,300 m in length had to be produced – largely employing drill+blast (shotcreting method) or via cut-and-cover, with twin-track tunnel bores between Ebersfeld and Erfurt as well as 2 parallel, single-track tunnels between Erfurt and Leipzig/Halle with cross-passages.

The last tunnels were broken through recently (Table 1); the level of completion of the tunnels indicates the amount of progress accomplished on the major VDE 8.1 project (Table 2). The tunnels still have to be provided with solid slab tracks and overhead lines. Work is up to schedule. It is intended to open the new route in 2017 with the section to the north of Leipzig being commissioned earlier - in 2015.

G.B.



Tabelle 1: Letzte Tunneldurchschläge (VDE 8.1)

Table 1: Last Tunnel Breakthroughs (VDE 8.1)

Datum	Ort	Länge [m]
29.08.2011	Eierberge	3.756 m
29.11.2011	Silberberg	7.391 m
04.12.2011	Lichtenholz	931 m
04.12.2011	Kulch	1.331 m
06.03.2012	Fleckberg	1.490 m
18.04.2012	Rennberg	1.073 m
21.06.2012	Füllbach	1.113 m
03.08.2012	Höhnberg	824 m

Tabelle 2: Stand der Tunnelarbeiten Ende August 2012 (VDE 8.1)

Table 2: Stage reached by Tunnelling late-August 2012 (VDE 8.1)

	Tunnelanzahl / No. of tunnels	[%]	Länge [m] / Length [m]	[%]
Durchschlagen / Breakthroughs	5	20	5.830	10
Rohbau fertig / Completed roughwork	11	44	31.070	55
Innenschale / Inner shell	9	36	19.600	35
	25	100	56.500	100

Literatur / References

- [1] Tunnel für die NBS Ebersfeld-Erfurt. Tunnel 4/2008, pp. 20-21
- [2] NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnel Kulch. Tunnel 4/2011, p. 17
- [3] NBS Ebersfeld-Erfurt: Durchschlag beim Tunnel Bleßberg. Tunnel 7/2011, p.12
- [4] NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnel Fleckberg. Tunnel 7/2011, p. 15
- [5] NBS Ebersfeld-Erfurt: Tunnel Eierberge und Füllbach. Tunnel8/20011, p. 21
- [6] NBS Ebersfeld-Erfurt: Durchschlag für drei weitere Tunnel. Tunnel 3/2012, p. 4 (Silberberg, Lichtenholz, Kulch)
- [7] Letzter Durchschlag in Thüringen. Tunnel 5/2012, p. 5 (Fleckenberg)

Deutschland

Stuttgart 21 und NBS Wendlingen-Ulm

Der Stuttgarter Kopfbahnhof wird zu einem um 90° gedrehten und tiefer gelegten Durchgangsbahnhof umgebaut, und zwar künftig mit 8 Gleisen an 4 je 420 m langen Mittelbahnsteigen, wobei die neuen Gleise in etwa 11 m Tiefe liegen. Der Bahnhof wird in alle Richtungen an das regionale und überregionale Schienennetz über 4 Zufahrtsgleise je Bahnhofskopf angeschlossen. Die Bauarbeiten für den Tiefbahnhof Stuttgart, unter anderem die Zufahrtstunnel zum Bahnhof am Nord- und Südkopf in offener Bauweise, sind bereits vergeben (300 Mio. EUR). Zum Projekt gehören 9 Tunnel mit 30 km Länge bzw. 55 km Röhrenlänge; dazu gehören im Norden die Tunnelbauwerke Bad Cannstadt (3,8 km) und

Feuerbach (3,2 km), sowie im Süden als längster Tunnel der 9.468 m lange Fildertunnel. Die Tunnel haben überwiegend 2 eingleisige Röhren, die durch Querschläge miteinander verbunden werden. Die Rohbauarbeiten für die Tunnel wurden inzwischen zu 90 % vergeben; die Inbetriebnahme ist 2020 geplant. – Zur im Süden anschließenden 60 km langen NBS Wendlingen-Ulm gehören 3 Tunnel mit je 2 eingleisigen Röhren und 27,3 km Gesamtlänge bzw. 54,6 km Röhrenlänge bei Einzellängen zwischen 5,9 und 13,5 km Länge. G.B.



Germany

Stuttgart 21 and new Wendlingen-Ulm Rail Line

The Stuttgart terminus station is being modified to form a through station after being turned by 90° and laid deeper. In future it will possess 8 tracks and four 420 m long central platforms – with all the new tracks set at a depth of some 11 m. The station will be linked in all directions to the regional and supraregional rail networks via 4 access tracks at both ends. The construction work for the Stuttgart deep-lying station, including the access tunnels at the north and south ends produced by cut-and-cover, has already been commissioned (300 million euros). The project involves 9 tunnels totalling 30

km in length with 55 km having to be bored. This includes the Bad Cannstadt (3.8 km) and Feuerbach (3.2 km) tunnels in the north as well as the 9,468 m long Filder Tunnel in the south – making it the longest structure. The tunnels largely possess 2 single-track bores, linked to each other by cross-passages. 90% of the roughwork operations for the project is due to be completed in 2020. The 60 km long new Wendlingen-Ulm rail line, which connects towards the south has 3 tunnels with 2 single-track bores – with a total length of 27.3 km and 54.6 km bored length with individual lengths ranging from 5.9 to 13.5 km. G.B.

G.B.

**Literatur / References**

- [1] Azer, H.; Engel, B.: Stuttgart 21 und NBS Wendlingen-Ulm. Tunnel 7/2009, pp. 12 – 24
- [2] Ausnahmegenehmigung für Fildertunnel. Tunnel 7/2010, p. 15


**Beschichtung****Brandschutz****Tunnelarbeiten****Instandsetzung****Reinigung**

Schweiz

Gotthard-Basistunnel ohne Porta Alpina

Auf den Bau einer Bahnhaltestelle im Gotthard-Basistunnel unterhalb von Sedrun wird vorläufig verzichtet. Die Multifunktionsstelle Sedrun, wo sich eine Nothaltestelle mit klimatisierten Räumen für den Ereignisfall befindet, sollte nach dem Projekt Porta Alpina von 2005 zu einer Haltestelle für Personenzüge und damit zur besseren Entwicklung des Raumes Oberalp-Gotthard als Touristenregion ausgebaut werden – für die Reisenden zugänglich durch einen Aufzug in einem 800 m tiefen Schacht. Dafür waren 50 Mio. CHF (41,7 Mio. EUR) veranschlagt. Der Bundesrat beschloss im Jahr 2005 die Mitfinanzierung der Vorinvestitionen mit höchstens 7,5 Mio. CHF und im Mai 2007, über die Hauptinvestitionen erst nach Klärung offener Fragen zum Betrieb zu entscheiden.

Baubeginn war der 23. Oktober 2006 und inzwischen ist der Ausbruch der 4 Wartehallen im Berg abgeschlossen; bisher entstanden Kosten in Höhe von 15,8 Mio. CH (rd.13 Mio. EUR).

Inzwischen hatten die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) nachgewiesen, dass ein minimales Angebotskonzept den Betrieb auf der Transitlinie nicht einschränkt,

jedoch die Kapazitätsreserven für den Güterverkehr verringern würde. Ein solches Angebot wäre nicht wirtschaftlich und müsste von der Trägerschaft der Porta Alpina mit jährlich 9 Mio. CHF (7,5 Mio. EUR) unterstützt werden. Angesichts dieser Ausgangslage und der Tatsache, dass keine genehmigungsreife Planung vorliegt, hat der Kanton Graubünden das bestehende Projekt bereits früher abgelehnt. Der Bundesrat hat nun aufgrund des angeordneten Gutachtens auf die Porta Alpina verzichtet. Ohne gesicherte Beteiligung des Bundes sind die finanziellen Risiken für die Trägerschaft Porta Alpina zu hoch – deshalb der Verzicht.

In der Multifunktionsstelle Sedrun dient der Aufzug im Schacht I nur dem Wartungspersonals und der Klimatisierung; Reisende aus dem Zug eines Ereignisfalls werden dagegen schienengebunden aus dem Basistunnel befördert.

G.B.


Switzerland

Gotthard Base Tunnel without Porta Alpina

For the time being no station will be built below Sedrun in the Gotthard Base Tunnel. The Sedrun Multi-Function Station, where an emergency halt with air-conditioned premises is located for emergency purposes, was to have been expanded in accordance with the Porta Alpina project in 2005 to provide a passenger station and in turn improve the Oberalp-Gotthard area for tourism – made accessible for travellers thanks to a lift in an 800 m deep shaft. A sum of 50 million CHF (41.7 million euros) was earmarked for this purpose. In 2007, the Federal Council decided to provide at the most 7.5 million CHF towards the prior investment costs and to decide on the main investments in May 2007 once unresolved issues were clarified.

Work commenced on October 23, 2006 and in the interim the 4 waiting halls in the rock have been excavated so far involving costs of 15.8 million CHF (some 13 million euros).

In the meantime the Swiss Federal Railways (SBB) have shown

that the provision of minimum services does not restrict traffic on the transit line although this would reduce capacity reserves for goods traffic. This kind of set-up would not be economically viable and would have to be supported to the tune of 9 million CHF (7.5 million euros) per year by the Porta Alpina funding body. In view of this situation and the fact that no planning approval had been granted, the Canton of Graubünden rejected the existing project at an earlier stage. The Federal Council has now decided to do without the Porta Alpina after scrutinising the requested report. Without assurance of support by the state the Porta Alpina funding body finds the financial risks too great – thus leading to the project being shelved.

The lift in Shaft I of the Sedrun Multi-Function Station now only serves service staff and air-conditioning; in the event of an incident train passengers for their part are removed from the Base Tunnel by rail.

G.B.


Literatur / References

- [1] Porta Alpina: Unterirdischer Bahnhof in Sedrun. Tunnel 1/2006, p.8
- [2] Ausrüstung von Multifunktionsstellen und Nebenbauwerken. Alp-Transit Gotthard. Neue Verkehrswege durch das Herz der Schweiz. 12/2011, p. 25, 44-45

Schweiz

Zweite Röhre für den Gotthard-Straßentunnel

Nach sorgfältiger Prüfung ist der Bundesrat zum Schluss gekommen, dass der Bau einer zweiten Tunnelröhre für den aufgrund seines Alters umfassend zu sanierenden Gotthard-Straßentunnel mit anschließender Sanierung des bestehenden Tunnels – jedoch ohne Kapazitätserweiterung – die sinnvollste Lösung ist, um die Sicherheit und Verfügbarkeit der Gotthard-Route zu erhöhen. Der Bau einer zweiten Röhre mit anschließender Sanierung des bestehenden Tunnels – einschließlich deren Betriebstauglichkeit während des Baus der zweiten Röhre – wird insgesamt rd. 2,8 Mrd. CHF (rd. 2,3 Mrd. EUR) kosten.

Mit der Inbetriebnahme der zweiten Tunnelröhre kann im günstigsten Fall etwa im Jahr 2027 gerechnet werden, denn Einsprüche können zu Verzögerungen führen. Die anschließende Sanierung des bestehenden Tunnels dauert etwa 2,5 Jahre. Sobald beide Tunnel in Betrieb sind, gibt es

in jeder Röhre eine Fahrspur und einen Pannestreifen, so dass der normale Unterhalt künftig ohne Sperrnächte gewährleistet werden kann. Auch die später einmal notwendige Sanierung des Tunnels wird dann mit weniger Verkehrsbeeinträchtigungen möglich sein.

Auch bei zwei verfügbaren Tunnelröhren wird je Richtung stets nur eine Fahrspur in Betrieb sein; die andere dient als Pannestreifen. Damit ist sichergestellt, dass die Kapazität des alpenquerenden Verkehrs nicht erhöht und der Alpenschutzartikel in der Bundesverfassung nicht verletzt wird. Der Bundesrat will deshalb die Beschränkung der Fahrspuren gesetzlich verankern. G.B.



Switzerland

Second Bore for Gotthard Road Tunnel

After careful scrutiny, the Federal Council has reached the conclusion that the building of a second tunnel bore for the Gotthard Road Tunnel, which requires extensive redevelopment on account of its age, would be the most sensible solution to secure the safety and availability of the Gotthard route. This would also involve developing the existing tunnel – without increasing the overall capacity. The production of a second bore followed by the renovation of the existing one – including keeping it operational during the construction of the second bore – will cost a total of around 2.8 billion CHF (some 2.3 billion euros).

The second tunnel bore will be opened at the earliest in 2027 for objections could lead to delays. The subsequent renovation

of the existing tunnel will take some two and a half years. As soon as both tunnels are operational, each bore will possess a traffic lane and a breakdown lane so that normal maintenance can then be assured without closures during the hours of night. Traffic will also be less affected in future when the tunnel is subjected to essential maintenance work.

Even when 2 tunnel bores are available only 1 lane will be at the disposal of vehicles in one direction, with the other serving as a breakdown lane. In this way it will be ensured that the capacity of traffic passing through the Alps is not increased so that the article protecting the Alps anchored in the Federal Constitution is not violated. As a consequence, the Federal Council intends making the restriction applying to the traffic lanes legally binding. G.B.



Literatur / References

- [1] Gotthard-Straßentunnel: Sanierung früher notwendig, Tunnel 7/2008, p. 4
- [2] Die Sanierung des Gotthard-Straßentunnels steht an, Tunnel 3/2010, p. 6 und 7/2008, p. 4
- [3] Mayer, C.M.: Sanierungsvarianten für den Gotthard-Straßentunnel, Tunnel 2/2011, pp. 53-55

Rolling Stock Palomino



Maschinen
Stahlbau



Dresden
Niederlassung der Herrenknecht AG

Der Spezialist für Ihren

Rolling Stock

Besuchen Sie uns für weitere Lösungen unter www.msd-dresden.de

Tunnelbau in Deutschland: Statistik (2011/2012), Analyse und Ausblick

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

1 Statistik der im Bau befindlichen Tunnel 2011/12

Wie in den Vorjahren hat die STUVA auch für den Jahreswechsel 2011/12 eine Umfrage zu den laufenden Tunnelbauvorhaben in Deutschland durchgeführt. Das Ergebnis ist für den Stichmonat Dezember 2011 tabellarisch zusammengestellt und nachfolgend bewertet. Es handelt sich dabei um eine Fortschreibung der für 1978 [2] bis 2011 [3] veröffentlichten Tabellen. Erfasst wurden nur solche Tunnel- und Kanalbauwerke, die einen begehbaren oder bekriechbaren Ausbruchquerschnitt, d.h. einen lichten Mindestdurchmesser von 1000 mm bzw. unter Einbeziehung der Rohrwandung mindestens einen Ausbruchquerschnitt von etwa 1 m² aufweisen. Unberücksichtigt blieben dagegen – wie in den Vorjahren – grabenlose Kleinvortriebe, die im Zusammenhang mit dem Sammlerbau, den zugehörigen Hausanschlüssen oder auch bei Unterpressungen von Bahn- und Straßenanlagen zur Anwendung gelangen.

Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack; Dipl.-Bibl. Martin Schäfer,
STUVA – Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., Köln/D

Die Tabellen der zum Jahreswechsel 2011/12 im Bau befindlichen Tunnelprojekte sind aufgrund Ihres Umfangs nicht im Detail abgedruckt, können jedoch von den Internet-Seiten der STUVA (<http://www.stuva.de>) abgerufen werden. In diesen Tabellen wird der Bezug zu dem Datenmaterial der Vorjahre über die Nummerierung der Tunnelbauvorhaben erkennbar. Im Einzelnen setzt diese sich aus ein oder zwei Kennbuchstaben, einer zweiziffrigen fortlaufenden Registrierungsnummer und der ebenfalls zweiziffrigen Angabe des Erfassungsjahres zusammen. Die Kennbuchstaben dienen dazu, die geplante Tunnelnutzung stichwortartig aufzuzeigen:

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

Tunnelling in Germany: Statistics (2011/2012), Analysis and Outlook

For almost 35 years, the STUVA, in line with a corresponding proposal put forward by the International Tunnelling and Underground Space Association, has compiled statistics on tunnelling activities in Germany [1].

1 Statistics on Tunnels under Construction 2011/2012

As in previous years, the STUVA also undertook a survey of current tunnelling projects in Germany at the turn of the year 2011/2012. The outcome is compiled in tabular form for the month of December 2011 and subsequently assessed. The table follows up its predecessors published for the years 1978 [2] to 2011 [3]. Only tunnels and drain/sewer structures which possess an accessible (walk-in or crawl-in) excavated cross-section, i.e. a clear minimum diameter of 1,000 mm or, including the pipe wall, a minimum cross-section of roughly 1 m², are listed. On the other hand, small trenchless headings which, in recent years, have frequently been executed in conjunction with main drain construction, the relevant domestic connections, and also pipe-jacking operations beneath rail and road facilities, are not included.

The tunnel projects under construction at the turn of the year 2011/2012 are not listed in

detail on account of their extent; however data can be obtained from STUVA's Internet pages (<http://www.stuva.de>). In these tables, the numbering of the tunnel projects indicates the relationship to the data material originating from previous years. Essentially it takes the form of single or double identification letters, a two-digit sequential registration number and a two-digit annual identification number. The identification letters serve to provide a brief assessment of the planned tunnel utilisation, namely:

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

The identification number US 0111 therefore refers to a tunnel project with the sequential number 1 from the Underground, Urban and Rapid Transit Tunnels sector which was included for the first time in the statistics in 2011. The above-mentioned

Jahreswechsel Turn-of-the year	2011/12				2010/11				2009/10 (zum Vergleich / to compare)			
	Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]	
US: U-, Stadt-, S-Bahn Underground, urban and rapid transit system	24,121	(0,000)	2.036,1	(0,0)	33,249	(6,394)	3.247,2	(389,0)	27,308	(0,000)	2.712,0	(0,0)
B: Fernbahn Main-line railway	71,789	(5,762)	9.696,3	(949,0)	96,939	(6,137)	10.516,0	(589,0)	90,841	(10,546)	9.321,0	(1.487,0)
S: Straßen Road	42,591	(11,497)	4.473,0	(686,0)	43,719	(4,330)	5.003,5	(462,0)	41,0030	(12,253)	4.373,0	(1.360,0)
Verkehrstunnel Traffic tunnels	138,501	(17,259)	16.205,4	(1.635,0)	173,907	(16,861)	18.766,7	(1.440,0)	159,152	(22,799)	16.490,0	(2.847,0)
A: Abwasser Sewage	7,882	(3,422)	75,3	(34,3)	6,069	(2,540)	52,2	(10,2)	4,529	(3,335)	54,2	(42,7)
V: Versorgung Utility lines	2,500	(2,500)	7,7	(7,7)	5,400	(0,900)	55,6	(9,0)	4,500	(0,450)	46,6	(3,0)
So: Sonstiges Others	6,566	(0,785)	186,4	(45,4)	6,981	(1,200)	157,0	(16,0)	5,781	(5,781)	141,4	(141,4)
Gesamt Total	155,449	(23,966)	16.474,8	(1.722,4)	192,357	(21,501)	19.031,6	(1.475,2)	173,962	(32,365)	16.732,2	(3.034,1)
GS: Grundsanie rung von Tunneln Redevelopments of tunnels	5,167	(5,167)			2,014	(0,407)			1,607	(1,607)		
Die Klammerwerte geben die zum betrachteten Jahreswechsel neu erfassten Tunnelbaukilometer bzw. m ³ Ausbruchvolumen an The values in brackets relate to the newly compiled tunnel construction km and m ³ of excavated volume at the given turn-of-the-year												

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

Table 1: Driven length and excavated volume of tunnels under construction at the given turn-of-the-year

Dementsprechend besagt die Kennnummer US 0111, dass es sich um das Tunnelprojekt mit der laufenden Nummer 1 aus dem Bereich der U-, Stadt- und S-Bahnen handelt, das im Jahr 2011 erstmals in die Statistik aufgenommen wurde. Die vorstehend beschriebene Art der Nummerierung wurde vor dem Hintergrund gewählt, dass die meisten Baustellen, insbesondere aus dem Verkehrstunnelbereich, über 2 bis 3 Jahre und mehr laufen. Um Doppelzählungen zu vermeiden und um das jeweils neu hinzugekommene Bauvolumen ausweisen zu können, hat sich diese Art der Registrierung bewährt. Entsprechend wird in Tabelle 1 nicht nur das Gesamtbauvolumen,

sondern in Klammern auch das im Berichtsjahr jeweils neu erfasste Bauvolumen ausgewiesen. Zum Vergleich sind dort neben den Angaben für den Jahreswechsel 2011/12 auch die Zahlen der beiden Vorjahreswechsel aufgeführt.

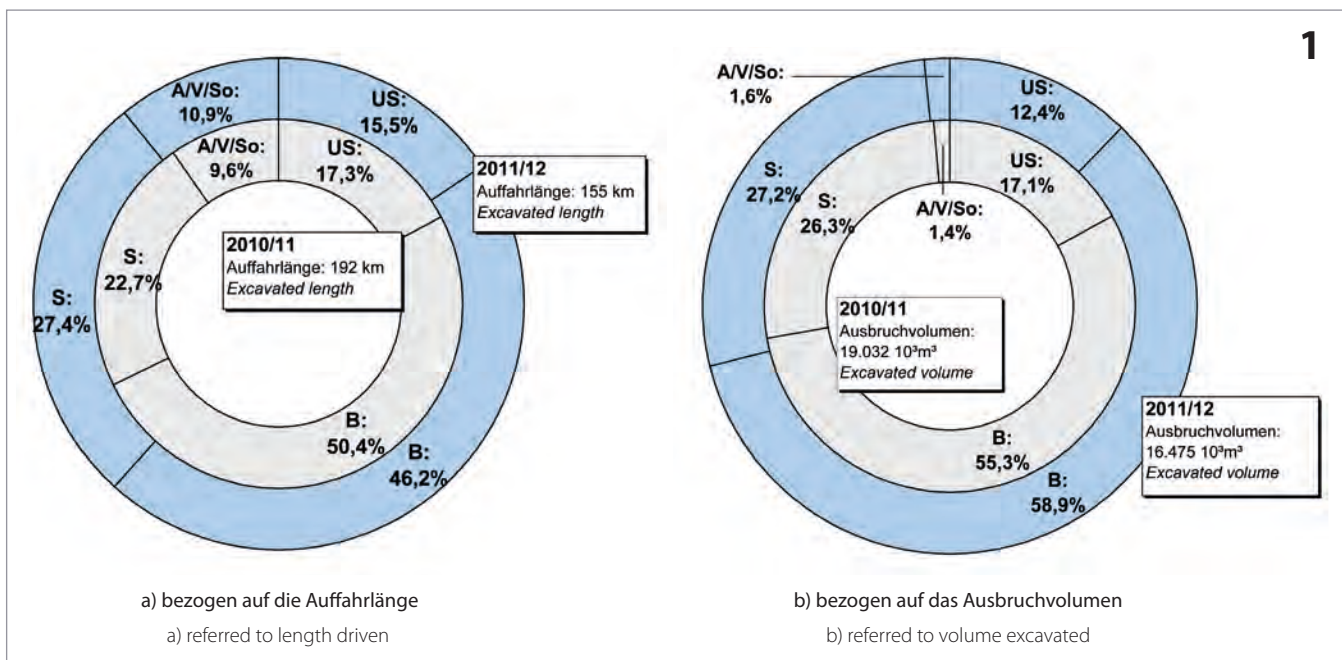
Allgemein informieren die Tunnellisten auf den Internetseiten der STUVA über Lage und spätere Nutzung der aufgeführten Tunnel, über Länge und Querschnitt sowie über die vorwiegend angetroffenen Bodenverhältnisse. Das angewandte Bauverfahren wird stichwortartig beschrieben und die geplante Bauzeit angegeben. Soweit möglich, werden Bauherren, Planer und Ausführende benannt, letztere in einer ergänzenden alphabetisch ge-

method of identification was selected against the background that the majority of construction sites, especially those from the transportation tunnel sector, run for 2 or 3 years, or even more. This method of registration has proved itself in order to avoid projects being counted twice and to identify the new construction volume that was to be included. Relevant indicators relating to calculation of construction lengths and excavated volumes are accordingly contained in Table 1. In addition to the details for the turn of the year 2011/2012, the figures from the 2 previous years can also be found there for comparison.

By and large, the tunnel lists on the STUVA Internet pages provide information

on the location and ultimate utilisation of the tunnels that are included, their length and cross-sections, and also the soil conditions mainly encountered. The construction method used is explained in brief and the scheduled construction time stated. As far as possible, the clients, designers and contractors are named, in alphabetical order. Details of construction or technical aspects of a special nature are also provided for many projects.

When comparing transportation tunnels with supply and disposal tunnels, information on the excavated volumes of the individual works makes it possible to estimate the actual extent of the relevant measures in a better manner than mere



Anteil der verschiedenen Arten der Tunnelnutzung (Tabelle 1)
Proportion of the various types of tunnel utilisation (Table 1)

ordneten Auflistung. Schließlich werden in zahlreichen Fällen noch konstruktive oder verfahrenstechnische Besonderheiten angemerkt.

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

Tabelle 1 vermittelt ein Bild über die jeweils zum angegebenen Jahreswechsel im Bau befindliche gesamte Tunnelauffahrlänge und das zugehörige Ausbruchvolumen. Außerdem

sind für den Jahreswechsel 2011/12 in Bild 1 Auffahrlänge und Ausbruchvolumen nach der Art der Tunnelnutzung graphisch aufgegliedert.

Ein genereller Vergleich der Zahlen in Tabelle 1 lässt eine deutliche Abnahme der Auf-

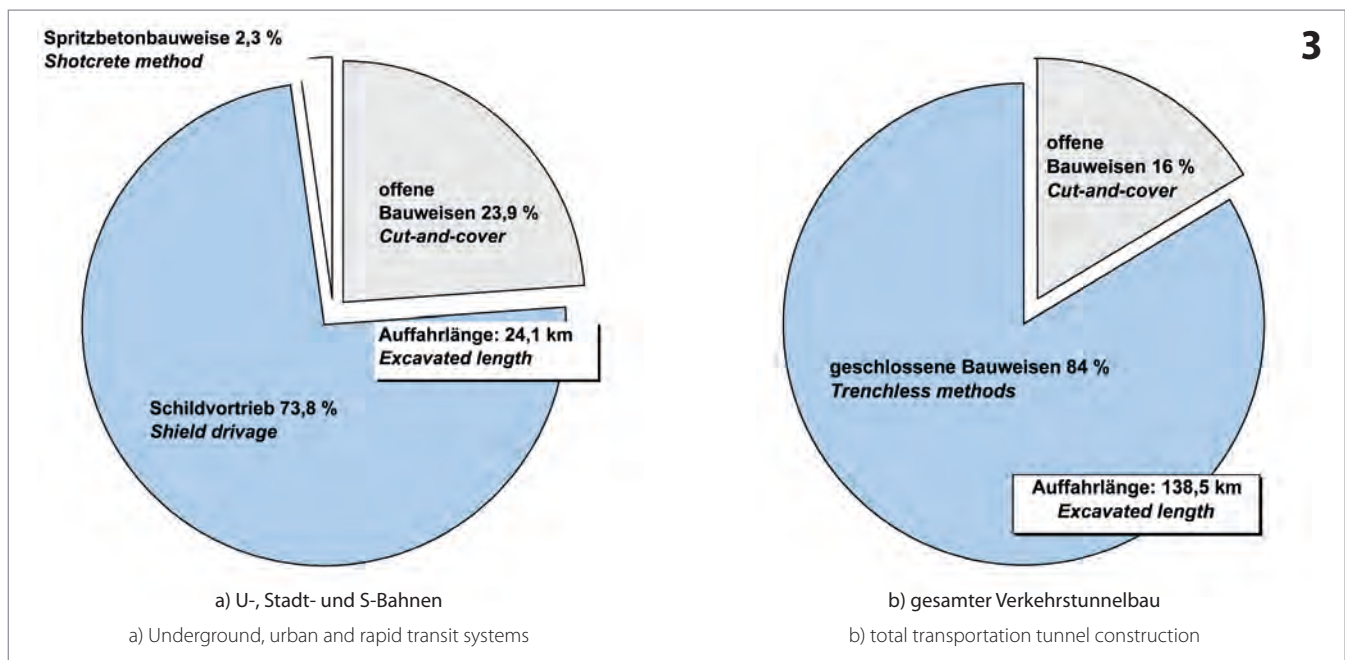
details of lengths. However, the following should be observed when comparing the excavated volume: whereas the excavated volumes for trenchless construction measures can be determined with certainty, the comparative value for cut-and-cover methods can

only be obtained by subtracting the amount of soil required for refilling from the total excavated.

Table 1 provides a picture of the overall tunnelling length under construction at the end of the year in question and the related construction volume. For



Bau des neuen Bebenroth-Tunnels zwischen Werleshausen und Eichenberg auf der Nord-Süd-Strecke
Building the new Bebenroth Tunnel between Werleshausen and Eichenberg on the north-south route



Struktur des Verkehrstunnelbaus in Deutschland zum Jahreswechsel 2011/12

Structure of transportation tunnel construction in Germany at the turn-of-the-year 2011/2012

fahrlängen der Verkehrstunnel zum Jahreswechsel 2011/12 mit insgesamt rund 140 km gegenüber dem Vorjahreswechsel mit knapp 174 km erkennen. Die Bautätigkeit ging insbesondere in den schienengebundenen Verkehrsbereichen (U-, Stadt-, S-Bahn und Fernbahn) zurück, während die Bautätigkeit im Bereich Straßentunnelbau in etwa auf dem Niveau des Vorjahres verblieb.

Betrachtet man die Angaben zum Ausbruchvolumen, so ergibt sich bei einem Vergleich zwischen den Verkehrstunneln einerseits und den Ver- und Entsorgungstunneln andererseits bei einem längenbezogenen Verhältnis von knapp 8:1 ein Volumenverhältnis von etwa 60:1 (Bild 1).

Die Frage der Vollständigkeit des durch die STUVA-Umfrage von den Baufirmen und den Ingenieurbüros erhaltenen Zahlenmaterials ist nur schwer abzuschätzen. Um in dieser Hinsicht eine größere Zuverlässigkeit sicherzustellen, wurden im

Rahmen der Erhebung 2011/12 wie in den Vorjahren auch die im U-, Stadt- und S-Bahnbau tätigen Städte sowie die Deutsche Bahn AG angeschrieben. Die Daten für die Tunnel der Bundesfernstraßen wurden vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) bereitgestellt [4]. In zahlreichen Fällen erbrachten die Antworten dieser Behörden, der Bauherren und Betreiber sowie der Deutschen Bahn AG wichtige Ergänzungen und Korrekturen. Generell sei dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, der Deutschen Bahn AG, den anderen genannten Behörden und Bauherren, den Planungsbüros sowie den beteiligten Baufirmen an dieser Stelle für die Mitarbeit bei der statistischen Erfassung laufender Tunnelbauvorhaben ausdrücklich gedankt.

Im Folgenden wird das Ergebnis der Erhebung per Dezember 2011 in verschiedener Hinsicht genauer ausgewertet, um so einen aktuellen Über-

the turn of the year 2011/2012, Fig. 1 also contains the driven length and the excavation volume in accordance with the type of tunnel utilisation shown in graphic form.

A general comparison of the figures in Table 1 again reveals a clear increase in the driven length of transportation tunnels as at the turn of the year 2011/2012, with a total of some 140 km compared with almost 174 km the previous year. Building activities tailed off particularly on trackbound sectors (Underground, Urban and Rapid Transport and Main-Line Rail) whereas operations in the field of road tunnel construction remained roughly at the previous year's level.

If one considers the data relating to excavated volume, there is a length-related ratio of almost 8:1 as against a volume-related one of around 60:1 when comparing transportation tunnels on the one hand with supply and disposal facilities on the other (Fig. 1).

The question of the completeness of the data obtained from the STUVA survey from construction contractors and consultants is difficult to assess. In order to arrive at greater reliability in this respect, the cities engaged in Underground, Urban and Rapid Transit construction activities, and also Deutsche Bahn AG, were requested to supply data within the scope of the 2011/2012 survey, as was the case in previous years. The Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs provided data for federal trunk road tunnels [4]. In a large number of cases, the replies from these authorities and from Deutsche Bahn AG resulted in important additions and corrections. At this point, a special word of thanks goes to the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs, Deutsche Bahn AG, the other authorities and clients mentioned and the architects and contractors involved, for their assistance in compiling the statistics for current tunnelling projects.

blick über den Tunnelbau in Deutschland zu erhalten. Zur Vertiefung sei auf die umfassenden Erläuterungen in der Dokumentation „Unterirdisches Bauen Deutschland 2010“ mit zahlreichen in Wort und Bild dargestellten Beispielen verwiesen [5].

- Der Schwerpunkt des innerstädtischen Bahntunnelbaus (Tabellenteil US) liegt in

diesem Jahr in Hamburg, wo sich zum Jahreswechsel 2011/12 gut 7,2 km U-Bahntunnel im Bau befanden. In Köln werden zurzeit etwa 6,3 km U-Bahn- bzw. Stadtbahntunnel aufgeföhren. Weitere Tunnelstecken sind in Karlsruhe (3,7 km), Düsseldorf (3,3 km), Berlin (2,6 km) und Stuttgart (1,0 km) im Bau.

- Der längenbezogene Anteil der geschlossenen Bauwei-

Bundesland	Tunnellängen Length [km]				Anteil Shares [%]
	US	B	S	gesamt total	
BW Baden-Württemberg	4,646	0,000	13,398	18,044	13,0
BY Bayern	0,000	13,045	9,728	22,773	16,4
BE Berlin	2,600	0,000	0,000	2,600	1,9
BB Brandenburg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
HB Bremen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
HH Hamburg	7,220	0,000	0,000	7,220	5,2
HE Hessen	0,000	1,370	6,398	7,768	5,6
MV Mecklenburg-Vorpommern	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
NI Niedersachsen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
NRW Nordrhein-Westfalen	9,655	0,000	4,895	14,550	10,5
RP Rheinland-Pfalz	0,000	4,242	1,452	5,694	4,1
SL Saarland	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
SN Sachsen	0,000	0,000	0,195	0,195	0,1
ST Sachsen-Anhalt	0,000	30,940	0,000	30,940	22,3
SH Schleswig Holstein	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
TH Thüringen	0,000	22,192	6,525	28,717	20,7
Alle Bundesländer All Federal States	24,121	71,789	42,591	138,501	100,0

Tabelle 2: Regionale Zuordnung der zum Jahreswechsel 2011/12 im Bau befindlichen Verkehrstunnelprojekte

Table 2: Regional distribution of the transportation tunnels under construction at the turn-of-the-year 2011/2012

In the following, the results of the survey as of December 2011 are evaluated more thoroughly in various ways in order to obtain an up-to-date overview of tunnelling in Germany. In order to substantiate this, the comprehensive explanatory notes relating to the structures to be found in "Underground Construction in Germany 2010", containing a large number of examples presented in both illustrated and written form are referred to [5].

- This year, the main activities relating to inner-urban rail tunnelling (Table section US) took place in Hamburg, where some 7.2 km of Underground tunnels was under construction at the turn of the year 2011/2012. Currently around 6.3 km of Underground and Urban Railway tunnels are under construction in Cologne. Further tunnel projects are underway in Karlsruhe (3.7 km), Düsseldorf (3.3 km), Berlin (2.6 km) and Stuttgart (1.0).
- The length-related proportion of trenchless construction methods with regard to inner-urban rail tunnel construction amounted to 16.4 km at the end of 2011, accounting for approx. 76 % of the total national construction volume for Underground Railway, Urban and Rapid Transit rail systems (68 % the previous year). Of this total, some 2 % was accounted for by shotcreting methods (8 % the previous year) and roughly 74 % (60 % the previous year) by shield driving. Fig. 3a provides a survey of the percentages accounted for by the various tunnelling methods. In this context, the diagram in Fig. 4a shows the length-related

proportion of trenchless construction methods in Underground Railway, Urban and Rapid Transit rail construction during the last 20 years. In this diagram, the division of trenchless construction methods into shotcreting and shield driving is especially featured.

- The main-line rail tunnels listed in Part B largely relate to works in conjunction with the new-line and upgrading programme for Deutsche Bahn AG's high-speed routes. Of the tunnelling projects currently being implemented (a total of 72 km), almost 35 km is accounted for by the new Ebersfeld-Erfurt line and some 31 km by the Erfurt to Halle/Leipzig lines. These main-line rail tunnel projects predominantly employ underground („trenchless“) tunnelling (Fig. 4b), 81 % using the shotcreting method (Fig. 2).
- Road tunnel construction (Part S of the table), like the two other transportation tunnel sectors, has constantly been subject to pronounced fluctuations in contracting in recent years. This becomes clearly evident from the award curve in Fig. 5 and above all, from the curve pertaining to the award and length-related percentages in Fig. 6. Road tunnels related to their lengths are driven both by mining means and by cut-and-cover stands at around 55:45 (Fig. 4c). As far as trenchless construction methods are concerned shotcreting in conjunction with drill+blast dominates in the majority of cases.

In the V and A sections of the table, relating to supply and disposal tunnels, only those of larger

sen am innerstädtischen Bahntunnelbau betrug mit 18,4 km Ende 2011 gut 76 % (Vorjahr 68 %) des bundesweiten Gesamtbauvolumens an U-, Stadt- und S-Bahnen. Wiederum bezogen auf das Gesamtvolumen entfielen gut 2% auf die Spritzbetonbauweisen (Vorjahr 8%) und etwa 74 % (Vorjahr 60%) auf den Schildvortrieb. Eine Übersicht über die Anteile der verschiedenen Tunnelbauverfahren gibt Bild 3a. Ergänzend hierzu zeigt das Diagramm in Bild 4a den längenbezogenen Anteil der geschlossenen Bauweisen im U-, Stadt- und S-Bahn-bau während der letzten 20 Jahre. In diesem Diagramm ist die Unterteilung der geschlossenen Bauweisen nach Spritzbetonbauweisen und Schildvortrieb gesondert gekennzeichnet.

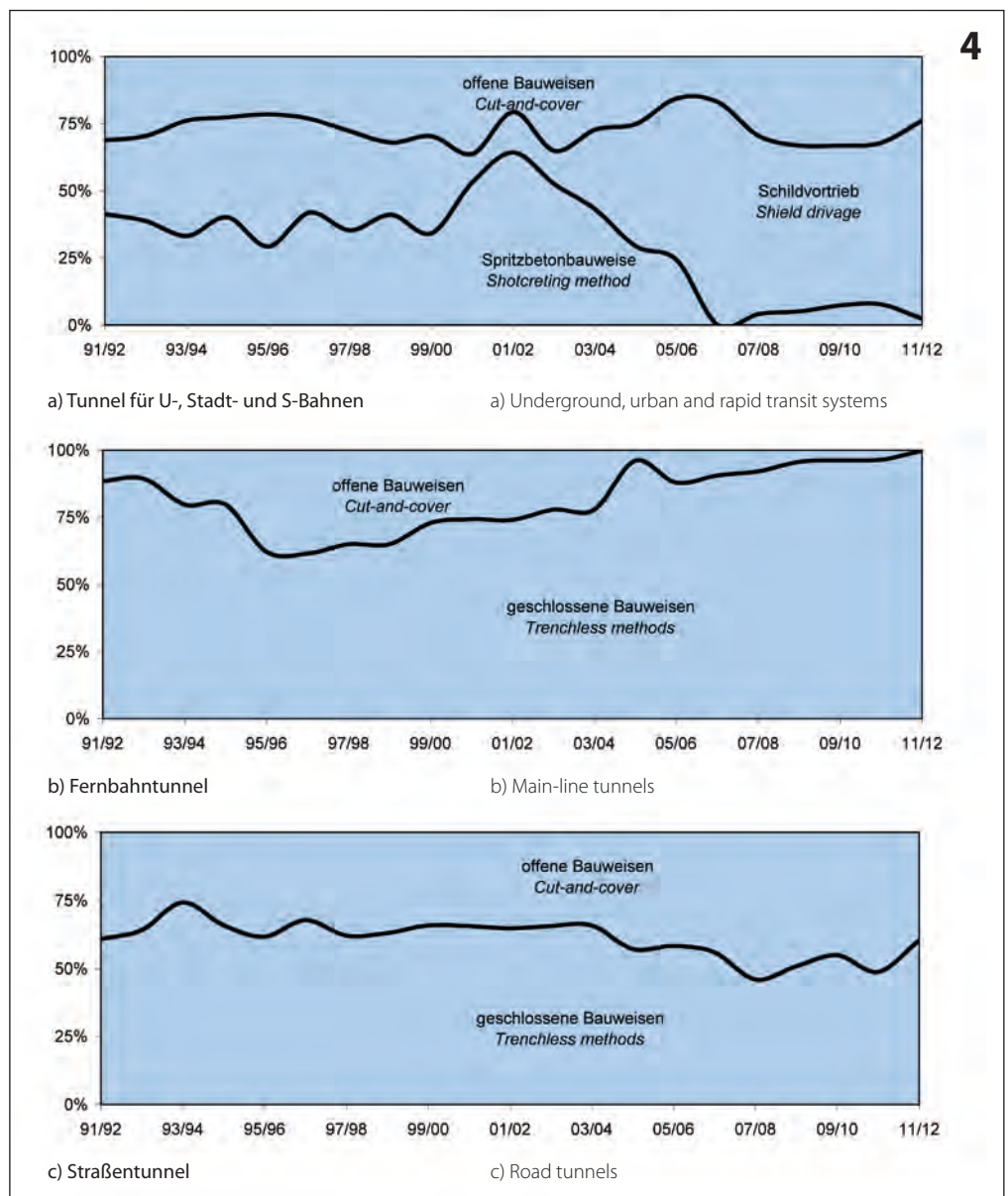
- Die im Tabellenteil B aufgeführten Fernbahntunnel betreffen überwiegend Maßnahmen im Zuge des Ausbau- bzw. Neubauprogramms für die Schnellfahrstrecken der Deutschen Bahn AG. Von den derzeit laufenden Tunnelbaumaßnahmen (insgesamt 72 km) entfallen gut 35 km auf die NBS Ebensfeld–Erfurt und knapp 31 km auf die NBS Erfurt–Halle/Leipzig. Die Fernbahntunnel werden zu fast 100 % in geschlossener Bauweise erstellt (Bild 4b) – dabei wird überwiegend (81 %) die Spritzbetonbauweise angewendet (Bild 2).
- Der Straßentunnelbau (Tabellenteil S) unterlag in den letzten Jahren ebenso wie die beiden anderen Verkehrsbereiche starken Vergabeschwankungen.

Dies lässt sich klar aus der Vergabekurve in Bild 5 und vor allem aus der Blockgrafik zu den vergabemäßigen längenbezogenen Anteilen der Verkehrsträger in Bild 6 ableiten. Das Verhältnis der geschlossenen zu den offenen Bauweisen im Straßentunnelbau beträgt etwa 55:45 (Bild 4c). Bei den geschlossenen Bauweisen dominiert die Spritzbeton-

diameter – as initially explained – are listed. The smallest cross-sections dealt with are roughly 1.0 m in diameter, the largest around 3 to 4 m. All the supply and disposal tunnels assessed at the turn of the year are driven by trenchless means. In the case of waste disposal tunnels, pipe-jacking continues to prevail as it has in previous years. Furthermore, in compiling drain/sewer statistics, it should be pointed out that only main drains

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

The distribution by federal states (Länder) of the tunnels under construction at the end of 2011 is also of interest. Table 2 and Fig. 7 provide more details of this.



Längenbezogene Anteile der geschlossenen bzw. offenen Bauweisen bei den jeweils zum Jahreswechsel im Bau befindlichen Verkehrstunneln

Length-related data on trenchless and cut-and-cover construction methods in conjunction with transportation tunnels under construction at turn-of-the-year

Jahreswechsel Turn-of-the year	2011/12				2010/11				2009/10 (zum Vergleich / to compare)			
Art der Tunnelnutzung Use of Tunnel	Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]		Auffahrlänge Driven Length [km]		Ausbruchvolumen Excavated volume [10 ³ m ³]	
ZUS: U-, Stadt-, S-Bahn Underground, urban and rapid transit system	36,205	(0,355)	2.646,0	(25,0)	39,839	(0,700)	2.855,0	(50,0)	45,533	(2,600)	2.707,0	(0,0)
ZB: Fernbahn Main-line railway	171,623	(2,770)	16.936,0	(428,0)	174,629	(0,000)	18.996,0	(0,0)	180,766	(6,910)	21.924,0	(0,0)
ZS: Straßen Road	140,804	(4,446)	21.516,2	(804,0)	173,013	(16,616)	21.593,6	(1.466,4)	154,758	(9,009)	19.739,0	(1.206,0)
Verkehrstunnel Traffic tunnels	348,632	(7,571)	41.098,2	(1.257,0)	387,481	(17,316)	43.444,6	(1.516,4)	381,057	(17,246)	44.370,0	(1.206,0)
ZA: Abwasser Sewage	55,380	(0,000)	500,6	(0,0)	55,380	(0,000)	501,3	(0,0)	57,880	(2,880)	500,0	(0,0)
ZV: Versorgung Utility lines	0,000	(0,000)	0,0	(0,0)	0,000	(0,000)	0,0	(0,0)	0,000	(0,000)	0,0	(0,0)
ZSo: Sonstiges Others	5,630	(1,200)	499,0	(19,0)	4,430	(0,000)	802,4	(0,0)	4,430	(0,000)	471,0	(106,0)
Gesamt Total	409,642	(8,771)	42.097,8	(1.276,1)	447,291	(17,316)	44.748,3	(1.517,5)	443,367	(20,126)	45.341,0	(1.312,0)
ZGS: Grundsanie- Redevelopments of tunnels	12,093	(2,544)			19,854	(0,000)			20,261	(1,254)		

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

Tabelle 3: Auffahrlänge und Ausbruchvolumen der jeweils zum Jahreswechsel (Baubeginn) geplanten Tunnel

Table 3: Driven length and excavated volume of tunnels under construction at the given turn-of-the-year

bauweise in Verbindung mit dem Sprengvortrieb in der Zahl der Anwendungsfälle.

In den Tabellenteilen V und A für die Ver- und Entsorgungstunnel sind – wie eingangs ausgeführt – nur solche mit größerem Durchmesser aufgelistet. Die kleinsten hier erfassten Querschnitte weisen einen Durchmesser von etwa 1,0 m auf, die größten einen von 3 bis 4 m. Alle zum Jahreswechsel erfassten Ver- und Entsorgungstunnel werden unterirdisch erstellt. Bei den Abwassertunneln überwiegt von den Bauverfahren her – wie in den Vorjahren – die Rohrvorpressung. Generell ist zu der Zusammenstellung der Abwassertunnel außerdem anzumerken, dass es sich hier nur um größere Hauptsammler

handelt. Der wesentlich größere Anteil, meist in offener Bauweise oberflächennah erstellter Sammler mit kleineren Querschnitten ist hier nicht aufgeführt, da er i.A. nicht zum Tunnelbau gerechnet wird.

Bezüglich der zum Jahresende 2011 im Bau befindlichen Tunnel erscheint zusätzlich die Verteilung auf die Bundesländer von Interesse. Hierüber geben Tabelle 2 und Bild 7 nähere Auskunft.

Wertet man für die Verkehrstunnel aus der Statistik der letzten Jahre die jeweils zum Jahreswechsel neu erfassten Auffahrlängen und Ausbruchvolumina vergleichend aus, so ergibt sich ein aufschlussreiches Bild über den Vergabeverlauf. Bild 5 lässt in

If one compares the newly obtained driven lengths and excavated volumes for the turn of the year for transportation tunnels based on the statistics of recent years, then a revealing picture of just how contracts are awarded is obtained. In this connection, Fig. 5 clearly shows the important influence of the DB's new lines and displays the continuing fickleness on the part of public authorities in awarding new tunnelling contracts, a fact which constantly gives rise to complaints by the construction industry and consultants. After a steep rise in awards from 1996 to 2000 (resulting above all from activity in conjunction with the new Cologne – Rhine/Main route), an equally steep downturn in the field of Main-Line Tunnels then

set in for the next 2 to 3 years (Fig. 6). As a consequence, as far as providing work for the available capacities in the tunnelling industry (design and execution) is concerned, expectations are still concentrated on engineering works in conjunction with further new and upgraded lines for Deutsche Bahn AG, and also in the national trunk roads sector (please refer to Chapter 2).

2 Planned Tunnelling Projects

The results of the survey relating to confirmed tunnel projects and those due to be awarded in the near future are naturally of special interest to the construction industry and consultants. Table 3 shows the award period starting in 2012.

diesem Zusammenhang den herausragenden Einfluss der DB-Neubaustrecken erkennen und zeigt unverändert deutlich die von der Bauindustrie und den Ingenieurbüros seit Jahren beklagte Unstetigkeit in der Vergabe des Tunnelneubaus durch die öffentliche Hand. Nach einem steilen Vergabeanstieg in den Jahren 1996 bis 2000 (bedingt vor allem durch die Aktivitäten im Zuge der NBS Köln-Rhein/Main) ist im Bereich der Fernbahntunnel für die darauffolgenden 2 bis 3 Jahre ein ebenso steiler Rückgang festzustellen (Bild 6). Für die Auslastung der Kapazitäten in der Tunnelbauindustrie (Planung und Ausführung) konzentrieren sich daher die Erwartungen unverändert auf die Baumaßnahmen im Zuge der weiteren Neu- und Ausbaustrecken der Deutschen Bahn AG sowie im Bereich der Bundesfernstraßen (siehe hierzu die Ausführungen unter 2.).

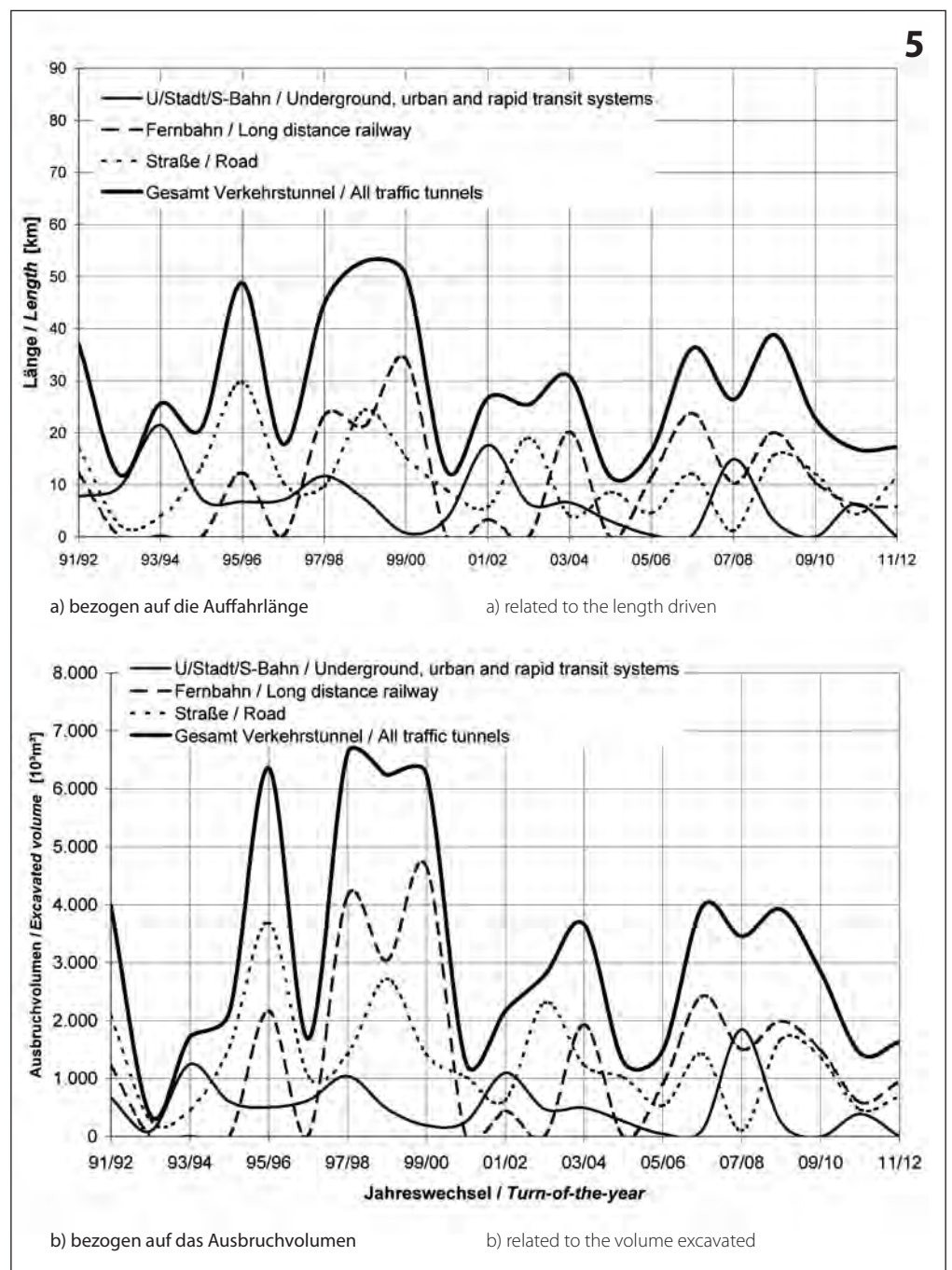
2 Geplante Tunnelbauvorhaben

Das Ergebnis der Umfrage zu den konkret geplanten und in naher Zukunft zur Vergabe anstehenden Tunnel ist für die bauausführende Industrie und die Planungsbüros naturgemäß von besonderem Interesse. Es ist für den Vergabezeitraum ab 2012 in Tabelle 3 dargestellt. Bei einer Bewertung des Zahlenmaterials in Tabelle 3 fällt auf, dass sich das Planungsvolumen bei den U-, Stadt- und S-Bahntunneln nochmals leicht verringert hat, ohne dass die öffentliche Hand in nennenswertem Umfang Projekte vergeben hat (Tabelle 1). Dies ist in erster Linie auf geänderte Planungen unter dem Eindruck angespannter kommunaler Fi-

nanzhaushalte zurückzuführen. Unter den geplanten Projekten ragt nach wie vor das Planvolumen der Stadt München mit gut 22 km heraus. In Stuttgart sind, vor allem im Zusammenhang mit dem Projekt Stuttgart 21, etwa 6 km neue Tunnelstrecken geplant. Weitere Tunnelmaßnahmen für U-, Stadt- und

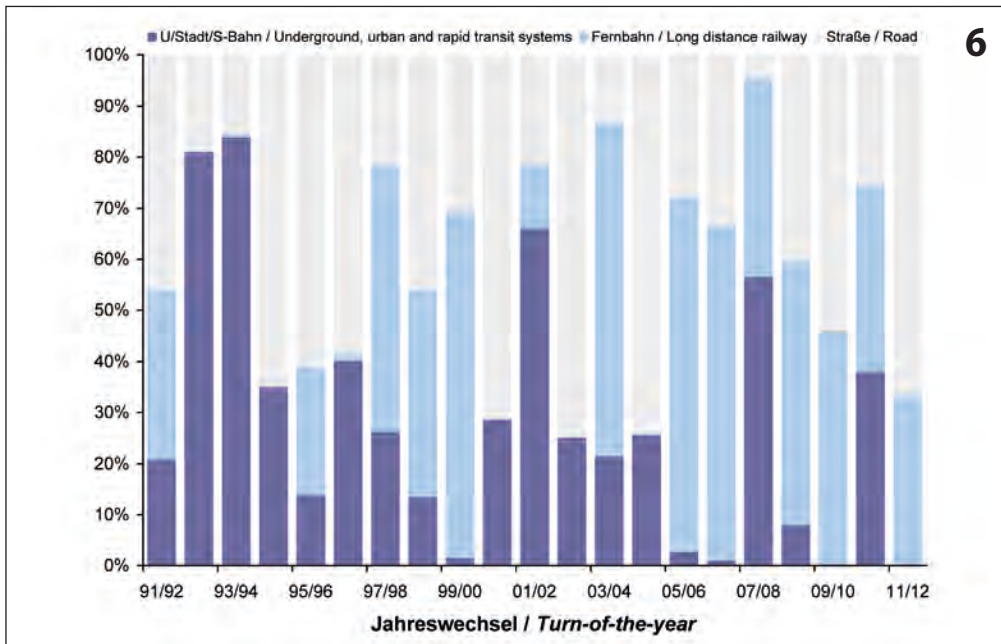
Examination of the data in Table 3 clearly indicates that the planning volume for Underground, Urban and Rapid Transit rail tunnels has further shown a slight decrease without the state awarding a substantial number of projects (Table 1). This can mainly be attributed to plans changing owing a dearth of pu-

blic funds. In this context, the remaining planned volume for the city of Munich, comprising just on 22 km, is conspicuous among the projects still planned. A good 6 km of tunnel is planned for Stuttgart, in conjunction with the Stuttgart 21 project. Further tunnel construction, up to roughly 3 km in each case, is



Vergabeverlauf im Verkehrstunnelbau der letzten 20 Jahre

Course of awards for transportation tunnel construction during last 20 years



6

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

S-Bahnen mit jeweils weniger als insgesamt 3 km Länge sind in Frankfurt/Main, Nürnberg, Dortmund, Düsseldorf sowie Augsburg vorgesehen.

Zu dem umfangreichen Planvolumen bei den Fernbahntunneln ist festzustellen, dass sich hier vor allem der hohe Tunnelanteil der Projekte Fernbahn

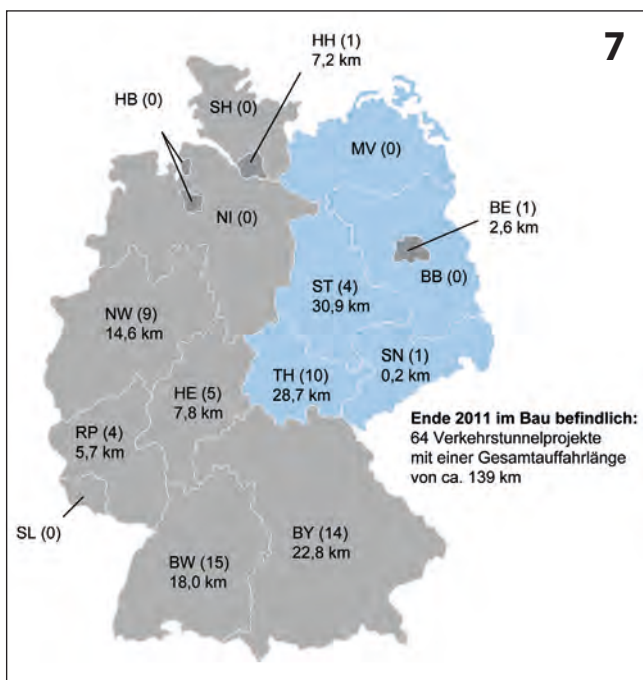
scheduled for, Frankfurt/Main, Nuremberg, Dortmund, Düsseldorf and Augsburg.

Regarding the particularly high proportion of Main-Line

Rail Tunnels, it should be noted that this is principally the result of the high tunnel content of the Stuttgart 21 Main-Line project (some 68 km) and the new Wendlingen-Ulm project with around 58 km.

The planned volume of projected road tunnels was slashed considerably compared to previous years on the part of the state due to belt-tightening. Around 97% of the projects listed are in the old (western) federal states of Germany (Table 4). The measures that are being planned in the new (eastern) federal states are mainly at the preliminary planning stage and are consequently not yet sufficiently advanced to be included in the statistics. The planning in this sector is primarily being carried out in conjunction with „German Unity Projects – Road“.

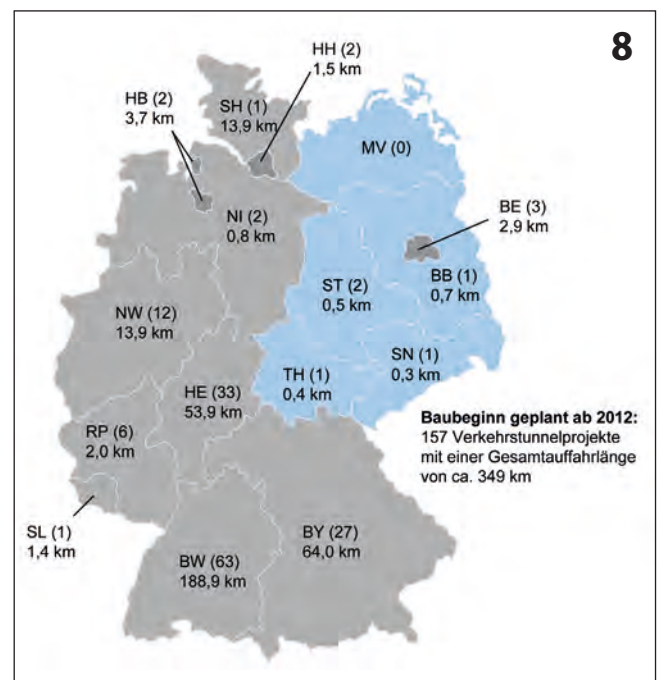
The 141 km of planned road tunnels listed in Table 3 has at least generally reached the plan-



7

Längenmäßige Zuordnung der zum Jahreswechsel 2011/12 im Bau befindlichen Verkehrstunnelprojekte auf die Bundesländer (Tabelle 2); in Klammern jeweils die Anzahl der gemeldeten Verkehrstunnelprojekte

Length-related classification according to federal states (Table 2) for planned transportation tunnel projects at the turn-of-the-year 2011/2012; with the number of registered transportation tunnel projects given in brackets



8

Längenmäßige Zuordnung der geplanten Verkehrstunnelprojekte (Baubeginn ab 2012) auf die Bundesländer (Tabelle 4); in Klammern jeweils die Anzahl der gemeldeten Verkehrstunnelprojekte

Length-related classification of planned transportation tunnel projects (start of construction as from 2012) according to federal states (please see Table 4); with the number of registered transportation tunnel projects given in brackets

Stuttgart21 mit gut 68 km und die NBS Wendlingen–Ulm mit etwa 58 km auswirkt.

Das Volumen der geplanten Straßentunnel wurde als Folge der geänderten Bedarfsplanungen des Bundes gegenüber den Vorjahren erheblich zurückgenommen. Die verbliebenen Projekte betreffen zu etwa 97 % die Alten Bundesländer (Tabelle 4). Die in den Neuen Bundesländern in Vorbereitung befindlichen Maßnahmen stehen in großer Zahl immer noch im Stadium der Vorplanung und sind demzufolge für eine Aufnahme in die Statistik noch nicht ausreichend abgesichert. Ihre Planung erfolgt vor allem im Zuge der „Projekte Deutsche Einheit Straße“.

Die in Tabelle 3 aufgeführten 141 km an geplanten Straßentunneln haben in der Regel mindestens das Stadium der Planfeststellung erreicht. Das trifft in jedem Fall für die Tunnel im Zuge der genannten Bundesfernstraßen, d.h. in der Baulast des Bundes stehende Projekte zu. Darüber hinaus sind weitere Straßentunnel mit einer Gesamtlänge von nahezu 80 km angedacht. Sie wären den Werten der Tabelle 3 noch hinzuzurechnen. Für einen Teil dieser Projekte ist die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) bereits abgeschlossen bzw. die Linienfestlegung erfolgt. Ihre Realisierung ist aber noch nicht endgültig gesichert, und zwar weder in zeitlicher noch in finanzieller Hinsicht.

ning approval stage. This applies principally to the tunnels on federal trunk roads, i.e. those for whose construction the federal government is responsible. Further road tunnels totalling almost 80 km in length are also under consideration, and these must be added to the figures of these projects, the environmental impact assessment (EIA) has already been concluded or the route alignment has been finalised. Their implementation is not yet totally certain, however, either in terms of scheduling or financing.

Technical details relating to the planned tunnels included in Table 3 can be found in the relevant tables (available from www.stuva.de).

Essentially, these are structured in the same manner as the statistics on tunnel projects which are in the process of implementation, as presented in Section 1. The same approach was selected to identify and differentiate the individual tunnel projects. However, the letter “Z” has been added to make quite clear that the tunnel construction measure in question is a “future” one. As a consequence, no details are provided concerning the responsible construction company or consortium, whereas these can be found in the statistics on current tunnel projects.

Generally speaking, as far as assessing the detailed data relating to future tunnel projects is

Ihr globaler Partner für den Tunnelbau

HÖCHSTE VERFÜGBARKEIT ihrer Förderanlagen



Förderanlage auf 1300 m
über dem Meeresspiegel

- Fördergurtmontagen auf höchstem Niveau - weltweit!
 - Effektive Vortriebsbegleitung
 - Gurtbergung nach Vortriebsende
 - Aufbereitung Ihrer Gurte für den Wiedereinsatz
- ... und vieles mehr.

germanBelt®

germanBelt Group



Tunnelerweiterungsportal TEP 8400B für die Tunnel Langenau und Hollerich
Tunnel enlargement portal TEP 8400B for the Langenau and Hollerich tunnels

Technische Details zu den in Tabelle 3 erfassten geplanten Tunneln gehen aus den zugehörigen Tabellen (abrufbar unter www.stuva.de) hervor. Sie sind vom Grundsatz her in gleicher Weise gegliedert wie die in Abschnitt 1 erläuterte Statistik der in Ausführung befindlichen Tunnelprojekte. Für die kennzeichnende und unterscheidende Nummerierung der einzelnen Tunnelprojekte wurde dieselbe Systematik gewählt. Ergänzt ist nur der jeweils vorangestellte Kennbuchstabe „Z“ zur Verdeutlichung, dass es sich um „zukünftige“ Tunnelbaumaßnahmen handelt. Dementsprechend fehlen auch Angaben zu den ausführenden Baufirmen oder zur Arge wie sie in der Statistik der laufenden Tunnelprojekte enthalten sind.

Allgemein ist bei einer Bewertung der Detailangaben zu den künftigen Tunnelbauprojekten zu beachten, dass sich im Zuge der Planfeststellung bzw. der Vergabe z.B. aufgrund von Sondervorschlägen Änderungen vor allem in der Frage des anzuwendenden Vortriebsverfahrens ergeben können.

Hierauf wurde von verschiedenen Bauherren ausdrücklich hingewiesen. Änderungen können sich natürlich auch bezüglich der voraussichtlichen Anfangs- und Endtermine der Bauausführung einstellen.

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

3 Geplante Tunnel-sanierungen

Bei den alten Eisenbahntunneln stehen in beachtlichem Maße auch Teil- und Vollsanierungen an. Diese Maßnahmen erfordern in der Regel ganz besondere organisatorische und logistische Überlegungen, vor allem, wenn sie bei laufendem Bahnbetrieb durchzuführen sind [6]. Beispiele aus Deutschland sind die Erneuerung des Frauenberger und des Kupferheck Tunnels auf der Nahstrecke Bingen–Saarbrücken

Bundesland	Tunnellängen Length [km]				Anteil Shares [%]
	ZUS	ZB	ZS	gesamt total	
BW Baden-Württemberg	6,150	134,970	47,811	188,931	54,2
BY Bayern	25,100	15,917	22,955	63,972	18,3
BE Berlin	0,000	0,000	2,906	2,906	0,8
BB Brandenburg	0,000	0,000	0,750	0,750	0,2
HB Bremen	0,000	0,000	3,737	3,737	1,1
HH Hamburg	0,000	0,000	1,526	1,526	0,4
HE Hessen	2,085	18,156	33,651	53,892	15,5
MV Mecklenburg-Vorpommern	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
NI Niedersachsen	0,000	0,000	0,788	0,788	0,2
NRW Nordrhein-Westfalen	2,870	2,580	8,430	13,880	4,0
RP Rheinland-Pfalz	0,000	0,000	2,040	2,040	0,6
SL Saarland	0,000	0,000	1,400	1,400	0,4
SN Sachsen	0,000	0,000	0,300	0,300	0,1
ST Sachsen-Anhalt	0,000	0,000	0,457	0,457	0,1
SH Schleswig Holstein	0,000	0,000	13,668	13,668	3,9
TH Thüringen	0,000	0,000	0,385	0,385	0,1
Alle Bundesländer All Federal States	36,205	171,623	140,804	348,632	100,0

Tabelle 4: Regionale Zuordnung der geplanten Verkehrstunnelprojekte (Baubeginn ab 2011)

Table 4: Regional distribution of planned transportation tunnel projects (start of construction as from 2012)

concerned, it must be observed that alterations can occur during the planning approval and award stages, above all, due to special proposals, relating primarily to the tunnelling method. Various clients expressly pointed this out. Alterations can of course, also result with respect to project starting and completion dates.


It is also of interest for the construction industry and the consultants involved to be

aware of the regions for which implementation of the planned tunnel projects is mainly scheduled. Table 4 and Fig. 8 show the relevant details, categorised by federal state.


3 Tunnel Modernisation Plans

To an increasing extent, partial and complete refurbishing schemes are now being scheduled for existing rail tunnels. Generally

sowie die Tunnel Langenau und Hollerich auf der Lahnstrecke Wetzlar–Niederlahnstein bei Nassau (Bild 9). Diese Strecken gingen in den Jahren 1860 bzw. 1862 in Betrieb. Neben den laufenden Grundsanierungen/Profilerweiterungen über eine Gesamtlänge von gut 5 km sollen

in näherer Zukunft weitere gut 12 km grundsaniert werden. Einzelheiten hierzu sind im Tabellenteil „ZGS“ zusammengestellt. Kennzeichnung und Beschreibung der einzelnen Projekte entsprechen im Einzelnen den künftigen Neubauprojekten aus Tabelle 3. 

speaking, such measures call for special organisational and logistical provisions, particularly if these projects are to be implemented without causing disruption to rail traffic [6]. Recent examples of this are provided by the renovation of the Frauenberg and Kupferheck tunnels on the

Nahe valley line between Bingen and Saarbrücken as well as the Langenau and Hollerich tunnels on the Lahn valley line between Wetzlar and Niederlahnstein at Nassau (Fig. 9). These lines were opened back in 1860 and 1862 respectively. In the near future, comprehensive modernisation and/or –cross-sectional enlargement of no less than 12 km of tunnel is scheduled in addition to the 5 km already accomplished. Table Section “ZGS” contains the relevant details. The identification and description of the individual projects correspond to the future new construction projects found in Table 3. 

Literatur / References

- [1] <http://www.ita-aites.org>
- [2] Haack, A.: Tunnelbauvolumen in der Bundesrepublik Deutschland; Straßen- und Tiefbau 33 (1979) 10, pp. 33-40
- [3] Haack, A.; Schäfer, M.: Tunnelbau in Deutschland: Statistik (2010/2011), Analyse und Ausblick; Tunnel 29 (2011) 8, pp. 28-41
- [4] Aktuelle statistische Angaben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung zum Tunnelbau im Zuge der Bundesfernstraßen (Stand Frühjahr 2012)
- [5] Unterirdisches Bauen Deutschland 2010 – Underground Construction Germany 2010; Hrsg. von der STUVA und dem Deutschen Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) zur STUVA-Tagung '09 in Hamburg, Dez. 2009
- [6] Sachstandsbericht „Sanierung von Eisenbahntunneln“; erstellt vom STUVA-Arbeitskreis „Tunnelsanierung“; Hrsg.: DB AG, ÖBB AG, SBB AG, STUVA e.V.; 1. Dez. 2011; Bauverlag BV GmbH, Gütersloh



- **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

GROUTING SYSTEMS 

Häny AG • Buechstrasse 20 • CH-8645 Jona/Switzerland
Tel. +41 44 925 41 11 • Fax +41 44 923 62 45 • info@haeny.com • www.haeny.com

EPBM Excavations of Prague Subway "Metro V.A."

The Metro V.A. extension included 4.8 km of twin tunnels bored by 2 Earth Pressure Balance Machines (EPBMs), and 1.3 km section including mined double track tunnel. The article focuses on the experience with EPBM excavations, and provides a brief description of the stations and mined tunnels.

The construction of Metro V.A., the fifth extension of line A, started in April 2010. It will add to operation 4 new stations and 6.1 km of tunnels to the existing Prague subway network by the end of 2014. Prague subway, whose origin dates back to 1967, has 59 km of operated alignment tracks, which are mostly underground, and 57 mostly mined underground stations. The Metro V.A. extension included 4.8 km of twin tunnels bored by 2 Earth Pressure Balance Machines (EPBMs), and 1.3 km section including mined double track tunnel.

1 Project

Metro V.A. was the first phase of the 2 phase project to build the subway connection to the Vaclav Havel International Airport. The funds of 750 million Euro for the 5 year project of the first phase

K. Rossler and D. Cyron, Metrostav a.s., Czech Republic;
V. Vales, Metroprojekt Praha a.s., Czech Republic

were provided by the owner Dopravni Podnik Praha a.s. (DPP), out of which 40 % could be provided by the European Union. The project was supervised by the Inženýring Dopravních Staveb a.s. (IDS), and designed by the Metroprojekt Praha a.s.

The construction works including the rail installation have been won for the price of 545 million Euro by the Joint Venture of the Metrostav a.s. and the Hochtief CZ a.s. companies, which divided the amount of the works in the ratio of 60 %, and 40 %, respectively. The Metrostav Company was responsible for building 4.8 km of twin tunnels, and 2 underground stations Petřiny, and Veleslavin (Veleslavin was built by the daughter company Subterracc a.s.), while the

Hochtief CZ Company accounted for the 1.3 km double track tunnels including the open cut Motol Station, and the mined Cervený Vrch Station (Fig. 1).

1.1 Schedule

The 5 year project schedule dictated that the construction works be completed in 4 years by the end of 2013 to allow time for the technology installation and the test operation. To comply with the 4 year construction schedule the construction of the stations and the tunnels had to be planned to run in parallel and independently as much as possible. That could seem a difficult task, since the 4.8 km alignment of the EPBM twin tunnels was passing through 3 underground stations. The station excavations would obstruct the EPBM excavations, and vice versa, the stations final linings would not be finished before the EPBM operations cleared the stations. The avoid potential construction site interferences and delays, separate access pits, shafts and adits had to be built for the stations and the tunnels, plus an intermediate access shaft was placed in the middle of the 4.8 km for relocating the supply and logistic operations of the EPBMs to allow an early start for completion of the 2 un-

derground stations Petřiny and Veleslavin.

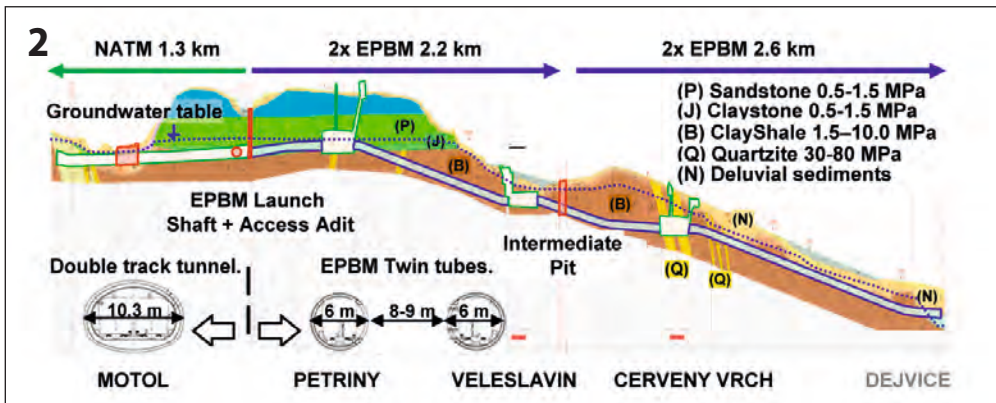
Thereby, the EPBM excavations got on a critical path, which commanded the twin tubes to be completed in a year and a half from the date the machines were assembled at the launch shaft (mid of 2011) until they broke through in the Dejvická disassembly chamber (end of 2012). The design and selection of EPBM technology and logistics were therefore focused on ensuring continuous excavation operations, which would permit the machines to achieve an average performance of 12 to 16 m/day for the entire 4.8 km alignment. For that purpose the Metrostav Company opted for the two-component grout system, which pumped the fill grout from the surface to the tunnel; conveyor belts, which transported muck from the tunnel to the surface; and rubber wheeled Multi Service Vehicles (MSV) for the segments transport. All the 3 technology components reduced materials handling at the access shafts, and made the logistics simpler, therefore less prone to delays.

Since the EPBM walks and the re-starts represented significant interruptions in the EPBM drives, the technology also included a prefabricated unitized system allowing a quick assembly of the cradle supports and the bracing frames inside the underground stations and the pits.

Although several challenges were encountered during the EPBM operations, the first time experience of the Metrostav Company with the modern EPBM



Metro V.A. will add to operation 4 new stations and 6.1 km of tunnels to the existing Prague subway



Major portion of the alignment was situated in the clayshale bedrock

technology was successful, and the EPBM excavations were completed on the schedule thanks to the technical site support and the innovative technologies.

1.2 Alignment

The Metro V.A. extension will add an additional capacity of 45,000 passengers per day to the existing Prague subway ridership of 1.3 million of passengers per day. To comply with the planned capacity, the 100 m station platforms accommodated 5 wagon trains, and the alignment was designed for a train speed of 80 km/h with minimum headway of 90 seconds.

Three underground stations along the twin tubes alignment were designed with center platforms 10 to 12 m wide, while the Motol station, as part of the

double track tunnel alignment, included 2 side platforms 2 x 5 m wide. The minimum horizontal curve was 640 m, and the vertical gradient 3.95 %.

For better passenger circulation the stations were kept as shallow as possible. Considering the minimum rock cover the resulting stations depths ranged from 20 to 40 m. Ventilation shafts, rooms, and technological objects were built at each station, and the distance between the twin tunnels crosspassages was about 200 m.

1.3 Geology

Major portion of the alignment was situated in the clayshale bedrock (Fig. 2). At the launch shaft, about 0.7 km of the alignment was intersected by the water-bearing sandstone sealed by the

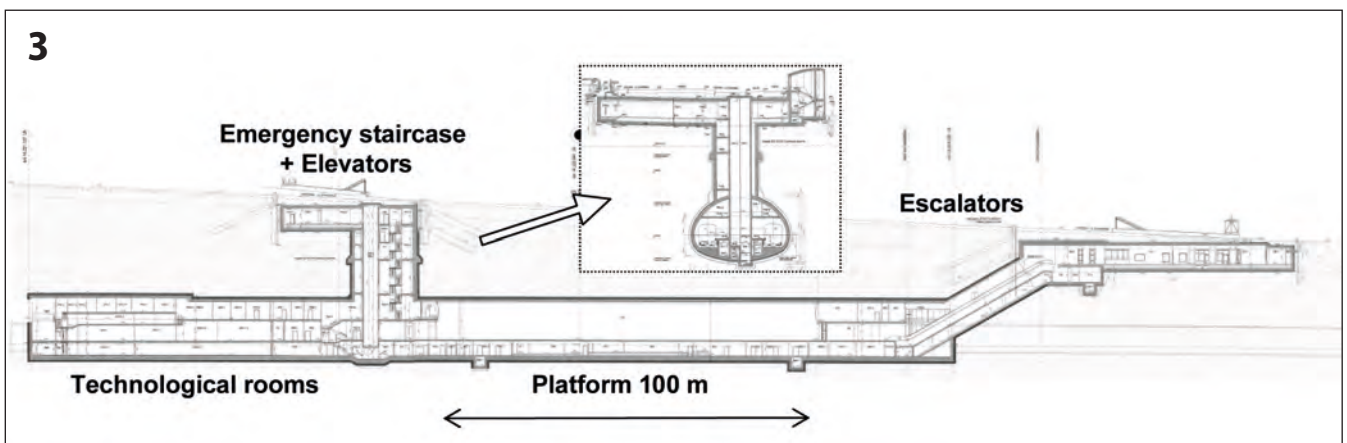
clayshale layer at the bottom. Shallow alignment portions were intersected by deluvial sediments and by weathered clayshale bedrock horizon classified usually as clayey sand or clayey gravel.

The bedrock layers were characterized by uniaxial compressive strengths of undisturbed intact rock samples in the range of 5.0 to 15 MPa with some in the range of 15 to 50 MPa. In reality the majority of encountered rocks had the strength in the range of 0.5 to 1.5 MPa. The deformation modulus of the rock mass including 3 sets of discontinuities was estimated between 25 GPa and 300 GPa. In contrary to the tender documents, which anticipated drill and blast operations, the excavation in the soft ground was possible with

mechanical means of excavators and diggers, yet, the unweathered bedrock provided vertically stable excavation face, which allowed the major portion of the alignment to be excavated in the EPBM open mode.

The design intention was to keep the excavations as much as possible under the cover of the bedrock layers, which provided sufficiently stable face, roof and bottom stability for the time of support installation in the mined stations and the tunnels. Besides observing the stability, the soft ground deformations were restricted by the project surface settlement criteria, which were established for the EPBM excavations by the maximum differential settlement of 1/800, and by the maximum settlement of 10 mm.

The maximum groundwater table elevation above the tunnels crown was 28 m. Clayshales and claystones were typically impervious, however in weathered zones, shears, faults, or especially when intersected by blocky quartzite intrusions the groundwater inflows could reach 1 to 5 l/sec. High groundwater inflows were experienced in the waterbearing sandstone, where the inflows locally ranged from 5 to 10 l/min.



The stations had 3 accesses: a) escalators, b) elevators, and c) emergency exit staircase (Cerveny Vrch Station)

2 Conventional Tunnelling

Passenger safety and transportation regulations required that the stations had 3 accesses: a) escalators, b) elevators, and c) emergency exit staircase (Fig. 3). By including the technological rooms the stations lengths varied from 130 to 220 m, and for the construction were divided into several dilation units.

The final lining of the underground stations was a cast in place concrete C 30/37 built in thickness 400 mm (Velešlavin), and 600 mm (Petriny, Cervený Vrch) protected by undrained waterproofing membrane. The waterproofing of the single-vault stations Petriny and Cervený vrch implemented PVC sheets covering the arched station walls, the bulkheads including the junction with the EPBM tunnels adopted sprayed membrane. In the binocular (three-vault) Velešlavin Station the sprayed waterproofing membrane was adopted for the entire station because the geometry of the 3 arches and the pillars resulted in a complicated detailing for installing the PVC sheets.

The primary linings of the underground stations were sprayed concrete C 25/30 with thickness of 300 mm (Velešlavin) and 400 mm (Petriny, Cervený Vrch).

2.1 Petriny Station

The original plan for the Petriny Station was to access the station excavation through the EPBM tunnels. That would however put the station on the critical path in the construction schedule since the excavation would have to wait till the EPBMs were manufactured, assembled, passed through the station, and completed the operations by reaching the intermediate pit. To minimize the risk of project delay that could be

caused by postponing the start of Petriny Station excavation, the Metrostav Company realized a 300 m long access adit, which allowed excavating the station in advance of the EPBMs, and completing it in parallel with the EPBM operations.

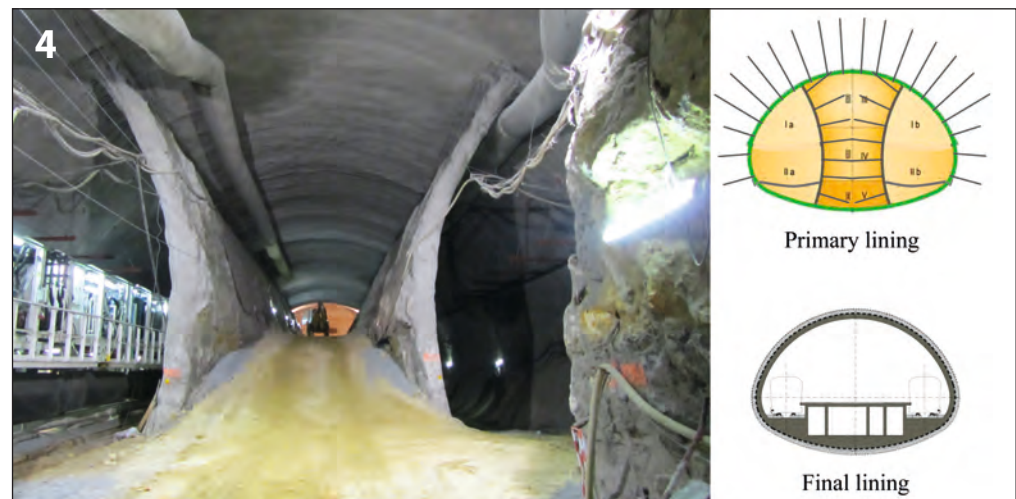
Petriny station excavation profile of 265 m³ with the span of 22 m and height of 15.5 m was situated in the mixed face of soft

side-walls (Fig. 4). Under their protection the center drift excavation was completed and the invert was closed while the EPBM operations were still running in the side-drifts. After the EPBM logistics were relocated to the intermediate supply pit, the temporary side-walls were demolished from a gravel ramp.

For the EPBM breakthrough, the bulkhead of the station had

10 m of the bifurcated adits were filled with the light concrete which at the same time formed a vertical wall for the EPBM breakthrough (Fig. 5).

The 15.5 m height of the station made the structure rise above the groundwater table, and could create a dam for the groundwater flow in the waterbearing sandstones. To minimize negative impact on the environment, drai-



Station excavation implemented the twin side-wall drift method, which first built the side drifts to support the station arch. The left side drift shows the EPBM gantry

waterbearing sandstone (upper 2/3) and claystone (lower 1/3). The soft claystone in places interlaced with thin coal beds would not provide sufficient bearing capacity for the station bottom therefore the station excavation implemented the twin side-wall drift method, which first built the side drifts to support the station arch (Fig. 4). The excavation face was stable and no additional measures were required to stabilize the face, while the walls were supported by the primary lining with the grouted bolts.

By the time the 2 side-drifts were completed and the center drift was still under excavation the EPBMs arrived in the station and were walked through the side-drifts separated from the center drift by the temporary

to be modified, because it was formed by the curved primary lining of the station access adit bifurcating into the side-drifts. Boring through them could lead to stability problems. Therefore

nage channels were installed on the exterior of the station liner, which allowed the groundwater to flow under the station, and the station did not intercept the groundwater springs.



The side-drifts of Petriny Station were filled with light concrete to form a vertical wall for the EPBM breakthrough

2.2 Veleslavin Station

The Veleslavin Station shallow depth required a binocular structure design, which thanks to the low construction height of the 3 vaults minimized the excavation exposure to the upper deluvial sediments (Fig. 6).

The construction sequence proceeded first with the side tunnels, which were excavated, and supported with shotcrete

and furnished with the cast-in-place final lining, and the concrete pillars to support the future arch of the middle tunnel. After the completion of the 2 side tunnels, the middle tunnel was excavated and supported with the primary and final lining and also protected with the sprayed waterproofing.

In spite of the low height of the binocular station the crown

table, the roof stability had to be protected by a canopy of 6 m long chemically grouted IBO 32 mm bolts and the face was stabilized by chemically grouted 8 m fibre-glass bolts.

2.3 Cerveny Vrch Station

The Cerveny Vrch Station excavation of the 225 m² profile, 20 m span, and 15 m height in weathered shale and blocky quartzite required the side-wall drift method to mitigate ground settlements and potential ground instability at nearby residential structures.

The additional measures including short excavation round, pre-grouting, and bolt canopy necessary to stabilize the rock in advance of the excavation, slowed the advance rate and did not allow to complete the station excavation before the EPBMs arrival. After the machines walked through the side drifts and resumed excavations on the other end of the station, the center drift excavation continued along with the EPBM operations. In contrast to Petřiny Station, the side walls were demolished as the center drift excavation progressed. To assure a safe working environment for

the EPBM workers, the Hochtief CZ Company installed curved steel plate barriers to stop demolished concrete from flying into the side drifts.

In the end the excavations of Cerveny Vrch Station were completed in parallel with the EPBM operations.

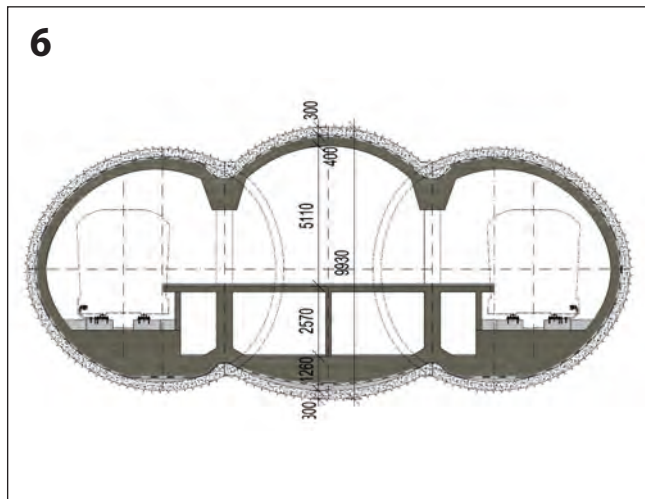
2.4 Motol Station

The Motol Station was designed in an open pit cut in a slope, whose geology composed of sandstone blocks embedded in clayshale base.

Retaining walls made of Milan diaphragm concrete walls and anchored by the permanent cable bolts, stabilized the excavation against activating potential slope movements (Fig. 7).

The permanent cable bolts were equipped with devices for monitoring the cable tension, and the space left between the station and the wall served for the maintenance and the bolts re-tensioning (Fig. 7).

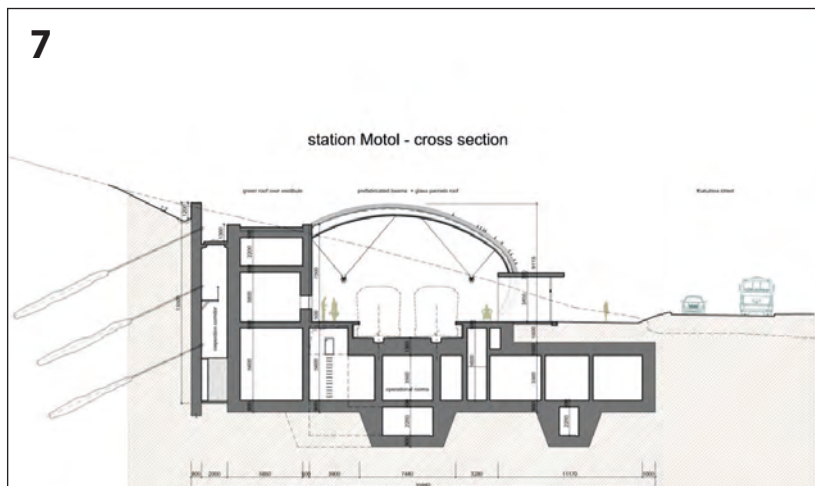
The station was built as two-storey structure. The hallways below the platform were built at the same level as the street underpasses to provide a convenient transfer of the passengers to the adjacent Motol Hospital.



Low construction height of the Veleslavin Station binocular structure minimized the excavation exposure to the upper deluvial sediments

lining. After the EPBMs were walked through the side tunnels, and the EPBM logistics were relocated to the intermediate pit, the side tunnels were waterproofed with the sprayed membrane,

excavations were exposed to the variable profile of weathered clayshale bedrock and locally reached the upper sediments. Since the excavation took place under 2 to 5 m of groundwater



Motol Station was designed with a glass roof in an open pit cut in a slope (Figure on the right is a computer rendering)

The arched roof was made out of glass panels to preserve daylight illumination on the platform (Fig. 7). The panels were supported by the steel reinforced concrete beams, which represented a difficult structure both for the production and for the installation, since the profiles and the lengths of the arched beams varied as the height of the wall along the slope was increasing. To avoid procuring many different formworks, and unify the beams the station wall facing the slope was slightly curved.

The glass panels were designed in compliance with the fire safety requirements, they reduced daylight glare for the train operators, and assured pleasant interior temperatures in all seasonal weather conditions.

2.5 Double-track Tunnels

Double-track tunnels were mined conventionally by heading and benching method along a 1.3 km portion of the alignment, which included Motol Station, and also a short mined tunnel for storage tracks.

Excavation profile of 65 m² with span of 10.5 m, and height of 7.5 m in the clayshale bedrock was supported by the shotcrete liner of C 25/20 concrete with 250 mm thickness, bolts, and the closed invert.

Weak and discontinuous clayshales were mined by impact hammer and excavators, yet, the rock excavation face was stable. However, when exposed to air and especially in the presence of the ground water inflows the shale rock quickly disintegrated. The clayshale exposed surface quickly gained a soft clay consistency, which reduced the friction angle to zero between the rock blocks. To prevent the weather-

ing of clayshale and provide a firm base for the tracks the invert was closed systematically in a distance of 15 to 150 m behind the heading.

The final lining was cast in place concrete of C 30/37 with a thickness of 400 mm, which was protected with the undrained waterproofing of PVC sheet membrane.

3 EPBM Tunnelling

Two fundamental features of the EPBM technology decided that it was selected for the excavation of the two 6 m diameter tunnels along the alignment stretch of 4.8 km: 1) high excavation speed, and 2) positive face pressure to stabilize the ground and minimize the settlements.

The project could provide only a limited number of construction sites in the densely populated urban environment. For the twin tubes excavation 2 access sites were established: the launch shaft, and the intermediate pit, which divided the alignment into 2.2 km and the 2.6 km sections. With respect to the tunnel lengths the project schedule defined that the excavations had to comply with the average speed of 12 m/day or 360 m/month (24 hours, 30 days).

The logistics were designed to allow the simultaneous EPBMs operations achieving maximum speeds of 30 m/day, which made the requirement of average speed of 12 m/day no difficult task. In reality, the best advance rates of 630 m/month, and 36 m/day were achieved.

The tunnels were mostly under a sufficient cover of the clayshale bedrock, yet there were structures along the alignment, which necessitated protection against ground settlements. To comply

with the project settlement criteria of maximum 10 mm surface settlement, and maximum differential settlement of 1/800, the EPBMs excavated in closed mode with the face pressure in the range of 1.4 to 2.4 bar. With only few exceptions the ground deformation generated by the EPBM excavations complied with the settlement criteria.

3.1 EPBM Technology

The two EPBMs S609 and S610 were procured from the Herrenknecht. The machines technical parameters (Table 1), respected given geological conditions, and several technological features were added to the EPBM design: Metrostav requested a bentonite pressure injection system for supporting the ground around the shield and the face to avoid generation of excessive ground loads on the machines during the EPBM long standstills; wear resistant material of chromium carbide was ordered for the cutterhead and the screw conveyor protection in the highly abrasive sandstones with high quartzite content of more than 85 % and Cerchar abrasiveness of 4.5 that were encountered in the first 500 m of excavation; the cutterhead opening ratio was increased up to 30 % to minimize the potential of cutterhead clogging by clayey muck expected in the deluvial sediments and wea-

thered clayshale rock, where encountering boulders was not expected.

3.2 Cutters

The cutterheads were factory fitted with seventeen 17" double disk cutters and four 17" single gauge disk cutters, however during the EPBM site assembly the disks were exchanged for rippers in response to unexpectedly weak clayshale, sandstone and claystone rocks with Uniaxial Compressive Strength (UCS) of 0.5 to 1.5 MPa, which were encountered during the station adit excavation. The advantage of the rippers was smaller price and less weight for manipulation. The rippers performed well, and their consumption rate was similar to disc cutters. In abrasive sandstones the consumption rate was one gauge cutter per 70 m of excavation. The comparison between performances of the gauge cutters was made possible by having the ripper cutterhead on one machine including the 4 gauge cutters while the other machine retained the disk cutters for the gauge cutters. The original double bit rippers were later replaced by single bit rippers to reduce the cutterhead torque, however, at the first encounter with the thin but hard and blocky quartzite inclusions (UCS of 80 MPa) in the clayshale, the rippers were damaged.

Table 1 EPBM parameters

Sealing operation pressure	[bar]	3.5
Cutting diameter	[mm]	6,060 to 6,100
Thrust cylinders quantity	[unit]	32.0
Thrust cylinders groups	[unit]	5.0
Thrust cylinders stroke	[mm]	2,200
Installed nominal thrust	[kN]	38,926
Main drive power	[kW]	1,200
Nominal torque	[kNm]	4,400
Thrust cylinder speed	[mm/min]	80.0

Since then the disk cutters were used. Compared to sandstones, in the clayshales the consumption rate of the gauge cutters was lower: one cutter per 250 m. The consumption rate was reduced even lower with the use of 18" disk cutters, which resulted in consumption of one cutter per 350 m.

3.3 Logistics

All the logistics of the materials transport in and out of the tunnel including conveyor belts for the muck, batching plant, pumps and piping for the grout fill, and MSV vehicles for the segments transport were designed to enable the EPBMs to work in the full capacity of 30 m/day (20 rings/day).

The use of conveyor belts increased the work safety and continuity of the transport operations especially in the circular launch shaft of 22 m in diameter, where handling of the muck trains of the 2 simultaneous EPBM operations would be slow and dangerous. With the conveyor belts transporting the muck directly to the surface, only one tower crane was required for loading the segments on MSVs, in addition, the segment transport gained independence from the muck transport, which made savings in using only 2 MSVs per tunnel. At the launch shaft, the joint conveyor belt (800 mm wide) for both EPBMs transported the muck through the tunnel adit to the surface deposit. At the intermediate shaft, the 2 EPBM conveyor belts (650 mm) transported the muck from the pit bottom to the surface in an inclination of 17°.

MSV vehicles were also an important addition to the work safety thanks to their short brea-

king distance and good maneuverability of independent 2 axle steering, which was important in tight working spaces of the underground. The MSVs had output of 147 kW, capacity of 17.5 t, and maximum speed of 16 km/h.

3.4 Segmental Lining

The segments were prefabricated by the Doprastav a.s. in their Slovakian plant, which in the cold production rate was able to output 9 rings/day. Nine stationary formwork sets equipped with external vibrators were served by a crane transporting concrete in containers. The concrete hardened for 16 hours in the ambient temperature of the production hall without any additional heating except for winter time when the hall was heated up to 16° Celsius. Reinforcement cages were welded from single steel bars.

The 5+1 ring configuration of the universal rings with 15 mm taper on both sides (total 30 mm) accommodated conveniently the minimum horizontal curvature of 640 m with a reserve for a 300 m recovery radius. The inside diameter was 5.3 m, the thickness 250 mm, and the width 1.5 m.

The contact at the circumferential joint between the rings was cushioned by the hard board plates, and fastened by 16 screw connections in correspondence to 16 thrust rams, which resulted in 16 available positions of the key segment in the ring assembly. The longitudinal joints of the key segment included guiding rods, and the segments were waterproofed with the neoprene gaskets Phoenix M 385 96.

The amount of steel reinforcement of 105 kg/m³ represented

the reinforcement ratio of 0.5 % including both compression and tension bars.

Measures were taken to avoid chipping of the segment edges by keeping the ram plates at a distance bigger than 50 mm from the segments edges, which corresponded to the minimum 50 mm cover of the steel reinforcement prescribed by fire resistance criteria. The ram plates contact areas were optimized for the thrust pressures not to exceed 23 MPa under the maximum EPBM ram force of 2432 kN (hydraulic pressure of 320 bar in the cylinders).

Attention was paid to the potential of the concrete bursting induced by tensional stresses generated under the thrust plates of the EPBM rams. The impact of




the ram loading was modeled in a 3 dimensional numerical model including an explicit model of the steel reinforcement cage, and was confirmed by an experimental laboratory testing. Both models numerical and experimental showed more than sufficient segments concrete resistance to bursting, as their results concurrently reported appearance of the first negligible cracks of 0.01 mm at the 100 % pressure of the maximum design thrust (2432 kN), appearance of the significant cracks of 0.15 mm at the 200 to 210 % pressure, and cracks running through the segment 250 mm width at 220 to 230 % of the maximum design thrust. Segment collapse was achieved at the 250 to 330 %.



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker im Tunnelbau

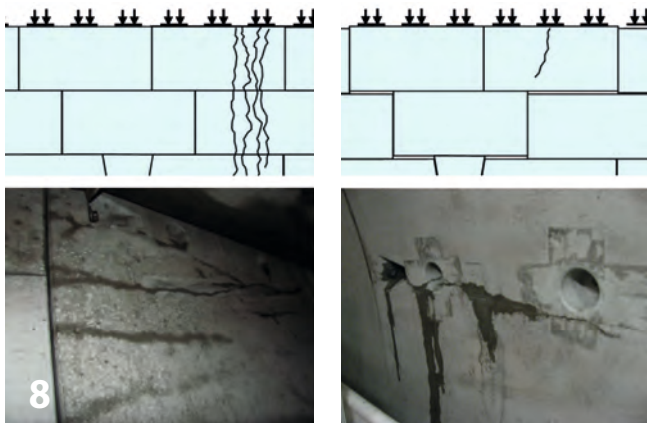
Schläuche · Armaturen · Zubehör für:
hoses · fittings · equipment for:

-  Pressluft compressed air
-  Wasser water
-  Beton concrete



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

 **TechnoBochum**



a) Cluster cracks
Two types of the cracks were observed in segmental lining

4 EPBM Tunnelling Challenges

Design and preparation works during the EPBM pre-production, production and assembly phases, which included staff training of the future EPBM operators and technical supervisors contributed to timely start and finish of the EPBM excavations. Few challenges that were encountered during the drives and that could hinder the continuous advances were effectively tackled by the site workers, which indicated a successful adoption of the EPBM technology.

4.1 EPBM Impact on Segments

The first segmental rings installed immediately after launching the EPBMs contained cracks, which would not be unusual for any

TBM launch, however the cracks kept appearing also in the rings during advanced excavations, in which the segments were already properly embedded in the grout fill. The segments cracking got a lot of attention, which led to an investigation of the cracks origin.

Two types of the cracks were distinguished: a) Cluster cracks – a group of up to 4 cracks, which were running across the full 1.5 m segment width, and were persistently appearing at one location of the ring for a distance of tens of tunnel meters, b) Random single cracks – a single crack in the middle of the segment (Fig. 8).

The crack types had in common several features that could point out their origin: the hair-line thickness of less than 1 mm;

none or minimum groundwater leak; the inception of the cracks within the tailskin, while the ring was still being pushed by the thrust rams; the thrust ram forces operating at less than 100 bar (less than one third of the maximum design pressure); the cracks orientation in parallel with the tunnel longitudinal axis.

The investigation revealed that the source of the cluster cracks was the inward bending of the ring in transverse section, which was induced by the contact pressure of the tailskin (Fig. 9). When bended the cracks opened on the inside surface of the segment, then after leaving the tailskin the cracks closed. For the tailskin envelope to push on the ring, the 30 mm tolerance gap between the tailskin and the ring was exceeded, which was achieved by a combination of several factors: deformation of the tailskin; inclination of the tailskin (tailskin drift); ring deformation (elliptical ovalization); diversion of the ring from the excavated alignment (wrong selection of the ring orientation). However, none of those factors alone could lead to such a tight contact with the tailskin to crack the segments, but their combination could, as it was observed several times during excavation, when

cracked rings stretched over a 70 m distance.

The solution was sought in eliminating the segment diversion, which would also reduce the impact of tailskin inclination. The VMT GmbH facilitated an input of a “drift” parameter into the segment selection procedure, which determined the key stone orientation for the next ring installation. The drift parameter corrected the ring position by making it parallel with the excavated alignment rather than with the inclined tailskin (Fig. 10).

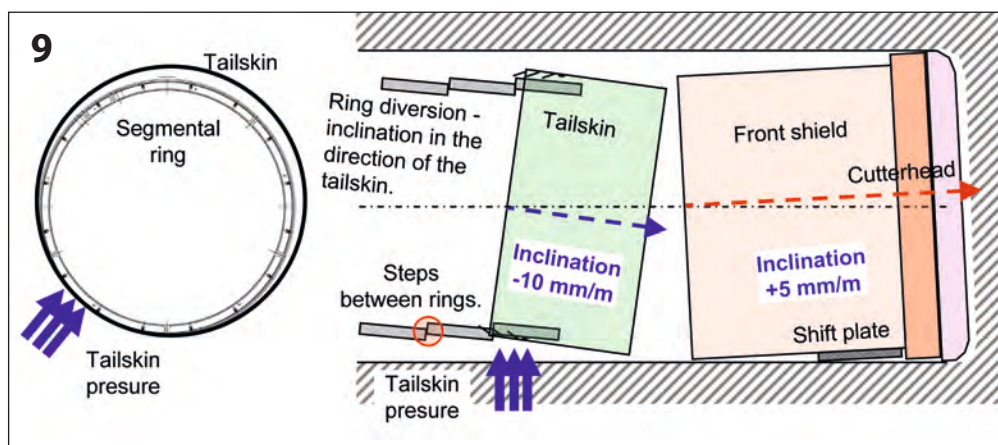
The single cracks were typically originated from the niche of the screw connector in the middle of the segment, and extended diagonally or parallel but seldom reaching across the full 1.5 m width of the segment.

The source of the random cracks was the longitudinal bending of the segments, which resulted from an uneven circumferential joint plane support of the previous ring caused by non-uniform compression of the contact hard board plates (Fig. 11).

Although each ring assembly was sufficiently precise with the segment edges well aligned, the differential loading of the 5 ram groups led to the non-uniform compression of the hard board plates during the excavation cycle.

Segments that were not supported along the entire length became typically bended by the grip of the 3 thrust plates acting on one segment, which consequentially cracked the segment usually in the middle and with the crack running open through the entire segment thickness of 250 mm.

The unevenness of the rings was minimized by replacing the compressible 3 mm hard-board plates by thinner 1 mm hardened PVC plates.



Source of the cluster cracks was the contact pressure of the tailskin

Sie messen sich täglich mit den Besten.
Zeit, dass wir Sie dafür auszeichnen!

TIEFBAU. HOCHBAU. INGENIEURBAU. STRASSENBAU
THIS
Das Fachmagazin für erfolgreiches Bauen

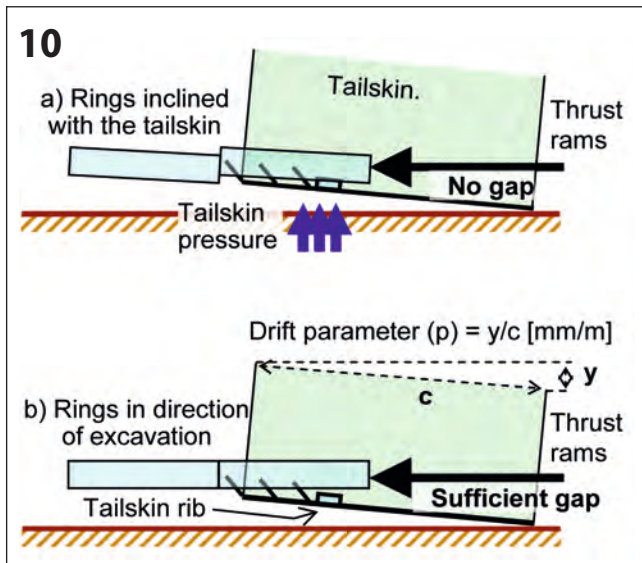


reddot design award
product design

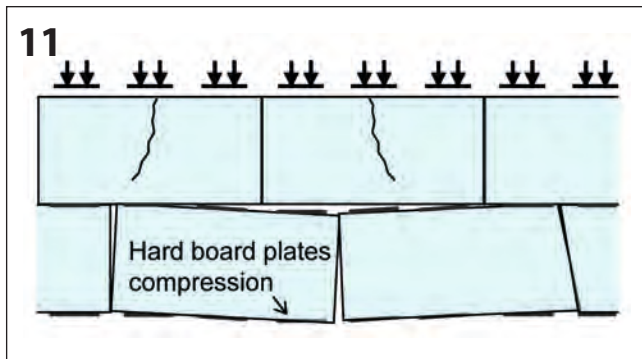
Das Fachmagazin THIS und das Designzentrum NRW vergeben gemeinsam den reddot design award in folgenden Kategorien:

- > **Ba**umaschinen
- > An**ba**ugeräte und Zubehör
- > **Ba**unutzfahrzeuge
- > **Ba**ugeräte und Werkzeuge

Anmeldeunterlagen unter: www.red-dot.de/Anmeldung



Correction of the rings inclination by the drift parameter



The source of the random cracks was uneven ring support caused by the non-uniform compression of the contact hard board plates

4.2 Walks and Starts in Underground Stations

Three underground stations, one intermediate open pit, and one underground cavern for

ventilation room represented an interruption for the EPBM excavations.

The 2 EPBMs had to walk 5 times through those under-

ground spaces and had to be restarted 5 times to resume excavations.

Inventing a system of cradle supports, and designing a bracing frame for tight underground space which would be reusable, economic, flexible to modifications, and quick to assemble, was a challenge.

In compliance with those specifications, the site engineers designed a set of prefabricated and unitized steel supports, which could be universally used to support both the 6 m diameter shield, and the wheeled gantries. After the EPBM passed through the station the supports were promptly welded onto the steel collar. The bracing system reduced the EPBM start time, however, provided much less reaction force than the beam frame, due to the low tensile bearing capacity of the lining and the rock. Low start force could be a major drawback if the force was required to prevent the machine from diving. The EPBMs were however equipped with the shift plate installed under the front shield, which safeguarded the bore against diving.

For the initial EPBM start from the launch shaft a massive beam frame was procured from Herrenknecht (Fig. 13). The same frame was used again in the intermediate pit for the re-start of both EPBMs, however the frame would not fit in the underground station drifts, and could not be assembled behind the shield since most of the space was occupied by the EPBM.

A suitable bracing would be the one whose major portion could be installed before the shield arrival, and by the time the shield was ready to bore, the bracing frame was capable of taking the load from the EPBM.

The selected bracing system consisted of a steel collar concreted and bolted into the primary lining at the neck of the 10 m launching chamber (Fig. 14). The collar was installed in an advance of the shield entering the chamber, which would leave sufficient time for the collar concrete to harden. Then behind the shield the steel reaction blocks were promptly welded onto the steel collar. The bracing system reduced the EPBM start time, however, provided much less reaction force than the beam frame, due to the low tensile bearing capacity of the lining and the rock. Low start force could be a major drawback if the force was required to prevent the machine from diving. The EPBMs were however equipped with the shift plate installed under the front shield, which safeguarded the bore against diving.

4.3 Two-Component Grouting

The decision to adopt the two-component grouting system



a) Steel cradle in a curve prepared for the shield in the intermediate shaft

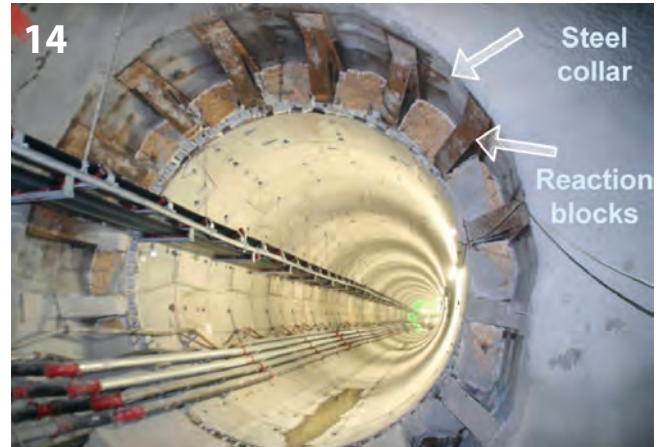
The steel cradle was easy to adjust to required directions, and could be universally used to support both the 6 m diameter shield, and the wheeled gantries



b) The same cradle to support the gantries



Massive bracing frame for EPBM start in the circular launch shaft



Bracing for EPBM start in underground station consisted of a steel collar and reaction blocks

for the EPBM excavations was based on the presumed minimum maintenance for cleaning the grout pipes, which relied on the system ability to control the time of grout hardening.

Thanks to the composition of the grout, Component A, the grout remained liquid for minimum of 72 hours but after mixing it at the right time and at the right place with accelerator, Component B, it would set rapidly in its destination place, which was the space between the lining and the ground. Component A composed of 300 kg of cement, 35 kg of bentonite, 8 kg of plasticizer, and 811 kg of water in 1 m³ was mixed with the Component B, which was 7 % of sodium silicate.

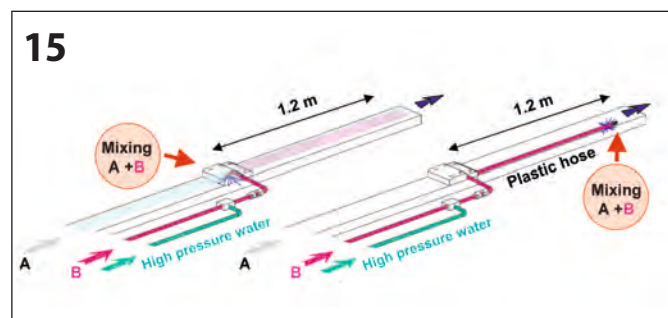
In addition, the prolonged liquidity allowed the grout to be transported in the pipes from the surface batch plant directly to the EPBM tank, which minimized grout handling operations. Component B (accelerator) was transported in containers by MSV and transferred to the TBM tank by pumping.

The initial experience with the grout was however not as expected, the EPBM tailskin grout lines clogged and because of that the excavations suffered

from delays caused by frequent cleaning of the lines.

At the beginning of excavations, the clogging could have been explained by the learning curve, and by the stop and go excavation progress due to sticky muck problems, which led to low grout flows, and to high potential of settling. Nonetheless, the problems with grout clogging were still persistent also after the machines achieved continuous excavation advance rates of 30 to 40 mm/min.

On average, the cleaning required minimum of 4 hours of tough hammering and drilling through hard grout in a frequency of every 2 days. The hard grout was deposited mainly in the 1.2 m long pipe, which transported the 2 mixed components from the mixing chamber to the tailskin end.



A flexible hose was attached to the sodium silicate line to extend the mixing point of the 2 components to the tailskin end

The situation improved significantly after a synthetic flexible hose was attached to the sodium silicate line, and extended from the mixing point in the midst of the tailskin to the tailskin end and out of the tailskin pipe (Fig. 15). By mixing the components outside the tailskin the potential for grout hardening inside the tailskin pipes was minimized. Nevertheless periodic maintenance was still required although the cleaning required much less effort and less time.

As the excavation progressed the two-component grouting confirmed other advantages that were associated with the system: immediate ring support, especially in high groundwater inflows, which did not wash out the grout mix after the gel time; minimal grout migration to the cutterhead in the open mode of

excavation. To comply with the basic principle of the time control of the grout hardening, the grout recipe complied with the following strength parameters, the gel time of 6 to 10 sec, the 3 hour compressive strength of 0.06 to 0.3 MPa, and the 28 day compressive strength of 1.0 to 1.5 MPa.

4.4 Sticky Ground

The soft clayshale was a rock favourable for cutting, with low abrasion, and good penetrations under a low cutterhead thrust. However, the clay fines, which originated from the fragmentation of the clayshale, turned the muck into a sticky material, which clogged the cutterhead and stopped the EPBM. To free the cutterhead and transport the muck from the excavation front to the EPBM chamber, a balanced mix of foam and water had to be pumped to the cutterhead to suit given geology and underground water inflows.

In the planning stages the rock was expected to disintegrate into a cohesionless muck containing some fines and larger amount of hard rock chips produced by the disk cutters. Instead, the amount of clay fines was sufficient to make the muck a cohesive material when mixed

16



The clayshale rock was transformed into a mud by large quantities of water added to the cutterhead

with either the groundwater or with the foam.

Thus the clayshale rock was continuously transformed into a mud, which required special deposit sites, while the excavations consumed large quantities of water (10 to 16 m³ per 1.5 m of advance) that was injected to the cutterhead contained in the foam, and separately in an additional water channel. (Fig. 16). The reason for the muck stickiness and the cutterhead clogging was the clay fines content of more than 30 %, which was produced in the softer than expected rock, while the high water consumption was due to the clayshale natural water content of 5 to 7 %.

The initial EPBM drive of the first 75 m attempted to produce a "dry" cohesionless muck

without foams and without additional water, which would eliminate the problems with handling a depositing the sticky muck (Fig. 17). However that was possible only in the rock with none or minimum ground water seepage. The effort to keep the muck dry failed with the variable groundwater ingress. The crews had to fight either the stiff clayey chunks overloading the screw conveyor or the muck slurry, which poured from the belt on the tunnel floor after the cutterhead was filled with groundwater during a standstill. Besides the screw conveyor clogging the excavation was also stopped when in front of the cutterhead the sticky muck formed a stiff cake at the cutterhead center, which prevented cutters penetration into the rock. A full



An initially good result of the "dry" muck production attempt, which failed after 75 m with the ingress of the groundwater and generation of sticky muck

stop to excavation took place when the muck finally plugged all the cutterhead openings, and no muck could be transported from the face. After 75 m of excavation it became clear that excavation in the "dry mode" was not possible in the given conditions. Therefore, the operators started to pump foams and additional water into the cutterhead.

A suitable mix of the foam and the additional water minimized the muck stickiness and produced a transportable plastic muck. The foam parameters and the water quantity had to be changed along with the geologic profile variations. Thus the operators had to pay attention to the muck consistency, and at the same time watched the cutterhead parameters. The average values characterizing the excavations with the disk cutters in the Metro V.A. clayshales were listed in Table 2.

5 Conclusion

In spite of the excavation interruptions by the stations, and in spite of the delays caused by the tuning of the EPBM drives in response to variable geologic conditions, the excavations were completed on time, which confirmed that the EPBM technology was well adopted for the Prague subway extension.

6 Acknowledgments


Thanks to the Metrostav workers, the site engineers, and the Herrenknecht, H&E, and VMT specialists who responded to the challenges of the EPBM drives and thus contributed to the EPBM excavations success. 

Table 2 Average excavation parameters of S610 in clayshale between Petřiny and Veleslavin

FIR	[%]	50 to 70
FER	[-]	2 to 4
Tensid concentration (SLF 30)	[%]	1.3 to 1.5
Water consumption (foam water and separate water channel)	[m ³]	8 to 14
Advance speed	[mm/min]	40 to 55
Cutterhead speed	[rev/min]	3.8 to 4.3
Penetration	[mm/rev]	10 to 14
Cutterhead thrust	[kN]	2000 to 6000
Cutterhead torque	[MNm]	1.0 to 2.0

References

- [1] Rossler, K. et al. Segmental Liner Behavior During EPBM Advance. WTC Bangkok, 2012
- [2] Stehlik, E. et al. EPBM Two Component Grouting - Problems And Solutions. WTC Bangkok, 2012
- [3] Rossler, K., Cyron, D. EPBM Excavation of Prague "Metro V.A." Subway Extension. UNDER CITY Colloquium, 2012, Dubrovnik
- [4] Stehlik, E., Bäßler, K. Two Earth Pressure Balance Shields for Metro Line A Extension of Prague Metro. STUVA Tunnel 1/2012
- [5] Rossler, K. et al. TBM logistics for Prague Metro A extension. WTC Helsinki, 2011

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

Tunnel A2 Maastricht: Grundwassermanagement mit DSI-System

Grundlage des Integrationsprojektes A2 Maastricht ist ein ca. 2300 m langer Doppelstock-Tunnel, durch den 80 % des heutigen Straßenverkehrs unterirdisch verlaufen soll. Oberirdisch wird eine begrünte und verkehrsberuhigte Zone entstehen.

Das Projekt

Die heutige A2 geht bei Maastricht in die N2 über und der gesamte Straßenverkehr durchquert dann das Stadtgebiet von Maastricht/NL. Die durch die großen Ampelkreuzungen hervorgerufene Verkehrsverlangsamung führt zu einer Belastung der Anwohner und wirkt sich als Verkehrsflußbarriere zwischen den Stadtteilen aus. Das Integrationsprojekt A2 Maastricht „De Groene Loper“ möchte diese Situation ändern. Grundlage des Projektes ist ein ca. 2300 m langer Doppelstock-Tunnel, durch den 80 % des heutigen Straßenverkehrs unterirdisch verlaufen soll. Oberirdisch wird eine begrünte und verkehrsberuhigte Zone entstehen. Planung und Ausführung des Projektes liegt in den Händen der Baukooperation Avenue2, einer Arbeitsgemeinschaft bestehend aus Ballast Nedam und Strukton (Bild 1).

Vorgesehen ist, den Tunnel in offener Bauweise herzustellen. Die Baugrube selbst wird ca. 16 m tief und bis auf wenige Ausnahmen 30 m breit. Die Wände der Baugrube werden mit in Beton/Bentonit-Schlitzwänden gestellten Spundwän-

Alex Meijer, Niederlassungsleiter Niederlande der Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D

Gunter Borchert, Projektleiter Fachbereich International Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D
www.hoelscher-wasserbau.de

den, die wiederum in 3 Ebenen mit Gurten und Rohren ausgesteift sind, hergestellt. Die Grundwasserabsenkung sowie die Reinfiltration und das gesamte Grundwassermanagement werden durch das Niederländische Tochterunternehmen der Hölscher Wasserbau GmbH, der Reinders-Wessemsius B.V., ausgeführt (Bild 2).

Tunnel A2 Maastricht: Groundwater Management with DSI System

The basis for the A2 Maastricht integration project is represented by an approx. 2,300 m long double-deck tunnel through which 80 % of the present road traffic is to flow. A green and traffic-calmed zone is to be created on the surface.

The Project

The present A2 reverts to the N2 at Maastricht with the entire road traffic passing through the urban area of Maastricht/NL. Traffic is considerably hampered by the many intersections with traffic lights causing nuisance to local residents and holding up the flow of traffic between the parts of the city. The integration

project A2 Maastricht “De Groene Loper” is intended to alter this situation. The core of the project is a roughly 2,300 m long double-deck tunnel through which 80 % of today’s road traffic will flow underground. A green and traffic-calmed zone is to be created on the surface. The project is being planned and executed by the Avenue2 JV comprising Ballast Nedam and Strukton (Fig. 1).

It is intended to build the tunnel by cut-and-cover. The excavation pit itself will be approx. 16 m deep and with a few exceptions 30 m wide. The pit walls will consist of concrete/bentonite diaphragm walls, braced by ties and propping at 3 levels. Groundwater lowering as well as reinfiltration and the entire groundwater management are undertaken by the Dutch subsidiary of the Hölscher Wasserbau GmbH, the Reinders-Wessemsius B.V. (Fig. 2).

Ground Structure/ Geology

The composition of the soil in Maastricht, especially for this project, greatly differs from the composition of the soil elsewhere in the Netherlands. An approx. 8 m thick gravel layer is located beneath the surface lay-



Darstellung des Doppelstocktunnels nach Fertigstellung
Presentation of the double-deck tunnel after completion



Luftbild auf einen Teil der ausgesteiften Baugrube
Aerial shot of a part of the braced excavation pit

Baugrundaufbau/ Geologie

Die Bodenbeschaffenheit in Maastricht, insbesondere bei diesem Projekt, unterscheidet sich sehr zu den Bodenbeschaffenheiten in den restlichen Niederlanden. Unter der Oberbodenschicht aus Mutterboden, Ton und Lehm von 2 bis 4 m Dicke kommt eine Kiesschicht mit einer Dicke von ca. 8 m. Darunter befindet sich eine klüftige Kalksteinschicht, die nicht durchörtert wird.

Im Rahmen der Planung des Projektes wurden umfangreiche Bodenuntersuchungen ausgeführt. Zahlreiche Bohrungen wurden abgeteuft und der Boden im Labor untersucht. Sondierungen verschiedenster Art, seismische Tests, Probegrabungen, Tracer Tests, Pumpversuche etc. wurden durchgeführt.

Alle Untersuchungen hatten das Ziel, bereits im Planungsstadium eine möglichst hohe Ausführungs- und Planungssicherheit zu gewährleisten.

Die Bodenuntersuchungen haben ergeben, dass eine relativ hohe Unsicherheit bezüglich der Festigkeit des Kalksteins besteht. Die Stabilität der Baugrubenwände wird maßgeblich durch die Festigkeit des Kalksteins bestimmt. Um dennoch eine technisch verantwortungsvolle und ökonomisch realisierbare Planung der Baugrube zu erzielen, wurde beschlossen eine Überwachungsmethode bei diesem Projekt anzuwenden, d.h. die Baugrubenwände durch Messungen verschiedenster Art während der Ausführung zu beobachten und bei Überschreitung von vorher festge-

er bestehend aus Topsoil, Ton und Lehm – ungefähr 2 bis 4 m dick. Darunter befindet sich eine klüftige Kalksteinschicht, die nicht durchörtert wird.

Innerhalb des Planungsrahmens wurde eine umfangreiche Bodenuntersuchung durchgeführt. Zahlreiche Bohrungen wurden abgeteuft und der Boden im Labor untersucht. Verschiedene Arten von Sondierungen, seismische Tests, Probegrabungen, Tracer Tests, Pumpversuche etc. wurden durchgeführt. Alle diese Untersuchungen zielten darauf ab, die größtmögliche Ausführung- und Planungssicherheit zu erreichen.

Die Bodenuntersuchungen haben ergeben, dass eine relativ hohe Unsicherheit bezüglich der Festigkeit des Kalksteins besteht. Die Stabilität der Baugrubenwände wird maßgeblich durch die Festigkeit des Kalksteins bestimmt. Um dennoch eine technisch verantwortungsvolle und ökonomisch realisierbare Planung der Baugrube zu erzielen, wurde beschlossen eine Überwachungsmethode bei diesem Projekt anzuwenden, d.h. die Baugrubenwände durch Messungen verschiedenster Art während der Ausführung zu beobachten und bei Überschreitung von vorher festge-

legentlich für dieses Projekt zu berücksichtigen. Dennoch ist es technisch verantwortungsvoll und wirtschaftlich sinnvoll, die Planung für die Baugrubenwände zu beobachten. Dies bedeutet, dass die Stabilität der Baugrubenwände während der Ausführung durch Messungen von verschiedenen Arten überprüft werden kann, um sicherzustellen, dass die zuvor festgelegten Grenzen nicht überschritten werden.

Groundwater Management System

Der Grad der Feuchtigkeit stellt einen entscheidenden Faktor für die Stabilität des Kalksteins dar. Trockener Kalkstein ist wesentlich stabiler als nasser Kalkstein. Aus diesem Grund ist eine kontinuierliche Entwässerung des Kalksteins erforderlich, um die Stabilität der Baugrubenwände zu gewährleisten. Ein spezielles Überwachungssystem wurde eingerichtet, um den Grundwasserstand zu überwachen, was

legten Grenzwerten die Aussteifung oder den Baugrund nachzubessern.

Grundwassermanagementsystem

Ein entscheidender Faktor für die Festigkeit des Kalksteins war der Feuchtigkeitsgrad. Trockener Kalkstein ist wesentlich fester als nasser. Aus diesem

Aufbau der Grundwassermanagementanlage

Zur Grundwasserabsenkung und zur Entwässerung des Kalksteins wurden über die Länge des Tunnels 520 Brunnen bis in Tiefen von 32 m gebohrt. Die Brunnen wurden so angeordnet, dass sie während der Arbeiten am Tunnel und der notwendigen Umsteifung der Gurte

provides the groundwater levels, the water pressure, the amount of water as well as the discharge amount as well as other parameters in real time. If corresponding limit values are exceeded or fall short of an alarm is triggered via an online system. The Reinders-Wessemius B.V. assures alarm response within 15 minutes.

site. Towards this end the Reinders-Wessemius B.V. installed around 1,500 infiltration well points in 14 fields, capable of reinfiltrating some 80 to 100% of the pumped ground water back into the ground. This involves DSI® technology, which is patented throughout Europe.

Drilling Method

Casing drilling was selected as the method employed. The Liebherr LB 16 deployed by Hölscher Wasserbau is able to produce drillholes with diameters of 1,200 to 2,000 mm depending on the soil with a torque of 16 tm with extended drilling bench (Fig. 4).

750 mm diameter holes were drilled to a depth of 32 m in Maastricht. The solid limestone caused considerable wear to the cutters. Hölscher Wasserbau was able to recover and strengthen the drilling tools in its own workshop in an extremely short time so that no delays resulted from these unforeseen complications.



Der Liebherr LB 16 von Hölscher Wasserbau bei der Herstellung der Brunnenbohrung

The Liebherr LB 16 of Hölscher Wasserbau during well drilling

Grund ist eine kontinuierliche Entwässerung des Kalksteins für die Haltbarkeit der Baugrubenwände essenziell. Für die Überwachung der Grundwasserabsenkung wurde ein spezielles Monitoring System aufgebaut, welches in Echtzeit die Grundwasserstände, den Wasserdruck, die Wassermenge und auch die Einleitungsmenge sowie weitere Parameter überträgt. Im Falle einer Über- oder auch Unterschreitung von entsprechenden Grenzwerten wird über eine Telenot-Anlage Alarm ausgelöst. Die Reinders-Wessemius B.V. sichert eine Alarmbereitschaft innerhalb von 15 Minuten zu.

nicht umgebaut oder angepasst werden müssen (Bild 3).

Das abgepumpte Wasser sollte zum Schutz des Grundwassers, der angrenzenden Bebauung sowie zum Schutz der Flora und Fauna wieder im direkten Umkreis der Baustelle infiltriert werden. Von der Reinders-Wessemius B.V. wurden hierfür in 14 Versickerungsfeldern ca. 1500 Infiltrationslanzen eingespült, die in der Lage sind ca. 80 bis 100 % des abgepumpten Wassers wieder in den Baugrund zu infiltrieren. Bei dieser Technik handelt es sich um die sogenannte DSI®-Technik, die in ganz Europa mit Patenten geschützt ist.

Setup of the Groundwater Management System

For lowering the groundwater and draining the limestone 520 wells ranging down to 32 m in depth were drilled over the length of the tunnel. The wells were set up in such a manner that they did not have to be modified or adjusted during activities in the tunnel and the necessary bracing of the ties (Fig. 3).

In order to protect the groundwater, the surrounding buildings and the flora and fauna, the pumped ground water had to be reinfiltrated within the direct vicinity of the construction

DSI® System

Hölscher Wasserbau holds the patent for the DSI® system (jet-suction infiltration system). This method enables water to be infiltrated into the ground in a substantially more effective and efficient manner. The German geologist Werner Wils has undertaken intensive investigations of these processes in water-bearing soil during recirculation dewatering. He discovered that the heterogeneity and hydraulic resistance of water-bearing soil exert an even greater influence on the infiltration of water than was previously supposed. Together with an infiltration jet a water-bearing soil consists of various infiltration points. These points depend on the local

Bohrverfahren

Als Bohrverfahren wurde das Trockenbohrverfahren gewählt. Die von Hölscher Wasserbau eingesetzte Drehbohranlage Liebherr LB 16 ist in der Lage mit einem Drehmoment von 16 tm Bohrungen je nach Boden im Durchmesser von 1200 mm und bis zu 2000 mm mit vorge-setztem Bohrtisch abzuteufen (Bild 4).

In Maastricht wurden Bohrungen im Durchmesser 750 mm bis 32 m Tiefe gebohrt. Aufgrund des festen Kalksteins ist es zu erheblichem Verschleiß der Bohrkronen gekommen. Hölscher Wasserbau konnte in eigener Werkstatt die Ausbesserungen und Aufpanzerungen der Bohrwerkzeuge in sehr kurzer Zeit realisieren, so dass es zu keiner Terminverzögerung aus diesen unvorhergesehenen Komplikationen kam.

DSI®-System

Hölscher Wasserbau ist Patentinhaber für das DSI®-System (Düsensauginfiltration-System). Diese Methode ermöglicht es, Wasser wesentlich effizienter und effektiver in den Boden zu infiltrieren. Der deutsche Geologe Werner Wils hat intensive Untersuchungen zu den Prozessen in einem wasserführenden Boden während einer Rückführungsentwässerung ausgeführt. Er entdeckte, dass die Heterogenität und der hydraulische Widerstand eines wasserführenden Bodens einen noch größeren Einfluss auf die Infiltration von Wasser haben als ursprünglich angenommen wurde. Ein wasserführender Boden besteht zusammen mit einer Infiltrationsdüse aus verschiedenen Infiltrationspunkten. Diese Punkte sind nicht nur von der örtlichen Durch-

lässigkeit abhängig, sondern auch von der zu bewegenden Wassermasse. Sowohl Einstein als auch Newton beschreiben den „Impuls“. Ein Impuls wird als Geschwindigkeit x Masse definiert. Für Grundwasser ergibt sich dadurch die folgende Formel (Bild 5):

Grundwasserimpuls = Strömung (Durchlässigkeit) [m/sec] x Masse [kg]

Wenn man Wassermoleküle mit einer hohen Geschwindigkeit auf bereits vorhandene Wassermoleküle treffen lässt, entsteht eine pulsierende Bewegung. Dieser Effekt ist auch als Wellenbewegung bekannt. Tatsächlich findet eine Verschiebung von Energie statt. Dies bedeutet, dass die Infiltration von Wasser nur möglich ist, wenn die Übertragung von Energie gelingen kann. Laut den Theorien von Wils ist dies ausschließlich in den sogenannten Infiltrationspunkten eines wasserführenden Bodens möglich. In diesen Infiltrationspunkten ist die Situation ideal für die Energieübertragung. Dies bedeutet, dass nicht der ganze wasserführende Boden für die Infiltration geeignet ist. Möchte man eine Wassermenge zurück in den Boden führen, muss zuerst der Infiltrationspunkt für diese Wassermenge bestimmt werden. Der Transport des Grundwassers findet nur in natürlicher Strömungsrichtung des Grundwassers statt. Dadurch erklärt sich auch, warum konventionelle Schluckbrunnen mit wechselndem Erfolg angewandt worden sind und noch heute angewandt werden. Manchmal wird ein Infiltrationspunkt zufällig gefunden, aber manchmal eben auch nicht. Darüber hinaus wird das Infiltrationsfeld nicht

permeability as well as the amount of water to be moved. Both Einstein and Newton describe the "impulse". An impulse is defined as speed x mass. This results in the following formula for groundwater (Fig. 5):

Groundwater impulse = flow (permeability) [m/sec] x mass [kg]

If water molecules are allowed to encounter already existing water molecules at high speed, a pulsating movement is created. This effect is also known as wave motion. Energy is in fact displaced. This signifies that the infiltration of water is only possible if energy can be transferred. According to the theories by Wils



Herstellung der Brunnenbohrung
Drilling of wells



LANZ – die sichere Kabelführung für Metro-, Bahn- und Strassentunnel zu international konkurrenzfähigen Preisen:

LANZ Produkte für den Tunnelbau sind **3-fach geprüft**

1. auf Erdbbensicherheit SIA 261 Eurocode 8 (EMPA)
2. auf Schocksicherheit 1 bar Basisschutz (ACS Spiez)
3. auf Funktionserhalt im Brandfall 90 Minuten (Erwitte)

Für die Kabelführung in Tunnel 3-fach geprüft sind:

- die LANZ G-Kanäle für kleine und mittlere Kabelmengen. Schraubenlos montierbar. Stahl PE-beschichtet und Stahl A4
- die LANZ Weitspann-Multibahnen (Kabelleiter nach IEC 61537). Für grosse Kabelmengen, hohe Belastung und weite Stützabstände. Stahl tauchfeuerverzinkt und Stahl rostfrei A4 WN 1.4571 und 1.4539
- die LANZ MULTIFIX C-Profileschienen mit eingerollter 5-mm-Verzahnung zur Befestigung u. a. von Rohren, Leuchten, Schildern.

Für die Stromversorgung in Tunnel 3-fach geprüft sind:

- die LANZ HE Stromschienen/Schienenverteiler IP 68 400–6000 A. 4-, 5- und 6-Leiter Alu und CU. Korrosionsfest giessharzvergossen.

Risiken vermeiden. Sicherheit erhöhen. LANZ montieren.

Rufen Sie LANZ an für Referenzen, Beratung, Muster und Offerten:
lanz oensingen ag CH-4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21



lanz oensingen ag

CH-4702 Oensingen
Telefon 062 388 21 21
www.lanz-oens.com

Südringstrasse 2
Fax 062 388 24 24
info@lanz-oens.com

de eine Reinfiltration installiert. Das entzogene Wasser wurde zu 100 % in den Boden zurückgeführt. Auffällig war, dass der Entzug um ca. 20 % rückläufig war, während die Senkung signifikant zugenommen hatte. Stromaufwärts stieg der Grundwasserstand während dieser stromabwärts sank.


Inzwischen wird DSI® in Deutschland und in ganz Europa an mehr als 100 Orten erfolgreich angewandt. So auch in Maastricht beim A2 Projekt. Da DSI® sehr nahe an der Baustelle installiert werden kann, ist dies fast überall insbesondere innerstädtisch anwendbar.

DSI® ist mit jeder Art der Grundwasserabsenkung kombinierbar. Der große Vorteil ist hierbei, dass für das Projekt die richtige Grundwasserabsenkungsmethode gewählt werden kann, zum Schutz von Bebauung, Flora und Fauna. Darüber hinaus reduziert man die notwendige Wasserentnahme. Weniger Wasserentzug bedeutet gleichwohl weniger Wasserrückfluss. Die Folge ist eine geringere Beeinflussung der Umgebung.

In Maastricht wird das DSI®-System mit Erfolg verwendet. Derzeit werden ca. 95 % des anfallenden Wassers infiltriert. Dies gilt nicht nur für das Wasser der Tiefbrunnen sondern auch für das Wasser des offenen Entwässerungssystems der Baugrube.

Zusammenfassung und Ausblick

Bei dem Großprojekt A2 Maastricht ist ein entscheidender Punkt zur Durchführung dieses Projektes das Grundwassermanagement. Dies bedeutet auf der einen Seite die sichere und effiziente Absenkung und Trockenlegung des Kalksteins und auf der anderen Seite zum Schutz der anstehenden Bebauung und zum Schutz der Flora und Fauna die effiziente Reinfiltration des gepumpten Wassers und dies nahezu zu 100 % (Bild 6).

Die Hölscher Wasserbau GmbH und ihre Niederländische Tochterunternehmung Reinders-Wessemius B.V. hatten hierzu nicht nur das notwendige Knowhow bereitgestellt sondern aufgrund der großen Erfahrung das Projekt zum Erfolg geführt. 

pit and infiltration functions without any negative effects on the site and pit. This fact indeed entirely contradicts the manner of thinking of modern hydrology. Notwithstanding it can be backed up through examples taken from practice. An extraction system with drainage was established in test fields. Water was pumped out of this drainage system for several days in order to determine just how much lowering is possible. This water was removed via the existing drains. Then a reinfiltration system was installed. 100 % of the water that had been removed was returned to the soil. What became evident was that removal dropped by some 20 % whereas lowering had increased significantly. The groundwater level increased upstream while it dropped downstream.


In the meantime DSI® has been applied at more than 100 sites in Germany and throughout Europe. This also applies to the A2 project in Maastricht. As DSI® can be used and installed very close to the construction site, this test can be carried out practically everywhere especially in downtown areas,

DSI® can be combined with every form of groundwater lowering. The major advantage in this connection is that the proper groundwater lowering method can be chosen in order to protect buildings, flora and fauna. In addition the amount of water to be removed is reduced. Less water removal signifies less water having to be returned. Consequently the environment is less affected.

The DSI® system is being successfully applied in Maastricht. Currently approx. 95 % of the prevailing water is infiltrated. This not only applies to the water from the deep wells but also the water from the public drainage system for the excavation pit.

Summary and Outlook

Groundwater management represents a decisive factor for carrying out the major A2 project in Maastricht. This on the one hand means the safe and efficient lowering and draining of the limestone and on the other the efficient reinfiltration of pumped water to an amount of almost 100 % to protect the existing buildings and the flora and fauna (Fig. 6).

The Hölscher Wasserbau GmbH and its Dutch subsidiary Reinders-Wessemius B.V. provided the necessary know-how for this purpose as well as successfully executing the project by dint of enormous experience. 

Blick in die Baugrube während der Erdarbeiten
View of the excavation pit during the earthworks



Hochpräzise Tübbinge: Voraussetzung für ein qualitativ hochwertiges Tunnelbauwerk in einschaliger Bauweise

Für einen einschalig mit Tübbingen hergestelltes Tunnelbauwerk ist die Genauigkeit der hergestellten Tübbinge von großer Bedeutung. Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dieser Problemstellung.

1 Ausgangssituation

Bei der Herstellung von einschaligen Tunnelbauwerken, aufgeföhren im Schildvortrieb, kommt der Maßhaltigkeit der Tübbinge, definiert über die Tübbingtoleranzen, eine sehr große Bedeutung im Hinblick auf die erzielbare Qualität des Bauwerkes zu (Bild 1).

Diese Maßhaltigkeit hat Einflüsse auf die

- a) Stabilität und Dauerhaftigkeit des Tunnelausbaues,
- b) Dichtheit des Tunnels gegen anstehendes Grundwasser,
- c) Aufnahme der anstehenden Ringbelastungen (Erd- und Wasserdruck, Verpressdrücke, Ausbaulasten etc.) und
- d) Aufnahme der Vortriebsbelastungen aus der Maschinenfahrt

Die zulässigen Tübbingtoleranzen sind in Deutschland aktuell für Eisenbahntunnel in der Richtlinie 853, Modul 4005 Tübbingausbau, der Deutschen Bahn (DB Netze AG) und für Straßentunnel in einer Richtlinie der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) der ZTV-ING,

Dr.-Ing. Dieter Handke, Gesellschafter/Projektleiter Schildvortriebsverfahren, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum/D

Teil 5, Abschnitt 3 Maschinelle Schildvortriebsverfahren, zusammengestellt.

Bis vor Erscheinen der DB Richtlinie DS 853.0019, „Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten; Modul Ausbau mit Tübbings“ im Jahre 1993 gab es in Deutschland keine detaillierten Toleranzanforderungen an die Herstellung der Tübbingelemente. Diese Richtlinie der Deutschen Bahn bildete die Basis für alle später folgenden Toleranzanforderungen in Tübbingausschreibungen, sowohl für Eisenbahntunnel als auch Straßentunnel. Die ab 1. Juni 2002 überarbeitete DS 853, jetzt als Ril 853 bezeichnet, hat diese Vorgaben, die bis dato Bestandteil und gültige Vorgaben für die Planung von Tübbingtunneln darstellen, im Wesentlichen übernommen. Dies trifft grundsätzlich auch für die Fortschreibungen, aktuell mit Stand vom 1. März 2011, zu.

Der vorliegende Beitrag gibt nach einem historischen

High-Precision Segments: Prerequisite for a high-quality monocoque Tunnel

The precision of the segments produced are of great significance for a single-shell segment tunnel. This report devotes itself to the problems involved.

1 Starting Situation

When producing single-shell tunnels excavated by shield, the dimensions of the segments – defined by the segment tolerances, are of enormous significance regarding the attainable quality (Fig. 1).

The dimensional accuracy influences the

- a) stability and sustainability of the tunnel lining
- b) the tunnel's tightness against prevailing groundwater
- c) acceptance of the prevailing ring loads (earth and water pressure, grouting pressures, support loads etc.) and
- d) acceptance of the driving loads from the machine passage

The current permissible segment tolerances for Germany are presented in Guideline 853, Module 4005 Lining with Segments, of the Deutsche Bahn (DB Netze AG) for rail tunnels and in a Guideline from the German Highway Research Institute (BAST)

for road tunnels, the ZTV-ING Part 5, Section 3 Shield Driving Methods.

There were no detailed requirements governing tolerances in Germany for producing segment elements until the DB Guideline DS 853.0019 "Planning, Constructing and Maintaining Rail Tunnels; Module Lining with Segments" was published in 1993. This Deutsche Bahn Guideline formed the basis for subsequent tolerance requirements in tenders for segments both for rail and road tunnels. The as from June 1, 2002 revised DS 853, subsequently known as Ril 853, largely took over these specifications, which until then constituted the valid parameters for planning tunnels made with segments. This also essentially applies to updates, currently with effect from March 1, 2011.

This report first examines the historical background of these regulations and their further development, findings obtained in practice and the significance of tolerance requirements for producing a qualitatively high-grade tunnel with a single shell. 2-shell tunnels with an outer shell



Tübbinglager Finnetunnel (2008)

Segment Stock Finne Tunnel (2008)

Abriss der Vorschriftenlage und deren Weiterentwicklung, die in der Praxis gemachten Erfahrungen und die Bedeutung der Toleranzanforderungen zur Erzielung eines qualitativ hochwertigen Tunnelbauwerkes, hergestellt in einschaliger Bauweise, wieder. Zweischalig hergestellte Tunnelbauwerke mit einer Außenschale aus Tübbingelementen und nachträglich hergestellter Innenschale werden nicht behandelt. Da die Tübbinge als Außenschale fungieren, erfordern sie ein geringeres Anforderungsprofil. Die Dichtigkeitsanforderungen werden bei dem zweischaligen Konstruktionsprinzip von der Innenschale erfüllt.

2 Entstehung von Vorschriften für Tübbingtoleranzen

Die DS 853.0019 entstand in ihrer ersten Fassung 1993, noch bevor der erste Eisenbahn-Schnellbahntunnel im Schildvortrieb geplant wurde.

Zuvor gab es in den Ausschreibungen für Tübbingtunnel, so z.B. für die Stadtbahntunnel in Köln (1990) oder Duisburg (1992), keine speziellen Anforderungen an die Herstellung des Ausbaues mittels Stahlbetontübbingen im Hinblick auf die Toleranzen.

Bei der Wahl der Toleranzen wurden in der 1993 aufgestellten DS 853.0019 bewusst sehr „harte“ Kriterien aufgestellt, um so einen mängelfreien Ausbau gewährleisten zu können und um den Auftragnehmer in die Pflicht nehmen zu können, eine höchstmögliche Qualität umzusetzen. Waren einzelne Toleranzen in der Praxis nicht einzuhalten, hätten diese in der Diskussion zwischen AG und AN angepasst werden können, falls die statischen Nachweise dieses erlaubten. Dies geschah insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass keine einschlägigen Erfahrungen mit im Schildvortrieb einschalig hergestellten Eisen-

made of segment elements and a subsequently produced inner shell are not dealt with. As the segments function as the outer shell, they require to fulfil fewer demands. The tightness requirements are fulfilled by the inner shell in the case of the 2-shell design principle.

2 Creation of Regulations for Segment Tolerances

The first version of the DS 853.0019 came about in 1993, before the first shield-excavated high-speed rail tunnel was planned.

Prior to this there were no special demands made on the production of the lining using reinforced concrete segments regarding the tolerances in tenders involving tunnels with segments – as e.g. for the urban transit tunnels in Cologne (1990) or Duisburg (1992).

In DS 853.0019 compiled in 1993 extremely “tough” criteria were deliberately established for selecting the tolerances so that

a defect-free lining was assured and committing the contractor to come up with the highest possible quality. Should individual tolerances not be adhered to in practice, these could have been correspondingly dealt with between the client and contractor on the basis of static proof. This was also undertaken against the background that no pertinent experience was actually available with shield-driven monocoque rail tunnels and the regulation governing rail tunnels at the time only applied to tunnels with 2 shells. At the time, monocoque tunnel structures required to be approved individually (ZIE). Up till that point, no single-shell rail tunnels had been produced using segments.

Strict regulations at the tendering phase were also devised to counteract possible subsequent demands on the part of the contractor, should no defect-free lining be possible on account of excessive approved production accuracies thus ne-

Tabelle 1 Zusammenstellung Tübbingtoleranzen: Vorschriften, Ausschreibung und Ausführung

	Deutsche Eisenbahnvorschrift				Straßentunnel		
	DS 853 Stand 1993	DS 853 Stand 1998	Ril 853 Stand ab 01.01.2006	Ril 853 Stand ab 01.03.2011 ¹⁾	ZTV-ING Entwurf 2005	ZTV-ING Stand ab 12/2007	
1 Winkelabweichungen							
1.1 Tübbingteilungswinkel (große Segmente)	+/- 0,02°	entfallen	entfallen	entfallen	+/- 0,01°	+/- 0,01°	
1.2 Tübbingteilungswinkel (kleiner Schlusstein)	+/- 0,01°	entfallen	entfallen	entfallen	-	-	
1.3 Verschränkungswinkel in den Längsfugen / Verschränkung in den Längsfugen	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	
1.4 Winkel der Längsfugenkonizität / Längsfugenkonizität	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	
2 Lineare Abmessungen							
2.1 Tübbingbreite	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	
2.2 Tübbingdicke	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 3,0 mm	+/- 3,0 mm	+/- 3,0 mm	
2.3 Tübbingbogenlänge (große Segmente)	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	-	-	
2.4 Tübbingbogenlänge (Schlusstein)	+/- 0,3 mm	entfallen	entfallen	entfallen	-	-	
2.5 Innenradius (Einzeltübbing)	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	
2.6 Außenradius (Einzeltübbing)	+/- 2,0 mm	entfallen	entfallen	entfallen	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	
2.7 Dichtungsnutachse	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	
2.8 Kontaktflächenachse	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	entfallen	-	-	
3 Ebenheit und Planparallelität von Kontaktflächen							
3.1 Längsfugenebenheit	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	
3.2 Ringfugenebenheit	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	
4 Detailstellen							
4.1 Erektorgriffaschen	+/- 2,0 mm	entfallen	entfallen	entfallen	-	-	
4.2 Dichtungsnut	+/- 0,1 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+ 0,2 mm - 0 mm (3) + (4)	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	
4.3 Schraubensitzflächen	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	entfallen	-	-	
4.4 Innendichtungsnut	+/- 2,0 mm	entfallen	entfallen	entfallen	-	-	
5 Toleranzen am geschlossenen Ring							
5.1 Außendurchmesser	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	-	-	
5.2 Innendurchmesser	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	-	-	
5.3 Außenumfang (in 3 Höhen gemessen)	+/- 15 mm	+/- 30 mm	+/- 30 mm	+/- 30 mm	-	-	
5.4 Innenumfang (in 3 Höhen gemessen)	+ 20 / - 5 mm	entfallen	entfallen	entfallen	-	-	
5.5 max. zulässiger Montageversatz	+/- 8 mm	entfallen	entfallen	+/- 10 mm	-	-	

¹⁾ identisch mit Stand ab 01.12.2008

bahntunneln vorlagen und die damalige Eisenbahnvorschrift infolgedessen nur zweischalige Tunnelbauten zuließ. Einschalig erstellte Tunnelbauwerke bedurften damals noch einer Zulassung im Einzelfall (ZiE). Bis dahin waren noch keine

Eisenbahn-Tübbingtunnel in einschaliger Bauweise gebaut worden.

Strenge Vorschriften in der Ausschreibung sollten auch eventuellen Nachtragsforderungen des Auftragnehmers entgegenwirken, falls infolge

cessitating the requirements to be subsequently raised.

Within the scope of German reunification the Finne Tunnel in the new federal states was the first project, whose tender was planned on the basis of the DS 853.0019. This tunnel was in fact

the first high-speed rail tunnel to be produced with a single shell using segments. Owing to the omission of the inner shell, special demands were placed on the tunnel's tightness. Against the background of these demands on tightness, the permissible

Fernbahn Berlin		Sophiatunnel		Botlektunnel		Rotterdam
Ausschreibung 1995	Ausführung	Ausschreibung 1997	Ausführung	Ausschreibung 1997	Ausführung	Ausschreibung 2003
+/- 0,02°	+/- 0,02°	+/- 0,02°	entfallen	+/- 0,02°	+/- 0,02°	+/- 0,02°
+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°	entfallen	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°
+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°
+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,03° (1)	+/- 0,01°	+/- 0,025° (6)	+/- 0,01°
			+/- 0,05° (2)			
+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,4 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,3 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 1,0 mm	+/- 0,5 mm	+/- 1,0 mm	+/- 0,5 mm
+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	-	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm
+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 2,0 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm
+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm
+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm
+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 0,1 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,1 mm	+/- 0,1 mm	+/- 0,1 mm (3) +/- 0,3 mm (4)	- 0,0 / + 0,5 mm (3) +/- 0,3 mm (4) +/- 0,01° (5)	+/- 0,1 mm (3)
+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm
+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm
+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm
+/- 15 mm	+ 20 / - 5 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm
+/- 5 mm	+/- 5 mm	entfallen	-	entfallen	-	entfallen

to declarations by the Deutsche Bahn after consulting with various advisory bodies based on the aspects mentioned previously. These stricter requirements applied to the segment arch length, the lining groove axis, the evenness of the longitudinal and annular joints, the permissible internal area as well as the maximal permissible assembly misalignment.

However accomplishment of the Finne Tunnel project was delayed and was actually produced at a later date between 2008 and 2010 (Fig. 2). In the interim, planning for the tunnel projects for the Berlin Mainline Route was carried out. On account of the comparable demands on the tunnel lining in Berlin the increased requirements on producing the segments for the Finne Tunnel were applied as the basis for the tendering procedure for the Berlin Mainline Tunnel project.

The good experience collected during the fulfilment of the Berlin Mainline Tunnel project prompted the Ingenieurbüro Maidl & Maidl, Bochum (IMM) in its capacity as tunnel designer to incorporate these enhanced demands in the tendering procedures for construction projects in conjunction with the goods traffic services for the Betuwe Route in the Netherlands,

(1) pro Tübbing
(2) pro Längsfuge
(3) Neoprennutzbreite
(4) Neoprennutztiefe
(5) Seitenneigung der Neoprennutz
(6) Summe der Konizität von 2 anliegenden Tübbinggen

zu hoher zugelassener Herstellungsungenauigkeiten kein mängelfreier Ausbau umsetzbar wäre und die Anforderungen erst nachträglich hätten erhöht werden müssen.

Im Rahmen der deutschen Wiedervereinigung war das

erste Projekt, bei dem die Ausschreibung auf der Basis der DS 853.0019 geplant wurde, der Finnetunnel in den neuen Bundesländern. Bei diesem Tunnel handelte es sich auch um den ersten Eisenbahn-Schnellbahntunnel, der in einschaliger Tüb-

production tolerances were formulated most strictly particularly in this field.

During the tendering phase for these first railway segment tunnel projects the strict specifications of DS 853.0019 were still further tightened according

the Botlek and Sophia tunnels as well as the Pannerdensch Canal and for the subsequent Groene Hart and Randstad Rail, Statenwegtracé Tunnel projects.

In 1998, the Deutsche Bahn published a new version of Guideline DS 853.0019.

Table 1 Compilation of Segment Tolerances: Regulations, Tendering and Execution

	German Rail Regulation				Road Tunnels		
	DS 853 from 1993	DS 853 from 1998	Ril 853 from 01.01.2006	Ril 853 from 01.03.2011 ¹⁾	ZTV-ING Draft 2005	ZTV-ING from 12/2007	
1 Angle deviations							
1.1 Segment distribution angle (large segments)	+/- 0,02°	inapplicable	inapplicable	inapplicable	+/- 0,01°	+/- 0,01°	
1.2 Segment distribution angle (small keystone)	+/- 0,01°	inapplicable	inapplicable	inapplicable	-	-	
1.3 Angle of twist in the longitudinal joints / twist in the longitudinal joints	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	
1.4 Angle of longitudinal joint concicity / longitudinal joint concicity	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	
2 Linear dimensions							
2.1 Segment width	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	
2.2 Segment thickness	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 3,0 mm	+/- 3,0 mm	+/- 3,0 mm	
2.3 Segment arch length (large segments)	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	+/- 0,6 mm	-	-	
2.4 Segment arch length (keystone)	+/- 0,3 mm	inapplicable	inapplicable	inapplicable	-	-	
2.5 Inner radius (individual segment)	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	
2.6 Outer radius (individual segment)	+/- 2,0 mm	inapplicable	inapplicable	inapplicable	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	
2.7 Sealing groove axis	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	
2.8 Contact area axis	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	inapplicable	-	-	
3 Evenness and plane parallelism of contact surfaces							
3.1 Longitudinal joint evenness	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	
3.2 Annular joint evenness	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	
4 Details							
4.1 Erector grip pockets	+/- 2,0 mm	inapplicable	inapplicable	inapplicable	-	-	
4.2 Sealing groove	+/- 0,1 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+ 0,2 mm - 0 mm (3) + (4)	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	
4.3 Screw seating areas	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	inapplicable	-	-	
4.4 Inner sealing groove	+/- 2,0 mm	inapplicable	inapplicable	inapplicable	-	-	
5 Tolerances on closed ring							
5.1 Outer diameter	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	-	-	
5.2 Inner diameter	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	-	-	
5.3 Outer circumference (measured at 3 heights)	+/- 15 mm	+/- 30 mm	+/- 30 mm	+/- 30 mm	-	-	
5.4 Inner circumference (measured at 3 heights)	+ 20 / - 5 mm	inapplicable	inapplicable	inapplicable	-	-	
5.5 max. permissible assembly misalignment	+/- 8 mm	inapplicable	inapplicable	+/- 10 mm	-	-	

¹⁾ identical with from 01.12.2008

bingbauweise erstellt werden sollte. Aufgrund des Entfalls einer Innenschale wurden daher besondere Anforderungen an die Dichtheit des Tunnelausbaues gestellt. Vor dem Hintergrund der Dichtheitsanforderungen wurden gerade auch in

diesem Bereich die zulässigen Herstelltoleranzen sehr streng formuliert.

In der Ausschreibungsphase zu diesem ersten Eisenbahn-Tübbingtunnelprojekt wurden die strengen Vorgaben der DS 853.0019, nach Aussagen der

During the revision phase the permissible tolerances were adapted to the current state of the art for segment production. As can be discerned from Table 1 a number of specifications were omitted or reworded in the process.

When DS 853 was again revised in 2002, subsequently to be known as Ril 853, these specifications were taken over without being modified. The 2002 version is identical with the version introduced on January 1, 2006 regarding the tolerance de-

Berlin Mainline Tunnel		Sophia Tunnel		Botlek Tunnel		Rotterdam
Tender 1995	Execution	Tender 1997	Execution	Tender 1997	Execution	Tender 2003
+/- 0,02°	+/- 0,02°	+/- 0,02°	inapplicable	+/- 0,02°	+/- 0,02°	+/- 0,02°
+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°	inapplicable	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°
+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°	+/- 0,04°
+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,01°	+/- 0,03° (1)	+/- 0,01°	+/- 0,025° (6)	+/- 0,01°
			+/- 0,05° (2)			
+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,4 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,3 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 1,0 mm	+/- 0,5 mm	+/- 1,0 mm	+/- 0,5 mm
+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	-	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm	+/- 0,3 mm
+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 2,0 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm	+/- 1,5 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm	+/- 0,5 mm
+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm
+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm
+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,2 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 0,1 mm	+/- 0,2 mm	+/- 0,1 mm	+/- 0,1 mm	+/- 0,1 mm (3) +/- 0,3 mm (4)	- 0,0 / + 0,5 mm (3) +/- 0,3 mm (4) +/- 0,01 ° (5)	+/- 0,1 mm (3)
+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm	+/- 1,0 mm
+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm	+/- 2,0 mm
+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm
+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm	+/- 10 mm
+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm
+/- 15 mm	+ 20 / - 5 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm	+/- 15 mm
+/- 5 mm	+/- 5 mm	inapplicable	-	inapplicable	-	inapplicable

ZTV-ING Part 5, Section 3 subsequently introduced in 2007 for road tunnels based on the 2005 draft, relies on millimetre specifications rather than the angle specifications derived from Ril 853, which are based on the tunnel diameters normally accomplished in road construction.

The tolerance specifications still apply today and can also be gleaned from Table 1. It was possible to replace the angle specifications for the longitudinal joint formation by millimetre specifications thanks to the diameter reference established by the required clearance profile. Complicated calculations could thus be avoided.

Updates of Ril 853 (as of December 1, 2008 and March 1, 2011) continued with the trend to avoid providing angle specifications thus replacing them by millimetres. Otherwise the details contained in the previous version as of January 1, 2006 have been taken over. It remains to be seen to what extent the renouncing of angle specifications for the application of different tunnel diameters can be maintained. The Deutsche Bahn has of late attempted to produce twin-track segment bores in monocoque construction. The resultant tunnel diameters then are some 13 m external diameter in size. The single-track tunnel bores

- (1) per segment
(2) per longitudinal joint
(3) neoprene groove width
(4) neoprene groove depth
(5) lateral incline of neoprene groove
(6) sum of conicity of 2 neighbouring segments

Bahn in Absprache mit verschiedenen Gutachtern, in den kritischen Bereichen aufgrund der zuvor erwähnten Punkte noch weiter verschärft. Die strengen Anforderungen betreffen die Tübbingbogenlänge, die Dichtungsnutachse, die Eben-

heit der Längs- und Ringfugen, den zulässigen Innenumfang sowie den maximal zulässigen Montageversatz.

Die Realisierung des Projektes Finnetunnel wurde jedoch zeitlich verschoben und kam erst später in den Jahren

mands and is thus referred to separately in Table 1.

The tolerance specifications for Ril 853 were based on angle specifications for the longitudinal joint formation to be independent of the tunnel diameter.

for rail tunnels produced so far possess excavated diameters of roughly 10 m.

3 Significance of the Tolerance Requirements

For the static calculation of the tunnel shell various assumptions

2008 bis 2010 zur Ausführung (Bild 2). Zwischenzeitlich wurden die Planungen für die Tunnelprojekte der Fernbahn Berlin aufgenommen. Aufgrund der vergleichbaren Anforderungen an den Tunnelausbau in Berlin bildeten die an den Finnetunnel gestellten verstärkten Anforderungen an die Tübbingherstellung die Basis für die Ausschreibung des Projektes Fernbahntunnel Berlin.

Die guten Erfahrungen, die mit dem Fernbahntunnel Berlin gesammelt wurden, veranlassten das Ingenieurbüro Maidl & Maidl, Bochum (IMM) in der Funktion als Tunnelplaner diese verstärkten Anforderungen auch in die Ausschreibungen für die Bauvorhaben im Rahmen der Güterverkehrsstrecke der Betuweroute in den Niederlanden, den Botlek und den Sophiatunnel sowie den Tunnel Pannerdensch Kanaal sowie auch für die späteren Projekte Groene Hart und Randstadrail, Tunnel Statenwegtracé, zu übernehmen.

1998 wurde eine neue Version der Richtlinie DS 853.0019 von der Deutschen Bahn veröffentlicht.

Bei der Überarbeitung wurden die zulässigen Toleranzen dem damaligen Stand der Technik in der Tübbingherstellung angepasst. Wie Tabelle 1 zu entnehmen ist, sind dabei einige Vorgaben entfallen bzw. wurden abgeschwächt.

Bei der neuerlichen Überarbeitung der DS 853 im Jahre 2002, die danach als Ril 853 bezeichnet wird, wurden diese Vorgaben ohne jegliche Korrekturen übernommen. Die Version 2002 ist bzgl. der Toleranzanforderungen identisch mit der Version ab 1. Januar 2006 und ist in Tabelle 1 nicht gesondert ausgewiesen.

Die Toleranzvorgaben der Ril 853 basierten für die Längsfugenausbildung, um unabhängig vom Tunneldurchmesser zu sein, auf Winkelvorgaben!

Die später im Jahre 2007 für Straßentunnel auf der Basis des Entwurfes 2005 eingeführte ZTV-ING Teil 5, Abschnitt 3 basiert, anstelle der Winkelvorgaben aus der Ril 853, auf Millimetervorgaben, die auf dem Bezug zu den üblicherweise im Straßenbau zu realisierenden Tunneldurchmessern basieren.

Diese Toleranzvorgaben sind bis heute gültig und ebenfalls Tabelle 1 zu entnehmen. Durch den für Straßentunnel aufgrund des geforderten Lichtraumprofils festgelegten Durchmesserbezug konnten die Winkelvorgaben für die Längsfugenausbildung durch Millimetervorgaben ersetzt werden. Aufwendige Umrechnungen konnten damit entfallen.

Die Fortschreibungen der Ril 853 (Stand ab 1. Dezember 2008 und Stand ab 1. März 2011) haben den Trend des Verzichts auf Winkelvorgaben aufgegriffen und diese ebenfalls durch Millimeterangaben ersetzt. Ansonsten sind die Vorgaben der Vorläuferversion, Stand 1. Januar 2006, übernommen worden. Es bleibt abzuwarten, inwieweit zukünftig der Verzicht auf Winkelvorgaben bei Anwendung unterschiedlicher Tunneldurchmesser aufrecht zu halten ist. Neuere Bestrebungen der Deutschen Bahn sehen auch die Realisierung von zweigleisigen Tübbingröhren in einschaliger Bauweise vor. Die daraus abzuleitenden Tunneldurchmesser liegen dann in einer Größenordnung von ca. 13 m Ausbruchdurchmes-



Ringweise Tübbingstapelung Finnetunnel (2008)

Stock of segments per Ring Finne Tunnel (2008)

are made for the segmental lining. These assumptions relate in particular to the

- stiffness of the tunnel or segmental ring,
- load transference of the segment longitudinal joints in the concrete hinges and
- stiffness of the ring couplings

Furthermore the scheduled, ideal state of the joints is assumed for the static calculation of the segment longitudinal joints. The evenness of the annular joints is also assumed for the further transference of the driving jack forces.

The installed sealing gaskets are designed to comply with the misalignments, which can occur as a result of the segment design.

All aspects depend on planning being applied perfectly. Tolerances are permitted to the extent observed in process technical terms and are thus economically acceptable. Providing these tolerances are observed no unexpected increase in the calculated segment load is to be reckoned with.

Alongside the static aspects, the dimensional accuracy of the segments at their point of installation is of great significance.

It is only possible to produce tunnel rings that are free of damage and tight on a regular basis providing they are manufactured precisely.

Unfavourable interaction of excessively large tolerances results in unscheduled constraining forces acting on the segments. These constraining forces can reach magnitudes, which cannot be accepted either by the concrete or the installed reinforcement. It is also impossible to dimension the individual segments to accommodate these loads owing to the many imponderable factors.

Spalling, cracks and leakages affecting the rings are generally the outcome of inaccurate segment production.

The tolerances of the longitudinal joint conicity, the segment width and the evenness of the contact surfaces are of importance for the design of the segments (Fig. 3). In these areas, which affect both the longitudinal as well as the annular joint,

ser. Die bis dato hergestellten eingeleisigen Tunnelröhren für Eisenbahntunnel weisen Ausbruchdurchmesser von ca. 10 m auf.

3 Bedeutung der Toleranzanforderungen

Bei der statischen Berechnung der Tunnelschale werden für den Tübbingausbau diverse Annahmen getroffen. Diese Annahmen betreffen insbesondere die

- Steifigkeit des Tübbings bzw. Tübbingringes,
- Lastübertragung im Beton- gelenk der Tübbinglängsfugen und
- Steifigkeit der Ringkopp- lungen

Bei der statischen Berechnung der Tübbinglängsfugen wird zudem der planmäßige, ideale Zustand dieser Fugen vorausgesetzt. Auch bei der Weiterleitung der Vortriebs- pressenkräfte wird von der Ebenheit der Ringfugen ausgegangen.

Die eingebauten Dichtprofile werden auf die Versätze hin ausgelegt, die sich infolge des Tübbingdesigns planmäßig einstellen können.

Bei allen Aspekten wird von der idealen Umsetzung der Planung ausgegangen. Toleranzen werden in dem Maße zugelassen, wie sie fertigungstechnisch einzuhalten sind und damit im wirtschaftlich vertretbaren Rahmen stehen. Bei Einhaltung dieser Toleranzen ist auch keine außergewöhnliche Zunahme der berechneten Tübbingbelastung zu erwarten.

Neben den statischen Gesichtspunkten ist auch für den Tunnelausbau vor Ort eine Maßgenauigkeit der Tübbinge von großer Bedeutung.

Nur mit einer sehr präzisen Tübbingherstellung ist es möglich, regelmäßig schadenfreie und dichte Tunnelringe zu bauen.

Eine ungünstige Überlagerung von zu großen Toleranzen hat ungeplante Zwangsbeanspruchungen der Tübbinge zur Folge. Diese Zwangsbeanspruchungen können Größenordnungen erreichen, die weder vom Beton noch von der eingebauten Bewehrung aufgenommen werden können. Auch die Bemessung der Einzelsegmente auf diese Belastungen ist aufgrund der vielen Unwägbarkeiten nicht möglich.

Abplatzungen, Risse und Undichtigkeiten an den Ringen sind in der Regel die Folge ungenauer Tübbingherstellung.

Von besonderem Belang für die Ausbildung der Tübbinge sind die Toleranzen der Längsfugenkonizität, der Tübbingbreite und der Ebenheit der Kontaktstellen (Bild 3). In diesen Bereichen, die sowohl die Längs- als auch die Ringfuge betreffen, werden die auftretenden Lasten in die Tübbinge eingeleitet. Bei einer Einhaltung der angegebenen Toleranzen sind keine maßgebenden Zusatzbeanspruchungen in den Tübbingen zu erwarten.

Besonders die Einhaltung des Winkels der Längsfugenkonizität ist zu beachten. Die Ringnormalkräfte in den Längsfugen, die infolge der Erd- und Wasserdruckbelastung in das Tragsystem eingeleitet werden, werden durch direkten Betonkontakt über Druckspannungen weitergeleitet. Durch die Ausbildung der Längsfugen als Drehfedergelenke wird der Lasteinleitungsbereich reduziert. Auf diese gezielte Lasteinleitung hin werden die

the prevailing forces are introduced into the segments. Providing the predetermined tolerances are adhered to, no decisive additional stresses in the segments are to be anticipated.

Observance of the angle of the longitudinal joint concity deserves particular attention. The ring normal forces in the longitudinal joints, which are introduced to the supporting system as a result of earth and water pressure load, are transferred further via compressive stresses through direct contact with concrete. The load transfer area is reduced by the longitudinal joints taking on the form of a spring link. The resulting concrete compressive stresses are calculated through this applied load introduction and the necessary tensile strength reinforcement for the most unfavourable combination of twisting angle and ring normal force determined.

Should the permissible longitudinal joint concity be exceeded the uniform load distributi-

on over the segment width is no longer assured. In addition to the calculated scheduled joint loads these stresses are superimposed in the longitudinal joint by constraining forces caused by excessive articulation. If the demanded tolerance is not observed during segment production, special static proof based on the dimensions actually produced, are required and the reinforcement in the longitudinal joints adjusted to the prevailing circumstances. Experience shows that the tensile strength reinforcement in the longitudinal joints must be increased by roughly 10 to 15 % given an increase of the permissible longitudinal joint concity from 0.01° to 0.05°.

Care must be taken to adhere to the width of the segment. Through the formation of the segment lining with offset longitudinal joints the abutment for the ring subsequently installed is always formed by 2 segments. According to plan this is geared to a uniform positioning of the segments. The segments are

ELA-Premium-Mietcontainer
...sind 1/2 m breiter



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.

resultierenden Betondruckspannungen berechnet und die erforderliche Spaltzugbewehrung für die ungünstigste Kombination aus Verdrehwinkel und Ringnormalkraft ermittelt.

Bei einer Überschreitung der zulässigen Längsfugenkonizität wird die gleichmäßige Lasteinleitung über die Segmentbreite nicht mehr sichergestellt. Zusätzlich zu den berechneten planmäßigen Fugenbelastungen werden diese Spannungen von Zwangsbeanspruchungen, infolge zu großer Verschränkungen, in der Längsfuge überlagert. Kann die geforderte Toleranz bei der Tübbingherstellung nicht eingehalten werden, sind gesonderte statische Nachweise, anhand der tatsächlich herstellbaren Abmessungen, zu führen und die Bewehrung in den Längsfugen ist den Gegebenheiten anzupassen. Erfahrungsgemäß muss die Spaltzugbewehrung in den Längsfugen bei einer Erhöhung der zulässigen Längsfugenkonizität von 0,01° auf 0,05° um ca. 10 bis 15 % erhöht werden.

Auch die Einhaltung der Tübbingbreite ist zu beachten. Durch die Ausbildung des Tübbingausbaues mit versetzten Längsfugen wird das Auflager für den nachfolgend eingebauten Ring immer von 2 Tübbing gebildet. Planmäßig wird von einer gleichmäßigen Lagerung der Segmente ausgegangen. Die Tübbing werden in Tunnellängsrichtung durch die Vortriebspresenkräfte stark belastet. Im Regelfall werden auf der den Pressen abgewandten Tübbingseite Zwischenlagen in Form von Kaubit-, Sperrholz- bzw. Triplexplatten eingebaut, die als definierte Auflager der Segmente dienen und die Pressenkräfte

gezielt durch die Tübbingeleiten. Bei dieser Anordnung wird eine extreme Scheibenbeanspruchung der Tübbing weitestgehend verhindert. Die eingebauten Zwischenlagen dienen neben der Definition als Auflager weiterhin auch dazu, eventuell vorhandene Toleranzen in den Ringfugen auszugleichen und somit einen gleichmäßigen Kraftdurchfluss sicherzustellen.

Werden die Toleranzen in der Tübbingbreite stark überschritten, können die Zwischenlagen die Differenzen nicht mehr ausgleichen, und die betroffenen Tübbing werden als „Wandscheibe“ belastet. Bei den vorherrschenden Pressenkräften kann die Bewehrung auf diesen Lastfall hin jedoch nur schwer ausgelegt werden; Risse in den Tübbing können die Folge sein.

Neben den direkten Kontaktstellen der Tübbing werden auch an die Lage und Ausbildung der Dichtungsnut sehr hohe Anforderungen gestellt.

Da es sich um einen einschaligen Tunnelausbau mit nur einem Dichtsystem handelt, sind die Abmessungen der Nut exakt auf das gewählte Dichtprofil hin auszulegen, so dass sich keine Undichtigkeiten in Form von Umläufigkeiten einstellen können.

Auch die Lage der Dichtungsnutachse ist von größter Bedeutung, da das Dichtprofil gemäß Anwendungsdiagramm mit größter Genauigkeit für die möglichen Fugenversätze und Fugenöffnungen hin getestet und ausgelegt ist.

Nur mit einer sehr genauen Ausbildung der Dichtungsnut kann die Funktionalität des Dichtsystems sichergestellt werden.

subjected to pronounced load in the longitudinal direction of the tunnel through the driving jack forces. Generally speaking intermediate layers in the form of composite, plywood or triplex panels are installed on the side of the segments facing the jacks, which serve as a defined abutment for the segments and specifically direct the jacking forces through the segments. Given this arrangement, extreme stress in the segments is largely avoided. Apart from defining the abutment the installed intermediate panels also help to compensate tolerances possibly prevailing in the annular joints thus securing a uniform force flow rate.

If the tolerances in the segment width are exceeded to a large degree, the intermediate panels are unable to compensate the differences, and the affected segments are subjected to load as a "shear wall". Given the prevailing jacking forces it is difficult to design the reinforcement to cope with this load case so that cracks in the segments can result.

Extremely high demands are posed on the position and design of the sealing groove apart from the direct contact points for the segments.

As a single-shell tunnel lining with only a single sealing system is concerned, the groove dimensions must be designed to conform exactly with the selected sealing gasket so that no leakages resulting from ingressing water can occur.

The position of the sealing groove axis is also of great importance as the sealing gasket has been tested and designed with the greatest accuracy for possible joint misalignments and joint openings.

It is only possible to assure that the sealing system functions properly providing that the sealing groove is designed with extreme accuracy.

4 Tendering Demands for executed Reference Projects and resultant Findings

As previously indicated the DS 853 was first taken as the basis for the permissible segment tolerances for the Berlin Mainline Tunnel project.

In the urban rail tunnels previously produced in Germany, tenders did not include such detailed tolerance specifications. The production of segments and the applied tolerances were by and large determined by the contractor. The following excerpts from older tenders substantiate this:

4.1 City of Cologne, Contract Section M1, Wiener Platz/ Frankfurter Straße, 1990

Under point 5.4.1 – G "Segments" in the list of services all that is said is:

"To assess the offers the JV requires detailed explanations and binding commitments on the following points from the tenderer.

Segments:

- Production, accuracy, testing, trial assembly
- ...
- Sealing, test certificates"

4.2 City of Duisburg, Undertunnelling the Ruhr. Lot TA7/8A, 1992

Tender requirement on the segment tolerances: Point 9.7.1

"On account of the production accuracy required for a watertight lining – the customary neoprene seals only permit +/- 0.5 mm tolerance – the ap-

4 Ausschreibungsanforderungen ausgeführter Referenzprojekte und deren Erfahrungen

Wie zuvor ausgeführt, wurde die DS 853 für das Projekt Fernbahntunnel Berlin erstmalig als Basis für die zulässigen Tübbingtoleranzen herangezogen.

Bei den zuvor in Deutschland erstellten Stadtbahntunneln gab es in den Ausschreibungen keine so eng gefassten Toleranzvorgaben. Die Tübbingherstellung und die anzusetzenden Toleranzen wurden im Wesentlichen vom Auftragnehmer festgelegt. Nachfolgende Auszüge aus älteren Ausschreibungen dokumentieren dies:

4.1 Stadt Köln, Baulos M1, Wiener Platz/Frankfurter Straße, 1990

Unter dem Punkt 5.4.1 – G, „Tübbinge“ der Leistungsbeschreibung heißt es sogar nur:

„Zur Beurteilung der Angebote wünscht der AG zu folgenden Punkten vom Bieter ausführliche Erläuterungen und verbindliche Zusagen.

Tübbinge:

- Herstellung, Genauigkeit, Prüfung, Probemontage
- ...
- Dichtung, Prüfzeugnisse.“

4.2 Stadt Duisburg, Ruhrunterquerung, Los TA7/8A, 1992

Anforderung der Ausschreibung an die Tübbingtoleranzen: Pkt. 9.7.1

„Wegen der für eine wasserdichte Auskleidung erforderlichen Herstellungsgenauigkeit – die üblichen Neoprendichtungen erlauben nur +/- 0,5 mm Toleranz – wird die Verwendung von schweren Stahlschalungen mit [...] einer Herstellgenauigkeit von +/- 0,2 mm gefordert. Hier-

über hat der AN einen Nachweis zu erbringen.“

„Neben den üblichen Kontrollen nach der DIN sind die Abmessungen der einzelnen Tübbinge zu überprüfen, zu Beginn der Produktion jeder Tübbing, nach Erreichen der geforderten Herstellgenauigkeit mind. jeder 25. Tübbing einer Schalung.“

4.3 Finnetunnel, Fernbahntunnel Berlin, 1995

Die Ausschreibung des Fernbahntunnels Berlin, die auf der Basis der geplanten Ausschreibung für den Finnetunnel erstellt wurde, basierte in Deutschland, wie zuvor erwähnt, erstmalig auf einer Vorschriftenlage, den Anforderungen der DS 853.0019.

In Abweichung zur DS 853 mit Stand von 1993 wurden für den Fernbahntunnel Berlin die Toleranzen für die Tübbingbogenlänge, die Dichtungsnutachse, die Ebenheit der Längs- und Ringfugen, den Innenumfang sowie der maximal zulässige Montageversatz verringert (siehe Tabelle 1).

Im Rahmen der Ausführung konnten fast alle Forderungen erfüllt werden. Anpassungen waren bei der Dichtungsnut sowie bei dem Innenumfang des geschlossenen Ringes erforderlich.

Es bleibt hier darauf hinzuweisen, dass als Tübbingdesign für die Längsfugen glatte Fugen und für die Ringfugen dem damaligen Stand der Technik entsprechend ein Nut-Feder-System zum Einsatz kam.

4.4 Botlektunnel, Sophiatunnel, Tunnel Pannerdensch Kanaal, 1997/1998

Bei den Projekten für die Betuweroute dienten die Anfor-



Design Ring- und Längsfuge Finnetunnel (2008)

Design of Ring and Longitudinal Joint Finne Tunnel (2008)

plication of heavy steel moulds with [...] a production accuracy of +/- 0.2mm is called for. The contractor is required to provide proof“.

“Apart from the customary checks according to DIN the dimensions of the individual segments have to be examined, each segment at the beginning of production, at least every 25th segment per mould once the required production accuracy is attained“.

4.3 Finne Tunnel, Berlin Mainline Tunnel, 1995

The tender for the Berlin Mainline Tunnel, which was produced on the basis for the planned tender for the Finne Tunnel, was based for the first time in Germany, as previously mentioned, on specifications as laid down in the DS 853.0019.

In contrast to the DS 853 dating from 1993 the tolerances for the segment arch length, the sealing groove axis, the evenness of the longitudinal and annular joints, the inner circumferences as well as the maximal permissible assembly misalignment were

reduced for the Berlin Mainline Tunnel (see Table 1).

Practically all requirements could be met within the scope of execution. Adjustments were necessary for the sealing groove and the inner circumference of the closed ring.

It should be pointed out here that smooth joints for the longitudinal joints and a tongue and groove system in keeping with the state of the art at the time were applied in terms of segment design.

4.4 Botlek Tunnel, Sophia Tunnel, Pannerdensch Canal Tunnel, 1997/1998

The specifications contained in the tender for the Berlin Mainline Tunnel, which had proved itself in practice, were applied for the Betuwe Route projects. Furthermore a tongue and groove system for the annular joint was taken for the reference draft in similar fashion to the Berlin Mainline Tunnel concept.

The sole change related to specifying the maximal permissible assembly misalignment. This specification was excluded

derungen der Ausschreibung des Fernbahntunnels Berlin, die sich in der Praxis bewährt hatten, als Basis der Ausschreibung. Zudem lag dem Referenz-Entwurf analog dem Berliner Fernbahntunnelkonzept ein Nut-Feder-System in der Ringfuge zugrunde.

Die einzige Veränderung wurde bei der Vorgabe des maximal zulässigen Montageversatzes vorgenommen. Um dem AN eine freie Wahl in der Ausbildung des Kopplungsdesigns in der Ringfuge zu gewähren, entfiel diese Vorgabe in der Ausschreibung.

4.5 Projekt Nord-Süd Stadtbahn Köln, 2003

Beim Projekt Nord-Süd Stadtbahn Köln wurden dem Finnetunnel entsprechende analoge Änderungsvorschläge vom AN vorgebracht.

Das IMM wurde beim Kölner Projekt mit der Beurteilung der Vorschläge im Rahmen einer zu erstellenden fachtechnischen Stellungnahme beauftragt.

Aufgrund von Vergleichsbetrachtungen mit den geänderten Toleranzwerten kam das IMM zu dem Ergebnis, dass das Risiko negativer Beeinflussungen als beherrschbar einzustufen wäre.

Im Hinblick auf mögliche vertragliche Vereinbarungen und der Verantwortungsabgrenzung wurde seitens IMM für das Projekt in Köln folgende Kompromisslösung vorgeschlagen und so letztlich mit dem AN vereinbart.

- Oberste Prämisse für die Fertigung der Tübbing bleibt die Zielsetzung zur Einhaltung der ursprünglich aufgestellten Toleranzvorgaben.

- „Ausreißer“, d.h. Abweichungen in den Toleranzvorgaben werden für die Längsfugenkonizität bis max. $\pm 0,017^\circ$ und für die Längsfugenebenheit bis max. $\pm 0,05$ mm toleriert, solange sie in einer prozentualen Größenordnung von $< 1\%$ für die Abweichung lagen.

- Seitens des AG wird die Abweichung in vertraglicher Sicht lediglich toleriert. Die Verantwortung verbleibt jedoch weiterhin beim AN. D.h., die aus diesen Abweichungen resultierenden möglichen Folgen für die Gebrauchsfähigkeit im Hinblick auf Schadensbeseitigungen/Sanierungen etc. in Folge z.B. von Abplatzungen, Rissen, Undichtigkeiten etc. gehen zu Lasten des AN.

5 Ausführungserfahrungen aus Referenzprojekten

Rückkopplungen über Praxiserfahrungen bzgl. der Einhaltung der Toleranzvorgaben bzw. eventuell ausgeführter Anpassungen sind generell nur schwer zugänglich.

Aufgrund der Erfahrungen des IMM bei den Tunneln für die Betuweroute im Rahmen der Bauüberwachung (Hinweis: Hier waren in der Ausschreibung ebenfalls die Toleranzvorgaben der Ril aufgestellt worden) konnten folgende Kenntnisse abgeleitet werden.

Bei der Vermessung der Segmente stellten sich einige Punkte als kritisch heraus, die die Anforderungen der Ausschreibung nicht erfüllen konnten:

- Längsfugenkonizität,
- Tübbingbreite,
- Tübbingbogenlänge und
- Dichtungsnut

from the tender to allow the contractor a free hand in coming up with the coupling design for the annular joint.

4.5 North-South Urban Light Railway Cologne, 2003

The contractor put forward a number of proposed alterations in keeping with the Finne Tunnel for the North-South urban light railway in Cologne.

The IMM was commissioned to assess these proposals within the scope of the technical appraisal for the Cologne project.

Based on comparative observations relating to the changed tolerance values the IMM concluded that the risk of negative influences could be classified as controllable.

Regarding possible contractual agreements and delimitation of responsibilities the IMM put forward the following compromise solution for the Cologne project, which was accepted by the contractor.

- The prime target for production of the segments remains the objective of adhering to the originally determined tolerance specifications.
- "Exceptions", i.e. deviations from the tolerance specifications are tolerated for the longitudinal joint conicity to a max. of $+0.017^\circ$ and a max. of $+0.05$ mm for the longitudinal joint evenness if related to a percentage magnitude of $< 1\%$ for the deviation.
- In contractual terms the fluctuation is merely tolerated by the client. However the contractor still remains responsible. In other words, possible consequences for serviceability relating to damage rectification/redevelopment etc. caused by e.g.

spalling, cracks, leakages etc. are to be borne by the contractor.

5 Findings obtained from Reference Projects

Generally speaking feedback on practical experience and the adherence to tolerance specifications and any adjustments possible undertaken are hard to obtain.

Based on the experience gained by the IMM from the Betuwe Route tunnels within the scope of supervision of construction (NB: Ril tolerance specifications were also applied in the tender here) the following findings were obtained.

During the measuring of the segments a number of points emerged as critical, which could not fulfil the requirements of the tender:

- Longitudinal joint conicity,
- Segment width,
- Segment arch length and
- Sealing groove

During segment production the tolerances for these aspects were adjusted to the technical values possible in consultation with the client.

Longitudinal joint conicity: change from $+0.01^\circ$ to $+0.025^\circ$.

The longitudinal joint evenness was retained unaltered at $+0.2$ mm.

In this connection, first and foremost increasing the permissible longitudinal joint conicity exerts an effect on the supporting behaviour of the segments as well as on the necessary reinforcement for the longitudinal joints.

The feasibility of the changed tolerance parameters could be confirmed through exact ring execution. The tunnels were produced with a qualitatively high-grade segmental lining.

Im Laufe der Tübbingfertigung wurden die Toleranzen dieser Punkte in Absprache mit dem Auftraggeber den ausführungstechnisch möglichen Werten angepasst.

Längsfugenkonizität: Änderung von $\pm 0,01^\circ$ auf $\pm 0,025^\circ$.

Die Längsfugenebenheit wurde unverändert bei $\pm 0,2$ mm beibehalten.

Dabei hat vor Allem die Erhöhung der zulässigen Längsfugenkonizität Auswirkungen auf das Tragverhalten der Tübbinge sowie auf die erforderliche Bewehrung der Längsfugen.

Durch einen exakten Ringbau konnte die Machbarkeit der geänderten Toleranzvorgaben bestätigt werden. Die Tunnel wurden mit einer qualitativ hochwertigen Tübbingauskleidung umgesetzt.

6 Gegenüberstellung Tübbingtoleranzen Vorschriftenlage/Referenzprojekte


In Tabelle 1 sind zur besseren Vergleichbarkeit die Tübbingtoleranzen nachfolgend aufgeführter Projekte bzw. Vorschriften zusammengestellt:

1. DS 853.0019, Stand 1993
2. DS 853.0019, Stand 1998
3. Ril 853, Stand ab 1. Juni 2002
4. Ril 853, Stand ab 1. März 2011
5. ZTV-ING, Entwurf 2005
6. ZTV-ING, Stand 12/2007
7. Fernbahntunnel Berlin, Ausschreibung 1995
8. Fernbahntunnel Berlin, Ausführung
9. Sophiatunnel, Ausschreibung 1997
10. Sophiatunnel, Ausführung
11. Botlektunnel, Ausschreibung 1997
12. Botlektunnel, Ausführung

13. Rotterdam Statenwegtracé, Ausschreibung 2003 (identisch mit den Tunneln der Betuweroute)

Die Anforderungen der Ausschreibung für den Tunnel Pannerdensch Kanaal und die Groene Hart sind identisch mit denjenigen für Botlek und Sophia; auf eine Wiedergabe wurde daher verzichtet.

7 Schlussbemerkung

Die in Deutschland erstmalig mit Herausgabe der deutschen Eisenbahnvorschrift DS 853 (heute Ril 853) im Jahr 1993 formulierten Toleranzvorgaben an die Tübbingherstellung haben sich in der Praxis weitgehend bewährt. Bei einzelnen Parametern wurden geringfügige Anpassungen vorgenommen. Es hat sich gezeigt, dass die insgesamt streng formulierten hohen Genauigkeitsanforderungen ein wesentlicher Garant für die hohe erzielbare Qualität des Endproduktes „einschalig hergestelltes Tübbingbauwerk“ sind. Zukünftig gilt es die Haltbarkeit bzw. Umsetzbarkeit der Anforderungen an den Trend der Durchmesser vergrößerungen anzupassen bzw. zu überprüfen. 


6 Comparison of Segment Tolerances Regulation structure/ Reference projects

Table 1 contains the segments tolerances for the following projects and regulations to enable better comparison:

1. DS 853.0019, as of 1993
2. DS 853.0019, as of 1998
3. Ril 853, as from June 1, 2002
4. Ril 853, as from March 1, 2011
5. ZTV-ING, draft 2005
6. ZTV-ING, as of 12/2007
7. Berlin Mainline Tunnel, tender 1995
8. Berlin Mainline Tunnel, execution
9. Sophia Tunnel, tender 1997
10. Sophia Tunnel, execution
11. Botlek Tunnel, tender 1997
12. Botlek Tunnel, execution
13. Rotterdam Statenwegtracé, tender 2003 (identical with the Betuwe Route tunnels)

The requirements for the tender for the Pannerdensch Canal Tunnel and the Groene Hart are identical with those for the Botlek and Sophia; thus repetition is unnecessary.

7 Conclusion

The tolerance specifications for segment production first formulated in Germany in 1993 with the publication of the German Rail Guideline DS 853 (now Ril 853) have largely proved themselves in practice. Slight adjustments to individual parameters have been undertaken. It has been displayed that the by and large strictly formulated high demands on accuracy represent a major assurance for the high quality attained by the end product a "segmental structure produced with a single shell". In future, it is essential to adapt and comply the sustainability and applicability of these demands to the trend to increase diameters. 

Literatur / References

- [1] Handke, D.: Stand der Schildvortriebstechnik. Felsbau 2011, Heft 2, pp. 110-114
- [2] Deutsche Bahn AG: Ril 853 Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten. Version 1.3.2011
- [3] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 5 Tunnelbau Abschnitt 3 „Maschinelle Schildvortriebsverfahren“. Ausgabe 12/2007

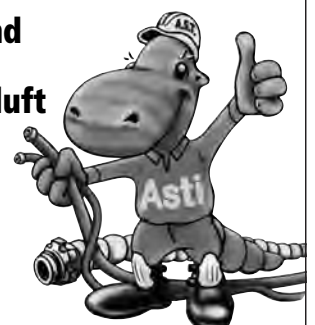
A.S.T. Bochum

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



Kraftwerkstunnel in Costa Rica
Power plant tunnel in Costa Rica



Costa Rica

Bikomponente Makro-Kunststofffasern für Kraftwerkstunnel

Schon seit Jahren und Jahrzehnten wird stahlfaserbewehrter Spritzbeton im Tunnelbau erfolgreich eingesetzt. Die Problematik bei der Verwendung von Stahlfasern wie z.B. aufwändiges Handling aufgrund des hohen Gewichts, Igelbildung beim Mischen, großer Rückprall beim Spritzen, der Verschleiß an Schläuchen und Düsen, aber auch das Korrodieren und die erhöhte Verletzungsgefahr durch aufstehende Fasern wurden mangels Alternativen in Kauf genommen. Bei einem 6,6 km langen Kraftwerkstunnel in Costa Rica wurden nun erstmals bikomponente Kunst-

stofffasern zur Sicherung eingesetzt (Bild 1+2).

In Costa Rica hatte das ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) lange Zeit auf Stahlfasern gesetzt, wie Ing. William Aguilar bestätigt: „Wir verwendeten Stahlfasern in anderen Projekten, aber sie verursachten einige Probleme mit „Faserbällen“, die die Maschinen verstopften und so den Bauprozess verzögerten.“ Er ging deshalb bereits vor einiger Zeit zur Verwendung von Kunststofffasern über, die aber ebenfalls im Handling Schwierigkeiten verursachten. „Ich persönlich habe schon

Costa Rica

Bicomponent Synthetic Macro Fibres for Power Plant Tunnel

For years if not for decades steel fibre reinforced shotcrete has been applied in tunnelling with success. The various problems associated with steel fibres such as e.g. complicated handling owing to the high weight, balling during the mixing process, major rebound when spraying, wear affecting hoses and nozzles as well as corrosion and the increased danger of injury caused by projecting fibres were accepted due to a lack of alternatives. Bicomponent synthetic fibres have now been used for the first time for supporting purposes for a 6.6 km long power plant tunnel in Costa Rica (Figs. 1+2).

In Costa Rica, the ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) had for long relied on steel fibres, as Ing. William Aguilar confirms: "We used steel fibres in other projects but they caused a number of problems owing to "fibre balling", which clogged the machines thus delaying up the construction process". As a result some time ago he decided to switch to plastic fibres, which however also caused difficulties during handling. "I personally used other synthetic fibres (N.B.: other than Concris) in another tunnel project, from a different manufacturer. These fibres improved our perfor-

andere synthetische Fasern in einem anderen Tunnelprojekt verwendet, von einem anderen Hersteller“, so Aguilar weiter. „Diese Fasern hatten unsere Performance im Vergleich zu Stahlfasern verbessert, obwohl sie immer noch „Faserbälle“ verursachten.“

Bikomponente, hochfeste Makrofaser als Lösung

Der Ingenieur entschied sich daher nach umfangreichen Abklärungen und Tests letztendlich für den Einsatz der neuen, bikomponenten Makrofaser „Concrix“. Die synthetische Hochleistungsfaser wurde in der Schweiz entwickelt und verbindet die Vorteile der Stahlfasern, nämlich das hohe Arbeitsvermögen, mit denen von Kunststofffasern wie z.B. die Korrosionsbeständigkeit. Das Geheimnis der Makrofaser liegt in deren einzigartigem, bikomponentem Faseraufbau, der Erhöhung des Kristallinitätsgrades bzw. des E-Moduls und dem Einbau von speziellen Additiven (Bild 3). Zusätzlich wurde die Oberfläche strukturiert, was eine weitere Verbesserung des Verbundes mit dem Beton zur Folge hatte und so ein hohes Arbeitsvermögen garantiert.



Innenansicht des Tunnels
Interior view of tunnel

Auch das bei herkömmlichen Kunststofffasern zu beobachtende Problem des Kriechens konnte mit der Makrofaser eliminiert werden. Unter Kriechen versteht man eine zeitabhängige Verformung bei einer dauernd wirkenden Kraft. Dies wird im gerissenen Zustand von faserverstärktem Beton relevant, da dann die Fasern permanent beansprucht werden.

mance compared to steel fibres although they still caused fibre balling.

Bikomponent, high-strength Macro Fibre Concrix as Solution

Ing. Aguilar thus finally decided after extensive decision-making processes and tests in favour of the new, bicomponent macro fibre „Concrix“. This synthetic high-

strength fibre was developed in Switzerland and combines all the advantages of steel fibres, primarily the high strength – with those of plastic fibres such as e.g. corrosion resistance. Concrix's secret can be attributed to its unique, bicomponent fibre structure, the enhancement of the degree of crystallinity or the E-module and the inclusion of special additives (Fig. 3). Further-

PROFIL
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG
fachbuchtip

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



Tunnelbau 2012

Hrsg.: DGGT Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.
36. Jahrgang
Gebunden, 400 S. m. zahlr. Abb., 15,5 cm, 283g
2011 VGE-Verlag
ISBN 978-3-86797-122-5
EUR 32,00

In der neuen Ausgabe 2012 setzen Fachbeiträge aus dem Gebiet des Tunnelbaus in geschlossener Bauweise sowie den Rubriken „Tunnelbetrieb und Sicherheit“ und „Instandsetzung und Nachrüstung“ zeitgerechte Schwerpunkte.

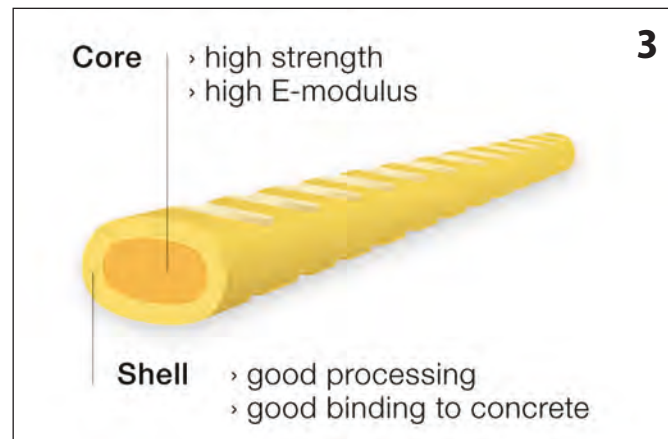
Bestellen Sie online unter: www.profil-buchhandlung.de

Tests zu Leistungsfähigkeit und Kriechverhalten

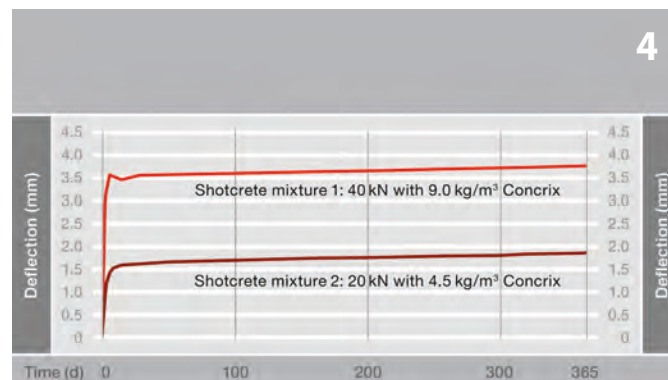
Die umfassenden Tests, durchgeführt von der EMPA Schweiz, veranschaulichen eindrücklich, dass diese neuartige Faserstruktur hält, was sie verspricht. Nach EFNARC erreicht die Concrif Faser bei Verwendung von nur 4,5 kg pro Kubikmeter Beton Werte von über 1100 Joule bei einer Verformung von 25 mm. Dieses Leistungsvermögen wurde mittlerweile bei etlichen weiteren, nach EFNARC-Regeln durchgeführten Spritzbetontests in Tunneln und Minen in der Praxis bestätigt. Und was das Kriechen betrifft, zeigen die oberflächlich strukturierten bicomponenten Concrif-Fasern unter Dauerlast eine sehr minimale, absolut unkritische Zunahme der Rißweiten in vorgebrochenen Testkörpern (Bild 4). Der Test der EMPA läuft übrigens mittlerweile bereits seit mehr als 700 Tagen.

Im Labor entwickelt, in der Praxis bewährt

Seit Einführung der Concrif-Faser wurden bereits etliche Projekte realisiert, allesamt zur vollen Zufriedenheit von Kunden und Baufirmen. Denn die Verarbeitung ist denkbar ein-



Aufbau der Kunststofffaser Concrif
Plastic fibre Concrif set-up



Kriechverhalten der Kunststofffaser
Creeping behaviour of the plastic fibres

fach, das Einmischen im Beton dank der Lieferung in Faserbündeln (Bild 5) absolut homogen und die Vorteile wie Schonung der Maschinen, Beständigkeit gegen aggressive Bergwässer, Korrosionsbeständigkeit etc. liegen auf der Hand. ☺



Kunststofffaser in Bündeln
Plastic fibres in bundles

more the surface is structurized, resulting in an even better bond with the concrete thus ensuring unparalleled working strength. The problem of creeping that can be observed in conjunction with conventional plastic fibres was eliminated in the case of Concrif. Creeping is interpreted as a time-related deformation brought on through a constantly acting force. This becomes relevant when fibre-reinforced concrete is in a cracked state – as then the fibres are permanently under stress.

Tests relating to the Performance and Creeping Behaviour

Extensive tests, carried out by the EMPA Schweiz, an internationally renowned research facili-

ty, impressively reveal that this novel fibre structure lives up its promise. According to EFNARC, the Concrif fibre attains values in excess of 1,100 joules given a deformation of 25 mm using only 4.5 kg per m³ of concrete. This performance has in the meantime been confirmed in practice through further shotcrete tests undertaken in tunnels and mines in keeping with EFNARC regulations. And as far as creeping is concerned, surface structurized bicomponent Concrif fibres under permanent load reveal only a very minimal, absolutely non-critical increase in crack widths in pre-broken test pieces (Fig. 4). The EMPA test incidentally has now been running for more than 700 days.

Developed in the Lab, proved in Practice

Various projects have been executed to the full satisfaction of both clients and contractors since the introduction of Concrif fibres. After all, processing is most straightforward. The fibres are supplied in bundles making it easy for them to be mixed properly with the cement and the advantages for the machines, resistance against aggressive underground water, corrosion resistance etc. are evident.

Further details are readily available from the technical service department of Brugg Contec AG, the manufacturer of Concrif. ☺

Österreich

Tunneltag 2012 in Salzburg

Auf dem diesjährigen Österreichischen Tunneltag am 10. Oktober 2012 in Salzburg wurde über besondere Herausforderungen aktueller Großbaustellen, Innovationen und Kreativität zur Projektoptimierung im Tunnelbau berichtet sowie über neue Vergabemodelle (ITA-Papier).

Das Österreichische Nationalkomitee der International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) veranstaltete gemeinsam mit seinen Mitgliedern – Österreichische Gesellschaft für Geotechnik (ÖGG), Austrian Tunnel Association (ATA), Österreichische Bautechnik Vereinigung (öbv), Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr und Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Verein (ÖIAV) – am 10. Oktober 2012 seinen 8. Tunneltag im Kongresszentrum Salzburg. Der Tunneltag findet dort im Zweijahresrhythmus in Verbindung mit dem 61. Geomechanik Kolloquium (11./12. Oktober 2012, diesmal zu 50 Jahre NATM) statt, woran fast 1000 Fachleute aus 26 Ländern teilnahmen. Eingangswort wurde über das Wirken der ITA und der ITA Austria (Prof. Dr. Robert Galler, Montanuniversität Leoben) berichtet. Dazu gehört auch die Herausgabe des Buches „50 Jahre NATM - Erfahrungsberichte“ [3], das alle Tagungsteilnehmer erhielten.

Besondere Herausforderungen aktueller Großbaustellen

Der erste Halbtage befasste sich mit Veränderungen bei der Planung und Ausführung



1
Injektionsschläuche für das Blockhinterlegungssystem und in der Firste zum Verfüllen des Firstspaltes mit Zementsuspension

Injection hoses for the block filling system and the roof for filling the roof gap with cement slurry

(auch Sondervorschlägen) sowie Änderungen infolge der angetroffenen Gebirgsverhältnisse.

Tunnelbau auf der Bahnstrecke VDE 8.1 Erfurt-Ebensfeld am Beispiel Tunnel Eierberge

Der 3.756 m lange zweigleisige Eisenbahntunnel mit 3 Notausgängen im Abstand von 1000 m ist Teil der Neubaustrecke Ebensfeld-Erfurt (107 km), einem Teilabschnitt des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit (VDE) Nr. 8 mit der Aus- und Neubaustrecke Nürnberg-Erfurt-Leipzig/Halle-Berlin [4]. Er wurde mit 160 bis 190 m² Ausbruchquerschnitt in zyklischem konventionellen Sprengvortrieb und Sicherung nach der Österreichischen Tun-

Austria

2012 Tunnel Congress in Salzburg

At this year's Austrian Tunnel Congress on October 10, 2012 in Salzburg the main issues related to special challenges posed by current major construction sites, innovations and creativity designed to optimise tunnelling projects as well as new award models (ITA paper).

On October 10, 2012 the Austrian national committee of the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) staged its 8th Tunnel Congress at the Salzburg Congress Centre in conjunction with its members – the Austrian Society for Geomechanics (ÖGG), Austrian Tunnel Association (ATA), Austrian Society for Construction Technology (öbv), Austrian Research Society for Research on Road and Rail – Transport (FSV) and the Austrian Society of Engineers

and Architects (ÖIAV). The Congress takes place there every 2 years in conjunction with the 61st Geomechanics Colloquy (October 11/12, 2012 – on this occasion marking 50 years of the NATM) – with almost 1,000 experts from 26 countries in attendance. To begin with the activities of the ITA and ITA Austria were dealt with (Prof. Robert Galler, Montan University Leoben). This involved the distribution of the publication “50 Years NATM – Field Reports” [3] to all those taking part.

Special Challenges posed by current major Construction Sites

The morning session dealt with changes to planning and execution (including special proposals) as well as alterations due to the encountered rock conditions.



TVM mit 4,88 m Bohrkopfdurchmesser vor dem Start in den Pinglu Tunnel

TBM with 4.88 m cutterhead diameter prior to starting up in the Pinglu Tunnel

nelbauweise in 3 Abschnitte (Kalotte, Strosse und Sohle) aufgefahen und liegt zur Gänze unter dem Grundwasserspiegel. Das konstruktive Tunnelbauwerk wurde wegen der vorherrschenden Wasserdrücke bis 6 bar mittels druckwasserhaltender Rundabdichtung mit Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) und Ortbetoninnenschale (WUBK; 45 bis 95 cm) druckdicht ausgebildet. Um der Forderung einer während des Baus geänderten Richtlinie (953.4101) nachkommen zu können, musste ein integriertes Injektionssystem (Bild 1) geplant und eingebaut werden, das bei der Deutschen Bundesbahn (DB) in diesem Tunnel zum ersten Mal zum Einsatz gelangte.

Södermalmtunnel Stockholm – ein Grenzgang

Der rd. 1,4 km lange zweigleisige Tunnel mit parallelem Rettungsstollen und entsprechenden Querstollen für die

Citybanan, S-Bahn Stockholms, (Hauptbaulos B-9528) wurde in Gneiss-/Granitformationen im Vollausbuch (rd. 100 bzw. rd. 40 m²) und mit Abschlagslängen von bis zu 5 m überwiegend im Sprengvortrieb aufgefahen bei Versiegelung des Gebirges mit stahlfaserbewehrtem Spritzbeton und zuvor bis zu 20 m durch Injektionen mit eingebautem Dichtschleier.

Neben 10 Tunnelkreuzungen waren eine Reihe von schwierigen Gebäudeunterfahrungen zu bewältigen, wie z.B. die Maria Magdalena Kirche, älteste Kirche Stockholms, u.a. mit Selbstbohranker-Injektionsschirmen oberhalb des Tunnels zum



Durchschlag des Pinglu Tunnels nach 25,6 km Fahrt
Pinglu Tunnel breakthrough after driving 25.6 km

Vermeiden von Setzungen bei schützenswerten Gebäuden. Dazu wurden Einzelheiten zur Planung und Durchführung sowie zu Untersuchungen gebracht.

Geologische und logistische Herausforderungen beim 26 km TBM-Vortrieb des Pinglu Tunnels in China

Der Pinglu Tunnel ist Teil des Yellow River Diversion Projekts (YRDP) und wesentlicher

Tunnelling on the VDE 8.1 Erfurt-Ebensfeld Rail Route taking the Example of the Eierberge Tunnel

The 3,756 m long twin-track rail tunnel with 3 emergency exits set 1,000 m apart is part of the new Ebensfeld-Erfurt route (107 km), a part-section of the German Unity Transport Project No. 8 (VDE) including the new/upgraded Nuremberg-Leipzig/Halle-Berlin line [4]. It was driven in 3 sections (crown, bench and floor) and is located entirely beneath the groundwater level. It has an excavated cross-section ranging from 160 to 180 m². Cyclical conventional drill+blast was applied and it was secured by

desbahn (DB) in this tunnel for the first time.

Stockholm Södermalm Tunnel – Borderline

The roughly 1.4 km long twin-track tunnel with parallel evacuation tunnel and corresponding cross-passages for the Citybanan, Stockholm's S-Bahn (main contract section B-9528) was mainly driven via drill+blast with lengths of advance of up to 5 m with the rock being sealed with steel fibre reinforced shotcrete with prior grouting involving an injection curtain extending up to 20 m.

Apart from 10 tunnel intersections a number of tricky undertunnelling schemes had to be tackled, e.g. involving the Maria Magdalena Church, Stockholm's oldest, with self-drilling anchor grouting umbrellas above the tunnel to avoid priceless buildings being adversely affected by settlements. In this connection, details relating to planning and execution as well as investigations were presented.

Geological and logistical Challenges affecting the 26 km TBM Drive of the Pinglu Tunnel in China

The Pinglu Tunnel is part of the Yellow River Diversion Project (YRDP) and a major element of the 156 km long North Main Line. In this way, water from the Yellow River (48 m³/s) is to be pumped from the Wanjiashai Reservoir to a higher-level plateau in the north-west of Shanxi Province in the People's Republic of China, where water is scarce in the 3 urban industrial centres of Taiyuan (4 million inhabitants), Datong and Suozhou (1.3/1.7 million inhabitants).

The 25.6 km long Pinglu Tunnel [5] starts to the north-west

Bestandteil der 156 km langen North Main Line. So soll Wasser des Gelben Flusses ($48 \text{ m}^3/\text{s}$) aus dem Wanjiashai Reservoir auf die höher gelegene Löss-Ebene im Nordwesten der Provinz Shanxi der Volksrepublik China gepumpt werden, wo in den 3 urbanen und industriellen Zentren Taiyuan (4 Mio. Einwohner), Datong und Shuozhou (1,4/1,7 Mio. Einwohner) Wassermangel herrscht.

Der 25,6 km lange Pinglu Tunnel [5] beginnt nordwestlich von Suozhou (Bild 2), unterfährt die Stadt Pinglu, hat in Tunnelmitte eine Revisionskaverne und führt danach in Richtung Westen in die Demontagekaverne. Die maschinelle Einrichtung für den Tunnelvortrieb wurde vom Bauherrn zur Verfügung gestellt und war teilweise über 10 Jahre alt, musste also vor dem Einsatz erst aufgearbeitet und ergänzt werden, insbesondere die TVM mit 4,88 m Bohrkopfdurchmesser mit Nachläufer und ZED-Steuerung; für die Logistik sorgten 6 Zuggarnituren (Ausbruchmaterial, Tübbinge, Perlkies und Zement) mit 22 bis 25 km/h und der 540 m lange Schrägschacht zur Revisionskaverne in Tunnelmitte.



Innenansicht des Stuttgarter Hauptbahnhofs als Durchgangsbahnhof in Tieflage – Stuttgart 21
Interior view of Stuttgart Central Station as a deep-lying through station – Stuttgart 21

Der Tunnel wurde mit einem hexagonalen Tübbingsystem (4+0; 0,25/1,20 m) ausgebaut, die Fugen mit quellfähiger Masse zur Vermeidung von Wasserverlusten durch Leckagen ausgefüllt. Die Tübbinge wurden unmittelbar hinter dem Ringbereich mit Perlkies hinterfüllt und am Ende des Nachläufers der Ringspalt mit Mörtel verpresst. Insgesamt wurden 85.000 Stahlbeton-Tübbinge in einem Fertigteilerwerk hergestellt.

Es waren 4 schichtparallele Kohlenflöze mit bis zu 12 m

of Suozhou (Fig. 2), undercuts the city of Pinglu, possesses an inspection chamber at its centre and then runs westwards into the disassembly chamber. The mechanised equipment for driving the tunnel was made available by the client and was in some cases more than 10 year old so that it had to be processed and supplemented prior to use. This applied particularly to the TBM with 4.88 m cutterhead diameter with back-up system and ZED control. 6 train units cater for the logistics (excavated material, segments, pearl gravel and ce-

ment) at 22 to 25 km/h and there is a 540 m long inclined shaft to the inspection chamber at the tunnel centre.

The tunnel was lined with a hexagonal segment system (4+0; 0.25/1.20 m), the joints filled with a swellable substance to avoid loss of water through leaks. The segments were backfilled with pearl gravel immediately behind the ring sector and the annular gap grouted with mortar at the end of the back-up. Altogether 85,000 reinforced concrete segments were produced at a plant for prefabricated parts.



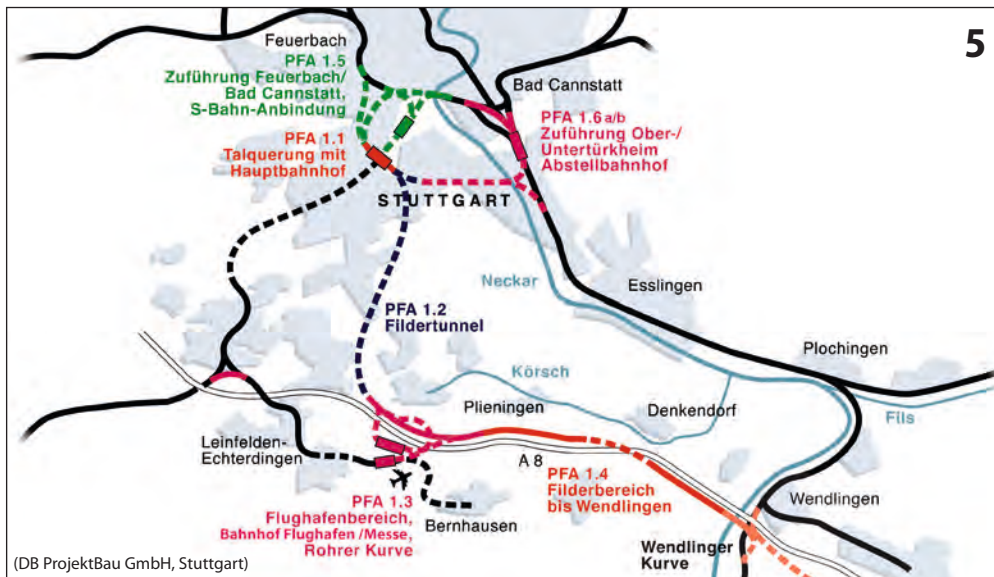
Massgeschneiderte Lösungen für Sicherheitstore im Bahn- und Strassentunnelbau

Die riesigen Spurwechsellere im Gotthard Basistunnel müssen extremen Belastungen standhalten und höchste Ansprüche an Sicherheit und Dauerhaftigkeit erfüllen. Über 700 Türen und Tore von Elkuch Bator werden nach Betriebsaufnahme des Weltrekordtunnels für die Sicherheit von Menschen und Gütern sorgen. **Zur Sicherheit – Elkuch Bator.**

Sicher.
Dauerhaft.

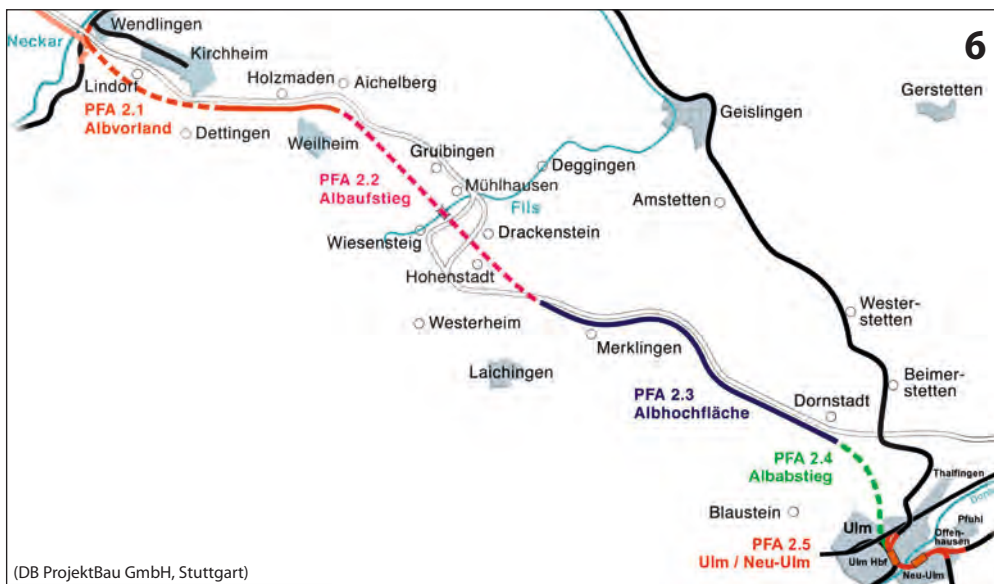


ELKUCH BATOR



5

Neuordnung des Bahnknotens Stuttgart mit Tunnelbauten
New setup of the Stuttgart rail hub with tunnels



6

Neubaustrecke Wendlingen-Ulm mit Tunnelbauten
New Wendlingen-Ulm rail route with tunnels

Mächtigkeit zu durchörtern, was den Einbau modernster Gaserfassungstechnologie (Gasalarm) und Vorkehrungen bei der Lüftung erforderlich machte. Über Strecken von 800 m fand eine Steinkohlegewinnung im Querschnitt statt (62 Ringe/d).

Im Laufe der Vortriebsarbeiten auf 25,6 km Länge waren einige geologische Problembereiche zu meistern:

- Erhöhter Verschleiß am Bohrkopf im ersten Tunnelabschnitt infolge verschleißharter Mineralien (<5 Mpa) zusammen mit Gebirgswasser (Schleifpaste)
- Absinken der TVM infolge stark gestörter und verwitterter Bereiche (tonige Schluffe mit bis zu 45 % Wassergehalt): nach umfangreicher Vorerkundung

4 parallel verlaufende Kohlenflöze bis zu 12 m Dicke mussten durchdrungen werden, was die Installation moderner Gaserfassungstechnologie (Gasalarm) und Vorkehrungen bei der Lüftung erforderlich machte. Die vollständige Kohleentfernung wurde über 800 m Abschnitte (62 Ringe/d) durchgeführt.

Einige geologische Problemfelder mussten während der Betriebsabläufe über 25,6 km überwunden werden:

- Erhöhter Verschleiß an der Cutter-Head im ersten Tunnelabschnitt infolge abrasiver Minerale (<5 MPa) zusammen mit Grundwasser (Schleifpaste)
- Neigen der TBM infolge stark gestörter und verwitterter Zonen (tonige Schluffe mit bis zu 45 % Wassergehalt): Erstellung eines 50 m langen Bypass-Tunnels nach ausführlicher Erkundung
- Durchdringung von Karststrukturen, teilweise mit Wasser, Schluff oder großen Geröllsteinen
- Eindringen von Schluff und Wasser (bis zu 190 l/s)
- Blockieren der TBM-Schildhülle infolge langer Stillstände wegen Wartungsarbeiten (Dach-Tunnel oberhalb der TBM)

Das Pinglu-Tunnel wurde nach 49 Monaten als geplant mit Fortschrittsraten von 530 bis 1.700 m/Monat (max. 75 m/Tag) im November 2010 (Fig. 3) fertiggestellt, was die gesamte Projektarbeit im September 2011 abschließen ließ. Die Baukosten für den Tunnel betrugen 84 Millionen Euro, etwa 3.300 Euro pro laufendem Meter Tunnel.

Major Project Stuttgart 21 – new Wendlingen-Ulm Rail Route

Manche verbinden das „Stuttgart 21“ Projekt vornehmlich mit seinem besten Element, dem neuen Zentralbahnhof in Stuttgart (Fig. 4). Tatsächlich besteht das Projekt aus zwei Teilsprojekten Stuttgart 21 und der angrenzenden neuen Eisenbahnlinie zwischen Wendlingen und Ulm [6].

Der bestehende Endbahnhof in Stuttgart ist durch einen Durchgangsbahnhof – um 90° gedreht und tiefer gelegen – zu ersetzen. In Zukunft wird er über 8 Gleise und vier zentrale Plattformen mit jeweils 320 m Länge verfügen.

Erstellung eines 50 m langen Umgehungsstollens

- Durchörterung von Karststrukturen, teils mit Wasser, Schlamm und großen Findlingen gefüllt
- Schlamm- und Wassereinträge (bis zu 190 l/s)
- Verklemmen des TVM-Schildes mit längerem Stillstand wegen Instandsetzungsarbeiten (Firststollen über TVM)

Der Durchschlag des Pinglu Tunnels fand nach 49 Monaten bei Vortriebsleistungen von 530 bis 1.700 m/Mon (max. 75 m/d) im November 2010 statt (Bild 3), zeitgerecht zur Gesamtfertigstellung des Projekts im September 2011. Die Baukosten für den Tunnel betragen 84 Mio. EUR, das sind rd. 3.300 EUR/lfdm Tunnel.

Großprojekt Stuttgart 21 – Neubaustrecke Wendlingen-Ulm

Viele verbinden mit dem Projekt „Stuttgart 21“ in erster Linie das in der Öffentlichkeit bekannteste Bauwerk, den neuen Stuttgarter Hauptbahnhof (Bild 4). Das Projekt besteht aber aus den beiden Teilprojekten Stuttgart 21 und der abschließenden Neubaustrecke (NBS) zwischen Wendlingen und Ulm [6].

Der bestehende Stuttgarter Kopfbahnhof wird zu einem um 90° gedrehten und tiefer gelegten Durchgangsbahnhof umgebaut, und zwar künftig mit 8 Gleisen an 4 je 420 m langen Mittelbahnsteigen, wobei die neuen Gleise in etwa 11 m Tiefe liegen (Bild 4). Der neue Bahnhof wird in alle Richtungen an das regionale und überregionale Schienennetz über 4 Zufahrtsgleise je

Bahnhofskopf angeschlossen. Die Bauarbeiten für den Tiefbahnhof Stuttgart, u.a. die Zufahrtstunnel zum Bahnhof am Nord- und Südkopf in offener Bauweise, sind bereits vergeben (300 Mio. EUR).

Zum Teilprojekt Stuttgart 21 gehören auch 9 Tunnel mit 33 km Länge bzw. 55 km Röhrenlänge, und zwar im Norden die Tunnel Bad Cannstadt (3,8 km) und Ober-/Untertürkheim (6 km), im Westen der Tunnel Feuerbach (3,2 km), sowie im Süden als längster der Fildertunnel (9,5 km) zum Flughafen (Bild 5) mit einem neuen unterirdischen Flughafenbahnhof und weiter in Richtung Wendlingen der Tunnel Denkendorf (700 m). Die Tunnel haben überwiegend 2 eingleisige Röhren, die durch Querschläge miteinander verbunden werden. Die Rohbauarbeiten für die Tunnel wurden inzwischen zu 90 % vergeben; die Inbetriebnahme ist 2020 geplant.

Zur im Süden anschließenden 60 km langen NBS Wendlingen-Ulm (250 km/h) gehören 4 Tunnel mit 30 km Gesamtlänge mit je 2 eingleisigen Röhren (Bild 6): im Norden der Albvorlandtunnel (8,2 km), anschließend der Boßler- und Steinbühlentunnel (8,8/4,8 km), sowie vor Ulm der Altabstiegstunnel (5,9 km). In Anbetracht der inzwischen durchgeführten geologischen Untersuchung (quellfähiges und druckhaftes Gebirge sowie Verkarstungen) werden die Bauarbeiten zu diesen Tunnelbauwerken beginnen. Durch den Bau dieser Hochgeschwindigkeitsstrecke ist eine wesentliche Verringerung der Fahrzeit von Stuttgart nach Ulm von 54 auf 28 Minuten möglich.

– with the new tracks relocated some 11 m deeper (Fig. 4). The new station will be linked in all directions to the regional and supraregional rail network via 4 access tracks at each end. The construction work for the Stuttgart deep-lying station including the access tunnels to the station at its north and south ends has already been awarded (300 million euros).

The Stuttgart 21 part-project also embraces 9 tunnels totalling 33 km in length – and a bored length of 55 km – namely the Bad Cannstadt Tunnel (3.8 km) and Ober-/Untertürkheim (6 km) tunnels in the north, the Feuerbach Tunnel (3.2 km) in the west and the Filder Tunnel

(9.5 km) – the longest – in the south leading to the Airport (Fig. 6) with a new underground airport station and running on towards Wendlingen through the Denkendorf Tunnel (700 m). The tunnels largely have 2 single-track bores, which are connected to one another by cross-passages. 90 % of the roughwork has already been awarded; services are scheduled to commence in 2020.

4 tunnels totalling 30 km each with 2 single-track bores (Fig. 6) belong to the 60 km long new Wendlingen-Ulm rail route adjoining towards the south: the Albvorland Tunnel (8.2 km) in the north, followed by the Boßler and Steinbühl tunnels (8.8/5.8

Immer im Einsatz

Front-Ausleger DUA 700/800

Heute: Tunnel-Reinigung

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



Diese Front-Ausleger werden mit entsprechenden Vorsätzen zu Reinigungs-Profis für Wände, Verkehrsschilder und Leitpfosten...

Sie können damit aber auch Mähen, Mulchen, Heckenschneiden, Pflasterputzen, Kehren und was Ihnen darüber hinaus einfällt.

Technik für Landschaftspflege und Landwirtschaft

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

Innovation und Kreativität zur Projektoptimierung im Tunnelbau

Nach Verleihung des Innovationspreises (letzter Abschnitt) berichteten die beiden Vorsitzenden des zweiten Halbtages eingangs über Innovation und Kreativität zur Projektoptimierung im Tunnelbau.

Nach Prof. Dr. Hans Georg Jodl von der TU Wien, „brauchen Tunnelprojekte Kooperation“ in der Abwicklung, und zwar in der Zusammenarbeit von Personen oder Gruppen, im Vorhandensein eines gemeinsamen Ziels, Autonomie im Sinne der Entscheidungs- und Handlungsspielräume, aber gegenseitige Abhängigkeit bei der Zielerreichung, Bereitschaft und Wille zu einer fairen und offenen Zusammenarbeit und gegenseitiges Vertrauen, denn konsensuale Handlungen und Entscheidungen führen zu einem beidseitigem Nutzen. Für die Verständlichkeit eines Textes sind Einfachheit (statt Kompliziertheit), Gliederung/Ordnung (statt Unübersichtlichkeit/Zusammenhanglosigkeit) und Kürze/Prägnanz (statt Weitschweifigkeit) verantwortlich.

Danach brachte Prof. Dr. Walter Purrer von der Universität Innsbruck Beispiele für die „Projektoptimierung als System“ mit Kooperation auf der Baustelle [7], wie Konfliktmanagement und Streitschlichtung, und forderte Vertrauen im System (Bild 7), den Zusammenhang von Denkmustern (ARS) und Vertragsregeln (CONSTRUCTIO) mit Qualität der Kooperation.

Im Zusammenhang mit mehreren nationalen und internationalen Bestrebungen, die „Kooperation im Bauwe-

sen“ zu verbessern, hat eine Arbeitsgruppe der ITA Austria ein neues Vergabemodell für Infrastrukturprojekte (VIP) entwickelt, das zurzeit mit Vertretern von Auftraggebern abgestimmt und weiterentwickelt wird. Das VIP verfolgt als wesentliches Ziel eine Abkehr vom derzeit dominanten „Billigst-/Bestbieterprinzip“, bei dem qualitative Kriterien keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen; es legt ein höheres Gewicht auf qualitative Zuschlagskriterien und strebt an, den Zuschlag jenem Bieter zu erteilen, dessen Angebot den höchsten „Nutzen für die Gesellschaft“ hat.

Danach folgten Stellungnahmen aus Sicht der Auftraggeber (Asfinag), der Planer (ÖBA) und der Auftragnehmer (Alpine Bemo Tunneling) mit anschließender Diskussion mit zahlreichen Anregungen und kritischen Einwänden.

Weitere Einzelheiten über den 8. Österreichischen Tunneltag enthält Heft 6/2012 Geomechanik und Tunnelbau. Der nächste Österreichische Tunneltag wird am 8. Oktober 2014 wieder zusammen mit

km) as well as the Alababstieg Tunnel (5.9 km) before Ulm. After carrying out geological investigations (swellable and compressive rock as well as karstification) construction work on these tunnels can now forge ahead. This high-speed line will enable travelling times between Stuttgart and Ulm to be cut considerably – from 54 to 28 minutes.

Innovation and Creativity for Project Optimisation in Tunnelling

After awarding the Innovation Prize (last section), the 2 persons responsible for chairing the afternoon session first turned to innovation and creativity for project optimisation in tunnelling.

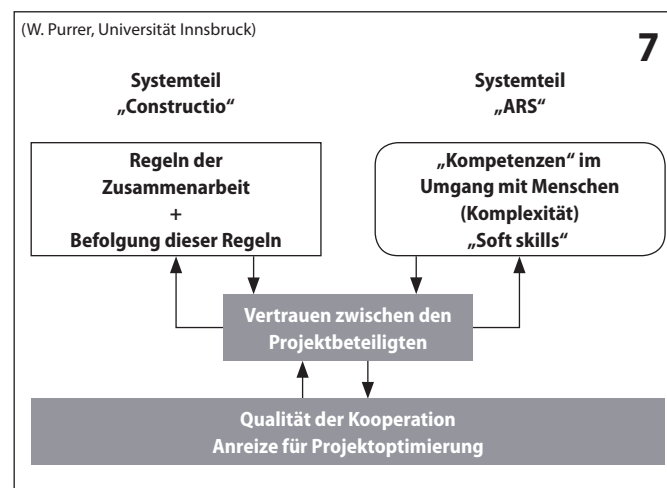
According to Prof. Hans Georg Jodl from Vienna TU “tunnel projects require cooperation” for their development namely the collaboration of persons or groups given the presence of a common aim, autonomy with regard to taking decisions and action but mutual dependence for attaining the target, preparedness and will towards fair and open cooperation and mutual trust, for consensual ac-

tions and decisions are of benefit to both sides. Simplicity (rather than complicity), structure/order (rather than elaborateness/disjointedness) and brevity/conciseness (rather than verbosity) are what matter.

Then Prof. Walter Purrer from Innsbruck University provided examples of “Project Optimisation as System” with cooperation on the construction site [7] such as conflict management and dispute arbitration – and called for faith in the system (Fig. 7), the association of thought patterns (ARS) and contract rules (CONSTRUCTIO) with quality of cooperation.

In conjunction with various national and international attempts to improve “cooperation in construction engineering”, an ITA Austria working group devised a new award model for infrastructure projects (VIP), which currently is being discussed and further developed with clients’ representatives. The VIP is largely concerned with getting away from the currently prevailing “cheapest/best bidder principle”, in the case of which qualitative criteria have no or only a minor role to play. Greater emphasis is placed on qualitative criteria for awarding contracts and an effort is being made to commission the bidder whose offer affords the highest “benefit for society”. This was followed by responses on the part of the client (Asfinag), the planner (ÖBA) and the contractor (Alpine Bemo Tunneling) with an ensuing discussion involving numerous suggestions and critical objections.

Further details on the 8th Austrian Tunnel Congress are to be found in Issue 6/2012 Geomechanik und Tunnelbau. The next Austrian Tunnel Congress will take place on October 8,



Vertrauen im System: Zusammenhang von Denkmustern (ARS) und Vertragsregeln (CONSTRUCTIO) mit Qualität der Kooperation

Trust in the system: association between thought patterns (ARS) and contract rules (CONSTRUCTIO) with quality of cooperation

dem 63. Geomechanik-Kolloquium (9./11. Oktober 2014) in Salzburg/A stattfinden und davor der nächste World Tunnel Congress (WTC) vom 31. Mai bis 7. Juni 2013 in Genf/CH und am 9./11. Oktober 2013 das nächste Geomechanik-Kolloquium in Salzburg/A.

Innovationspreis Tunneltag

Der Preis für Innovationen aus dem Bereich Tunnelbauplanung und -ausführung, der von weittragender praktischer Bedeutung für den Tunnelbau ist, wurde dieses Jahr zweimal vergeben (je 1500 Euro und Preisstatue), und zwar für

- Reduzierung von Sprengerschütterungen durch ver-

einfachte, nichtelektrische Sektorzündung im innerstädtischen Tunnelbau

- Alternativer Abdichtungsanschluss einer KDB-Abdichtung in Querschlägen an eine einschalig hergestellte abgedichtete Tübbingauskleidung mit einem Grundwasserdruck bis 6 bar. G.B.



2014 once again in conjunction with the 63rd Geomechanics Colloquy (October 9/11, 2014) in Salzburg/A. The next World Tunnel Congress (WTC) is scheduled for May 31 to June 7, 2013 in Geneva/CH with the next Geomechanics Colloquy being staged at Salzburg/A on October 10/11, 2013.

Congress Innovation Prize

The prize for innovations from the field of planning and execution in tunnelling, which is of outstanding practical importance for tunnelling, was awarded twice this year (each involving 1,500 euros and a statue). These awards were for

- Reducing blast vibrations through simplified, non-electric sector ignition in urban tunnelling and
- Alternative sealing connection of a plastic sealing membrane in cross-passages for a single-shell waterproofed segmental lining with up to 6 bar groundwater pressure. G.B.



Literatur/References

- [1] Österreichischer Tunneltag 2008. Tunnel 1/2009, pp. 55-60
- [2] Österreichischer Tunneltag 2010. Tunnel 1/2011, pp. 41-49
- [3] 50 Years of NATM – Experience Reports. 10/2012 mit 124 Abb./Tab. Und 283 Quellen; ITA, Wien. ISBN 978-3-200-028901-2
- [4] Feldwisch, W.; Dreschler, O.; Flügel, M.; Lies, S.; Die Tunnel der Neuen und Ausbaustrecke Nürnberg-Erfurt-Leipzig/Halle. ETR 4/2010, pp. 186-196
- [5] Hard-Working TBM breaks through at Pinglu Tunnel. Tunnel 1/2011, p. 13
- [6] Azer, H.; Engel, B.: Stuttgart 21 und NBS Wendlingen-Ulm. Tunnel 7/2009, pp. 12-24 und 7/2010, p. 15
- [7] Purrer, W.: Kooperation auf Baustellen. BrennerCongress 2012, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, pp. 59-68 – vgl. Tunnel 5/2012, pp. 45-47

BrennerCongress 2013

Internationales Symposium

Brenner Basistunnel

21.+22. Februar 2013,

Bozen/Italien

Wissenschaftliche Leitung:

Univ.-Prof. Konrad Bergmeister, Universität für Bodenkultur Wien/A

Univ.-Prof. Walter Purrer, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften der Leopold Franzens Universität Innsbruck/A

Informationen:

www.brennercongress.com

TU-Seoul 2013

International Symposium on

Tunnelling and Underground

Space Construction for Sustainable Development

18th to 20th March 2013,

Seoul/Korea

Contact:

Korean Tunnelling and Underground Space Association

General Secretariat

#1411 Seocho Kukge Electronic Center

1445-3 Seocho-dong, Seocho-gu, Seoul 137-728, Korea

Tel.: +82-2-3465-3665

Fax: +82-2-3465-3666

E-Mail: krtna@chollian.net

www.tunnel.or.kr

www.tu-seoul2013.org

28. Christian Veder Kolloquium

mit Fachausstellung

4.+5. April 2013, Graz/A

Institut für Bodenmechanik und Grundbau

Ao.Univ.-Prof. Dr. techn. Helmut F. Schweiger, M.Sc.

TU Graz, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz/A

Tel.: +43 316-873-6234

Fax: +43 316-873-6232

E-Mail: helmut.schweiger@

tugraz.at

www.cvk.tugraz.at

39th ITA/WTC in Geneva/ Switzerland

with Swiss Tunnel Congress 2013 in Genf/CH

Underground – the way to the future!

31st May – 7th June 2013

Geneva/Switzerland

Information:

WTC 2013 Congress Chair

Felix Amberg

Phone: +41 844 310513

Fax: +41 817253102

E-Mail: info@wtc2013.ch

www.wtc2013.ch

62. Geomechanik-Kolloquium 2013

10. + 11. Oktober 2013, Kongresshaus, Salzburg/A

Neue Adresse:

Österreichische Gesellschaft für Geomechanik

Innsbrucker Bundesstraße 67, 5020 Salzburg/A

Tel.: +43 662 875519

Fax: +43 662 886748

E-Mail: salzburg@oegg.at

www.oegg.at

Spezialseminare am 9. Oktober 2013:

- 1) Charakterisierung von Störungszonen
- 2) Versagensprognose in der Geotechnik

STUVA-Tagung '13

STUVA Conference '13

ICS Stuttgart

27. – 29. November 2013,

Stuttgart/D

27. – 28. November 2013:

Vortragsveranstaltung mit begleitender Fachausstellung

29. November 2013:

Besichtigungen

STUVA e.V.

Mathias-Brüggen-Straße 41

D-50827 Köln

Tel.: + 49 221 59795-0

Fax: + 49 221 59795-50

E-Mail: info@stuva.de

www.stuva.de

Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	53
ELA Container GmbH, Haren/D	www.container.de	49
Elkuch Bator AG, Herzogenbuchsee/CH	www.elkuch.ch	59
Erich Schmidt Verlag, Berlin/D	www.esv.info	BL
Gerhard Dücker GmbH & Co. KG, Stadtlohn/D	www.duecker.de	61
germanBelt GmbH & Co. KG, Bad Blankenburg/D	www.germanbelt.de	21
Häny AG, Jona/CH	www.haeny.com	23

Advertisers	Internet	Page
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2
Kapyfract AG, Schlatt/CH	www.kapyfract.ch	9
Lanz Oensingen AG, Oensingen/SO/CH	www.lanz-oens.com	39
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	11
Sandvik Mining and Construction Finland Corp., Tampere/FIN	www.sandvik.com	U4
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	29

bau | | verlag

We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 31. Jahrgang / 31st 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. 31
vom 1.10.2012
Advertisement Price List No. 31
dated 1.10.2012 is currently valid

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

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

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

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

Geschäftsführer / Managing Director:
Karl-Heinz Müller
Phone: +49 (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

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

Bauverlag BV GmbH
Postfach/P.O. Box 120, 33311 Gütersloh
Deutschland/Germany
Phone: +49 (0) 5241 80-90884
E-Mail: leserservice@Bauverlag.de
Fax: +49 (0) 5241 80-690880

**Marketing & Vertrieb /
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 verlängert
sich danach jeweils um ein weiteres Jahr,
wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von
drei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums
gekündigt wird.
The subscription is initially valid for one year
and will renew itself automatically if it is not
cancelled in writing not later than three months
before the end of the subscription period.

Veröffentlichungen:
Zum Abdruck angenommene Beiträge und
Abbildungen gehen im Rahmen der 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 zu-
gelassenen 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 allge-
meinen 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 in-
dentified 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 copy-
right. With the exception of the cases permitted
by law, exploitation or duplication without the
content of the publishers is liable to punish-
ment. This also applies for recording and trans-
mission in the form of data. The general terms
and conditions of the Bauverlag are to be found
in full at www.bauverlag.de

Druck/Printers:
Merkur Druck, D-32758 Detmold

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



Alle Vorteile eines Abonnements + einen iPod als Geschenk.

4
Ausgaben
testen!



4 Ausgaben tunnel im Kennenlern-Paket:
Sie sparen 14,50 EUR im Vergleich zum Einzelheftkauf
und erhalten

1 x iPod Shuffle 2 GB kostenlos dazu!

Jetzt ausfüllen und Prämie sichern

Firmenschrift

Privatschrift

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

Using blast plane as the basis for planning makes all the difference



*“I sincerely recommend iSURE.
Using this tool can easily save up
to half a million Euros in just
1 kilometer of tunnel.”**

TOMMI SALO | PRODUCT LINE MANAGER,
TUNNELING JUMBOS | SANDVIK CONSTRUCTION

Intelligence expanded

Well planned is halfway done. To support you in your daily tunneling work, Sandvik has expanded the intelligent iSURE tunneling excavation management tool to be compatible with not only computer-controlled jumbos but also with instrumented models.

iSURE is designed for the people on site. Even if it is revolutionary in its approach, it still follows the natural way of thinking. The iSURE uses the most critical location of the round – the blast plane – as the basis for the whole planning process. As a result, hole locations, and thus blasting, are optimized. This means excellent accuracy, fast process and high profile quality. Not to mention large-scale savings. Sandvik – understanding underground.



*Learn more about iSURE at www.understandingunderground.sandvik.com

www.construction.sandvik.com

