www.tunnel-online.info

tunnel

7
November
2015

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

Berlin's new U5 Line: Tunnelling completed | 12
Stuttgart–Ulm rail project: The Boßler Tunnel | 16
Sustainable Exploitation of Excavation Material | 44

bauverlag
Wir geben Ideen Raum

Success

Finish line Brandenburg Gate: After 3 km of tunnelling, TBM Bärlinde brought the twin-tube metro line U5 to completion. On time, on budget.

Client:
› Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)

Contractor:
› Implenia Construction GmbH

Advanced

Specially modified Herrenknecht Mixshield for tunnelling with high-density suspension under the heart of Berlin. Safely passed beneath the **Spree and Spree Canal,** with overburdens of up to 5 m, sandy geology and high groundwater levels.

Proven

80 AVN and 13 Mixshields: equipment from Herrenknecht successfully used **in 30 years** in the German capital.

Pioneering Underground Technologies

› www.herrenknecht.com

HERRENKNECHT
Tunnelling Systems

tunnel 7/15

Offizielles Organ der STUVA
www.stuva.de

Bahnprojekt Stuttgart–Ulm: Ein halbes Jahr früher als geplant, wurde am 6. November 2015 der Durchbruch des Steinbühltunnels am Portal Todsburg gefeiert

Stuttgart–Ulm rail project: The breakthrough of the Steinbühl Tunnel was celebrated at the Todsburg portal on 6 November 2015, six months earlier than scheduled

Quelle/credit: Arnim Kilgus

(Seite/page 2)

Title

Am 19. Oktober 2015 durchbrach die Tunnelbohrmaschine Alice in Auckland die Zielschachtwand des neuseeländischen Straßentunnel-Projekts „Waterview Connection". Der mit 14,46 m Durchmesser gigantische Herrenknecht EPB-Schild S-764 erstellte zwei je 2430 m lange Tunnelröhren. Eine technische Besonderheit war das von der TBM abgekoppelte Nachläufersystem zur Erstellung der Tunnelsohle

On October 19, 2015 the tunnel boring machine Alice pierced the target shaft wall of the landmark road tunnel project "Waterview Connection" in Auckland, New Zealand. The giant Herrenknecht EBP shield S-764 with a diameter of 14.46 m created two tubes of 2430 m length each. A special technical feature was the back-up system that layed the tunnel invert, seperated from the TBM

Quelle/credit: Herrenknecht

Nachrichten / News 2

Hauptbeiträge / Main Articles

Der Boßlertunnel – Längster Tunnel der NBS Wendlingen–Ulm 16
The Boßler Tunnel – the longest Tunnel on the new Line Wendlingen–Ulm
Dipl.-Ing. Dennis Edelhoff, MBA; Dipl.-Ing., Ing. Jameleddine Torkhani; Dipl.-Ing. Matthias Breidenstein; Dr.-Ing. Dieter Handke

Der Einfluss des Kargı-Tunnelbaus auf die Crossover-TVM-Entwicklung 32
The Genesis of today's Crossover TBMs at Kargı
Desiree Willis; James Clark

Ressourceneffiziente Verwertung von Tunnelausbruchmaterial 44
Sustainable Exploitation of Tunnel Excavation Material
Univ.-Prof. Dr. Robert Galler

Produkte/ Products

Synthetische Concrix-Armierungsfasern im EMPA-Härtetest 60
EMPA long-term Load Test for Concrix Synthetic Reinforcement Fibers

Einsatz von Amberg Navigator beim Bau des Solbakk-Tunnels 62
Amberg Navigator helps building the Solbakk Tunnel

STUVA-Nachrichten / STUVA News 64

Informationen / Information

Veranstaltungen / Events 71
Inserentenverzeichnis / Advertising List 72
Impressum / Imprint 72

Deutschland

Durchschlag am Steinbühltunnel ein halbes Jahr früher als geplant

Quelle/credit: Arnim Kilgus

Am 6. November 2015 wurde der Durchbruch des Steinbühltunnels am Portal Todsburg gefeiert

The breakthrough of the Steinbühl Tunnel was celebrated at the Todsburg portal on 6 November 2015

Ein halbes Jahr früher als geplant, wurde am 6. November 2015 der Durchbruch des Steinbühltunnels am Portal Todsburg gefeiert. Beim Festakt in Hohenstadt konnte Georg Brunnhuber, Vorsitzender des Vereins Bahnprojekt Stuttgart–Ulm unter anderem den baden-württembergischen Landesminister für Finanzen und Wirtschaft, Nils Schmid, den Parlamentarischen Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, Norbert Barthle, den Vorsitzenden der Geschäftsführung der DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH, Manfred Leger, den Geschäftsführer (COO) der Porr AG, Hans Wenkenbach sowie den Bürgermeister von Hohenstadt, Günter Riebort als Gäste begrüßen.

Der Steinbühltunnel ist einer von zwei Tunneln im rund 15 km langen Planfeststellungsabschnitt 2.2 auf der Neubaustrecke (NBS) Wendlingen–Ulm. In diesem Abschnitt erklimmt die NBS die Schwäbische Alb. Der Großteil des Anstiegs wird dabei im 8,8 km langen Boßlertunnel bewältigt – dem längsten Tunnel der NBS. Bei Wiesensteig tritt die Trasse kurzzeitig an die Oberfläche, um auf zwei eingleisigen Brücken das Filstal in rund 85 m Höhe zu queren. Der übrige Anstieg wird im 4,8 km langen Steinbühltunnel bewältigt. Dabei werden Steigungen zwischen 17 und 25 ‰ überwunden.

„Es erfüllt mich mit Stolz und Freude, dass der erste der großen acht Tunnel die bergmännischen Arbeiten nun abgeschlossen hat", erklärte Brunnhuber beim Festakt. Manfred Leger ergänzte: „Meine Hochachtung gilt den Mineuren und den Ingenieuren von Bahn und Baufirmen. In welchem Tempo der Tunnel hergestellt wurde, obwohl die Verhältnisse am Albaufstieg ja durchaus als geologisch eher schwierig gelten, ist beeindruckend. Mit der Leistung haben alle entscheidend dazu beigetragen, dass wir am Ende dieses Jahres nahezu ein Drittel aller Tunnel des gesamten Projektes bereits gegraben haben." Für Hans Wenkenbach wurde beim Bau des Steinbühltunnel eines ganz besonders deutlich:

Germany

Steinbühl Tunnel Breakthrough six Months earlier than planned

Quelle/credit: DB Projekt Stuttgart–Ulm

Die Betonschalung des Steinbühltunnels wird hergestellt

Concrete formwork being erected at the Steinbühl Tunnel

The breakthrough of the Steinbühl Tunnel was celebrated at the Todsburg portal on 6 November 2015, six months earlier than scheduled. At the event in Hohenstadt, Georg Brunnhuber, chairman of the Stuttgart–Ulm rail project association, greeted guests including the minister for finance and industry of the state of Baden-Württemberg, Nils Schmid; the parliamentary secretary for transport, Norbert Barthle; the chairman of DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH, Manfred Leger; the managing director (COO) of Porr AG, Hans Wenkenbach and the mayor of Hohenstadt, Günter Riebort.

The Steinbühl Tunnel is one of two tunnels in the approximately 15 km long planning section 2.2 on the new line (NBS) from Wendlingen to Ulm. In this section, the line climbs up the Swabian Alb, with most of the climb being overcome in the 8.8 km long Boßler Tunnel – the longest tunnel on the new line. At Wiesensteig, the line emerges briefly on the surface to cross the Filstal valley at a height of about 85 m on two single-track bridges. The rest of the climb takes place in the 4.8 km long Steinbühl Tunnel. On the climb, gradients of between 17 and 25 ‰ have to be overcome.

"It fills me with pride and joy that the excavation of the first of the eight large tunnels has now been completed", said Brunnhuber at the ceremony. Manfred Leger added: "My great respect is due to the miners and engineers from German Railways and the contactor. The speed with which the tunnel was excavated is impressive, although the geological conditions of the Alb ascent can definitely be considered difficult. With this achievement, we have all made a decisive contribution to the excavation of nearly a third of all tunnels in the overall project by the end of this year." For Hans Wenkenbach, one fact was quite clear from the construction of the Steinbühl Tunnel: "Even in a challenging environment, a project can be successfully implemented without delays and avoidable extra costs as long as client and contractor communicate at eye level."

„Auch in einem herausfordernden Umfeld kann ein Projekt ohne Verzögerungen und vermeidbare Zusatzkosten erfolgreich umgesetzt werden, wenn Auftraggeber und Auftragnehmer auf Augenhöhe kommunizieren."
Am Tag nach dem Festakt zum Durchbruch zeigte sich das große Interesse der Bürger am Fortschritt des Projekts: Gut 6000 Besucher nahmen die Gelegenheit zur Baustellenbesichtigung wahr.

Die „Großen Acht" Tunnel des Bahnprojekts Stuttgart–Ulm:

1. Fildertunnel (Länge: 9468 m; S21; PFA 1.2; nach Fertigstellung der drittlängste Eisenbahntunnel Deutschlands, Stand: 30. Oktober 2015)
2. Boßlertunnel (Länge: 8806 m; NBS; PFA 2.2; nach Fertigstellung der fünftlängste Eisenbahntunnel Deutschlands, Stand: 30. Oktober 2015)
3. Albvorlandtunnel (Länge: 8176 m; NBS, PFA 2.1ab)
4. Albabstiegstunnel (Länge: 5940 m; NBS; PFA 2.4)
5. Tunnel Ober-/Untertürkheim (Länge: 5730 m; S21; PFA 1.6a)
6. Steinbühltunnel (Länge: 4847 m; NBS; PFA 2.2)
7. Tunnel Bad Cannstatt (Länge: 3507 m; S21; PFA 1.5)
8. Tunnel Feuerbach (Länge: 3026 m; S21; PFA 1.5)

On the day after the breakthrough ceremony, the general public also demonstrated great interest in the progress of the project: a good 6000 visitors took the chance to visit the site. In addition to such site open days, the Stuttgart–Ulm rail project association together with the project company also offers guided tours of the site, including the Steinbühl Tunnel. These tours are mostly booked up to the end of 2016 due to the great demand.

The "big eight" Tunnels on the Stuttgart–Ulm Rail Project:

1. Filder Tunnel (length: 9468 m; S21; PFA 1.2; when complete it will be the third longest rail tunnel in Germany as of 30 October 2015)
2. Boßler Tunnel (length: 8806 m; NBS; PFA 2.2; when complete it will be the fifth longest rail tunnel in Germany as of 30 October 2015)
3. Albvorland Tunnel (length: 8176 m; NBS, PFA 2.1ab)
4. Albabstieg Tunnel (length: 5940 m; NBS; PFA 2.4)
5. Ober-/Untertürkheim Tunnel (length: 5730 m; S21; PFA 1.6a)
6. Steinbühl Tunnel (length: 4847 m; NBS; PFA 2.2)
7. Bad Cannstatt Tunnel (length: 3507 m; S21; PFA 1.5)
8. Feuerbach Tunnel (length: 3026 m; S21; PFA 1.5)

rascor®

Wer richtig plant, bleibt trocken.

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

Rascor International AG
Gewerbestrasse 4
CH-8162 Steinmaur
Telefon 044 857 11 11
Telefax 044 857 11 00
info@rascor.com

Brenner Basistunnel

Erste TBM auf österreichischem BBT-Projektgebiet gestartet

Fast genau ein Jahr nach dem Beginn der Arbeiten am Baulos Tulfes–Pfons, wurde am 26. September 2015 die erste Tunnelbohrmaschine (TBM) auf österreichischem Projektgebiet des Brenner Basistunnels in Betrieb genommen und befindet sich nun auf ihrer Fahrt Richtung Brenner – drei Monate nachdem das erste Teil der TBM per Spezialtransport zur Baustelle Ahrental geliefert worden war Die 1800 t schwere offene Gripper Maschine mit einem Nachläufer von rund 200 m Länge wurde von der Firma Herrenknecht in Deutschland, angefertigt und in 76 Einzelteilen zur Baustelle Ahrental geliefert; das schwerste dieser Einzelteile wog 120 t.

Der gesamte vordere Teil der Maschine wurde in der 120 x 15 x 15 m großen Montagekaverne, zusammengebaut, die sich 3,5 km tief im Berg befindet. Die Nachläufer wurden auf der Baustelleneinrichtungsfläche montiert und durch den Zufahrtstunnel Ahrental in den Berg transportiert. Montageingenieure bauten drei Monate lang Tag und Nacht die TBM zusammen. Mittleweile arbeitet sie sich nach Süden vor und bricht 15 km des Erkundungsstollen Richtung Brenner aus. Förderbänder transportieren 1000 t Ausbruchsmaterial pro Stunde (600 t vom maschinellen und 400 t vom Sprengvortrieb) automatisch auf die Deponie Ahrental.

Erkundungsstollen
Exploratory tunnel

Quelle/credit: BBT SE

15 km des Erkundungsstollens im BBT werden seit Ende September 2015 von der Baustelle Ahrental aus in Richtung Brenner per TBM ausgebrochen

Starting from the construction site in Ahrenal, 15 km of the BBT exploratory tunnel are being excavated by mechanized means since the end of September 2015

Technische Daten zur TBM

- Maschinentyp: offene Gripper-TBM
- Installierte Leistung: 5500 kW
- Länge TBM mit Nachläufer: 200 m
- Gewicht TBM mit Nachläufer: 1800 t
- Durchmesser Bohrkopf: 7930 mm
- Gewicht Bohrkopf: 150 t
- Anzahl Schneidrollen, Durchmesser 19“: 38
- Anzahl Doppel-Schneidrollen im Zentrum, Durchmesser 19“: 4
- Anzahl Räumer: 6

Baulos Tulfes/Pfons

Im Juni 2014 war das Baulos Tulfes/Pfons mit einem Auftragsvolumen von rund 380 Millionen Euro an die Bietergemeinschaft Strabag/Salini-Impregilo vergeben worden; im September 2014 begannen die Vortriebsarbeiten. Bis zum Frühjahr 2019 werden in diesem Baulos 38 km Tunnel gebaut werden. Davon waren Ende September 2015 mehr als 5 km ausgebrochen.

Brenner Base Tunnel

Start-Up of the first TBM in the Austrian Part of the BBT

On September 26, 2015, almost exactly a year after works started on the Tulfes–Pfons construction lot, the first tunnel boring machine (TBM) to be used in the Austrian part of the Brenner Base Tunnel began its work and is now making its way through the rock towards Brenner – three months after the first of 75 heavy transports delivered the first part of the machine to the site in Ahrental.

It is an open mode Gripper TBM built by Herrenknecht in Schwanau, Germany, with a 200 m back-up. The TBM was transported to the site in Ahrental in 76 separate pieces, the heaviest of which weighed 120 t. The entire front part was assembled 3.5 km below the surface, inside the mountain itself, in the assembly chamber measuring 120 x 15 x 15 m. The back-up parts, on the other hand, were assembled aboveground in the construction area and moved through the Ahrental access tunnel to the head of the machine.

The engineers and workers assembled the 1800 t machine within three months, working day and night. By now the TBM moving southwards to excavate another 15 km of exploratory tunnel. Using conveyor belts, 1000 t of spoil per hour (600 t from the mechanized excavation and 400 t from drill and blast) are carried from the rock faces directly to the disposal site in Ahrental.

Technical data of the TBM

- Type: open TBM with grippers
- Installed capacity: 5500 kW
- Total length of the TBM including backup: 200 m
- Total weight of the TBM including backup: 1800 t
- Diameter of the cutting head: 7930 mm
- Weight of the cutting head: 150 t
- Number of 19” cutter discs: 38
- Number of 19” twin double-cut cutter discs: 4
- Number of loading scoops: 6

The Tulfes-Pfons Construction Lot

In June 2014, the Tulfes-Pfons construction lot was awarded to the Strabag/Salini-Impregilo temporary consortium; the values of the contract is about 380 million euros. Excavation works began in September 2014. According to the schedule, by spring of 2019 over 38 km of tunnels will have been excavated and over 5 km of these will already have been completed at the end of September 2015.

ONE MACHINE TO **CONQUER IT ALL**

INTRODUCING THE

ROBBINS CROSSOVER MACHINE

Robbins continues to set the industry standard with the release of the Crossover TBM Series: a line of rugged, field-tested tunnel boring machines. Capable of crossing over between two modes, they are ideal for mixed ground tunnels that, until now, required multiple TBMs. Robbins Crossover TBMs are already underway on projects around the globe.

A SERIES OF
ROBUST MACHINES FOR THE WORLD'S **MOST CHALLENGING PROJECTS**

XRE

Crossover Between Rock/EPB

For excavation in mixed soils with rock

XSE

Crossover Between Slurry/EPB

For excavation in mixed-to-soft ground under water pressure

XRS

Crossover Between Rock/Slurry

For excavation in hard rock and soft water-bearing ground

Robbins

TheRobbinsCompany.com | sales@robbinstbm.com

Katar

Dohas Metro-Netz der Zukunft

In Doha, der Hauptstadt des arabischen Emirates Katar, sind 21 Herrenknecht-Tunnelbohrmaschinen (TBM) im Einsatz bzw. in der Vorbereitung dazu. Mit großem Aufwand wird hier das Metro-Netz ausgebaut, um auf die kommenden sportlichen Großveranstaltungen vorbereitet zu sein und eine moderne Infrastruktur zu schaffen. Das derzeit geplante Metronetz der ersten Phase ist in drei Hauptlinien – die Rote, Grüne und Goldene Linie – eingeteilt. Mit ihnen sollen die wichtigsten Viertel der Stadt verbunden werden. Das „Greater Doha Metro Rail"-Projekt umfasst insgesamt rund 115 km Tunnel. Geplant ist, dass die Tunnelbauarbeiten 2017 beendet sein werden. Verantwortlich für den Ausbau des U-Bahnnetzes ist die Qatar Railways Company (Qatar Rail). Besonders stolz ist man darauf, dass in Doha derzeit weltweit die meisten TBM im Einsatz sind.

Vier Metrolinien bis 2026

Der Großraum Doha mit seinem gesamten U-Bahnnetz soll in der zweiten Phase schließlich bis 2026 ausgebaut sein und mit der zusätzlichen Blauen Linie vier Metro-Strecken enthalten.

Qatar

Doha's future Metro Network

21 Herrenknecht tunnel boring machines (TBMs) are operating or being got ready in Doha, the capital of the Arab Emirate of Qatar. The Metro network is being further developed here at breakneck speed to be prepared for forthcoming major sporting events and provide a sustainable infrastructure.
The first phase of the currently planned Metro network is divided into three main lines – the Red, Green and Gold Lines. They will connect the most important districts of the city. The "Greater Doha Metro Rail" project embraces a total of 115 km of tunnel. It is planned to conclude tunnelling activities in 2017. The Qatar Railways Company (Qatar Rail) is responsible for the development scheme. Particular pride is shown in the fact that currently more TBMs are in use in Doha than anywhere else in the world.

Four Metro Lines by 2026

The greater Doha area with its complete Metro network is then to be expanded during its second phase up to 2026. With its additional Blue Line there will be four Metro routes in all.

Die **Rote Linie (Coast Line)** verbindet den nördlichen mit dem südlichen Teil der Metropole von Al Khor im Norden bis Mesaieed im Süden über Lusail, West Bay und den Knotenpunkt Msheireb. Angebunden ist dabei auch der Internationale Flughafen Hamad. Die Arbeiten an der Roten Linie umfassen sowohl unterirdische als auch oberirdische Arbeiten mit 14 U-Bahn- und fünf Hochbahnstationen bzw. ebenerdigen Stationen. Die Länge der Roten Linie beträgt etwa 40 km. Es fallen rund 1,7 Millionen m³ Ausbruch an. Neun Tunnelbohrmaschinen werden dort eingesetzt, und die durchschnittliche Tunneltiefe beträgt circa 20 m. Bis 2018 sollen die Arbeiten an dieser Linie fertiggestellt sein.

Die **Grüne Linie (Education Line)** verbindet das Industriegebiet Dohas im Süden mit Al Rayyan, der Qatar Nationalbibliothek und dem Al Shamal Straßenkorridor im Norden. Zudem läuft die Strecke über die beiden Knotenpunkte Msheireb und Education City Station. Die Ausführung erfolgt sowohl unter- wie oberirdisch. Es werden sieben U-Bahnstationen und eine Hochbahn-Station gebaut. Auch die Grüne Linie wird rund 40 km lang sein und von neun TBM bei einer durchschnittlichen Tunneltiefe von 20 m aufgefahren. Die Fertigstellung der Grünen Linie ist bis Ende 2019 geplant.

Die **Goldene Linie (Historic Line)** erstreckt sich von der Airport City Nord Station im Osten bis hin zu einem Industriegebiet im

The **Red Line (Coast Line)** links the northern part of the metropolis with the south from Al Khor in the north to Mesaieed in the south via Lusail, West Bay and the Msheireb hub. There is also a connection to Hamad International Airport. Work on the Red Line involves activities below ground and on the surface with 14 underground stations and five elevated or surface stations. The Red Line is about 40 km long. Around 1.7 million m³ of spoil will accrue. Nine tunnel boring machines are in action there with the average tunnel depth amounting to roughly 20 m. Work on this line is due to be completed by 2018.

The **Green Line (Education Line)** connects Doha's industrial area in the south with Al Rayyan, the Qatar National Library and the Al Shamal road corridor in the north. The route runs over the two hubs Msheireb and Education City Station. Construction is progressing both underground as well as on the surface. Seven underground stations and an elevated station are to be built. The Green Line will also be around 40 km long and driven by nine TBMs with an average tunnel depth of 20 m. The Green line is sheduled to be finished at the end of 2019.

The **Gold Line (Historic Line)** runs from the Airport City North Station in the east to an industrial district in the west and at the same time links the Al Waab Street and the Salwa road corridor. It comprises ten

Sicherheit über Kopf
GECEDRAL® – Top-Performance im Vortrieb
Starke Leistung und gesicherte Ergebnisse mit hoher Qualität

GECEDRAL®
Erstarrungsbeschleuniger
SILIPHOS®
Gegen Versinterungen in Drainagen
GILUFLOC®
Tunnelabwasser-behandlung
FERROSOLF®
Staubbindung

Mit GECEDRAL®, unserem patentierten alkalifreien Abbindebeschleuniger für Spritzbeton, sind Sie auf der „sicheren Seite" – mit sicherem Ergebnis über Kopf, gesicherter Vortriebsleistung und hoher Qualität.

Kurita Europe APW GmbH
Germany
AlSales@kurita.eu
Besuchen Sie uns: www.kurita.eu

KURITA
efficiency for industry

Westen und verbindet gleichzeitig die Al Waab Straße und den Salwa Straßenkorridor. Sie umfasst zehn U-Bahnstationen und läuft ebenfalls über den Umsteigebahnhof Msheireb Station. Die Goldene Linie wird von sechs Tunnelbohrmaschinen bei einer durchschnittlichen Tunneltiefe von 20 m aufgefahren und wird rund 23 km lang sein. Ende 2019 soll diese Linie in Betrieb gehen. Die **Blaue Linie (City Line)** ist als Halbkreis geplant und soll das kommerzielle Zentrum Dohas mit der West Bay, dem Internationalen Flughafen Hamad und der C-Ringstraße verbinden. Diese Metrolinie ist Teil der zweiten Ausbauphase.

Insgesamt 107 Stationen in zwei Phasen

In der ersten Ausbauphase der Metro Doha werden insgesamt 37 Stationen fertiggestellt: 17 innerhalb der Roten, acht für die Grüne und zehn Stationen im Zuge der Goldenen Linie. Zudem werden die Msheireb und die Education City Station als Verkehrsknotenpunkte ausgebaut. Die Msheireb Station befindet sich im Zentrum von Doha und wird als Haupt-Umsteigebahnhof das Herz des zukünftigen Metronetzes bilden. Sie verbindet drei der vier Strecken: Rot, Grün und Gold. Die Education City Station wird zukünftig die Grüne Linie mit dem Netz des Hochgeschwindigkeits-Fernzuges verbinden.

stations and also runs via the Msheireb Station transfer hub. The Gold Line is being driven by six TBMs at an average depth of 20 m and will be around 23 km long. This line should be operational in 2019. The **Blue Line (City Line)** is planned as a semi-circle and will join up Doha's commercial centre with West Bay, Hamad International Airport and the C ring road. This Metro route is part of the second development phase.

Altogether 107 Stations in two Phases

A total of 37 stations will be completed during the Doha Metro's first development phase: 17 for the Red, eight for the Green and ten for the Gold Line. In addition, the Msheireb and Education City stations will be developed as transport hubs. The Msheireb Station is located in the centre of Doha and will form the core of the future Metro network as the main transfer station. It will link three of the four routes: Red, Green and Gold. In future, the Education City Station will connect the Green Line with the high-speed mainline train network. The first phase for developing the Metro is to be concluded in late 2019. However, not all the stations will be accessible to the public at the end of 2019. More than 86.5 km of rails will be laid, with most of them underground and less than 10 % on the surface or as elevated tracks.

DEVO-Tech | TUNNELBAU

Schweres wird ganz leicht.

Überall wo platzsparend und sicher mit schwersten Bauteilen gearbeitet werden muss, ist DEVO-Tech zu Hause. Wir entwickeln Spezialanlagen nach Mass, zum Beispiel für den Tunnelbau.

DEVO-Tech AG | Hauptstrasse 39 CH-4417 Ziefen | Tel. +41 61 935 97 97 Fax +41 61 935 97 99 | info@devo-tech.ch www.devo-tech.ch

I Apparatebau II Vakuumtechnik III Tunnelbau IIII Fertigungstechnik

Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

Gemeinsam stärker
im Tunnelbau

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

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

TechnoBochum

Salweidenbecke 21
44894 Bochum, Germany
Tel. +49 (0)2 34/5 88 73-73
Fax +49 (0)2 34/5 88 73-10
info@techno-bochum.de
www.techno-bochum.de

Der Ausbau der Metro wird in der ersten Phase vollständig bis Ende 2019 abgeschlossen sein. Über 86,5 km an Schienen werden verlegt werden, wobei mehr als 90 % davon unterirdisch verlaufen. Die Fertigstellung der zweiten Phase des Metro-Ausbaus in Doha ist für 2026 geplant. Bis dahin sollen etwa 70 weitere Stationen entwickelt sein. Das Metro-Netz soll dann eine Gesamtlänge von rund 146 km haben und zu einem Drittel unterirdisch, zur Hälfte als Hochbahn gebaut werden; der Rest der Strecke verläuft ebenerdig.
Ende April 2015 lag der Vortriebsfortschritt in allen nördlichen und südlichen Tunnelabschnitten bei rund 20 von 115 km. Die TBM „Al Khor", die den ersten Vortrieb der roten Linie von der Station „Al Qassar" zur Station „Doha Exhibition and Convention Center" absolviert hatte, wurde wieder in die Ausgangsstation transportiert, um den zweiten Vortrieb in den Norden Dohas zu bewältigen.
Mitte Juni 2015 folgte der Durchbruch der TBM „Al Mayeda" an einer der Hauptstationen des neuen Metrosystems, der Msheireb Station, innerhalb der Roten Linie. Die TBM hatte nach rund 7 Monaten und 2,3 km Vortrieb die Strecke zwischen der Al Corniche Station und der Msheireb Station aufgefahren. Mit dem Durchbruch lag der Vortriebsfortschritt im Juni 2015 bei rund 30 km.
Dipl.-Ing. Roland Herr, Internationaler Freier Journalist

The Metro development second phase in Doha is planned for 2026. Until then around 70 further stations are to be produced. The Metro network will then be some 146 km long in total with around a third of it running underground, a half as an elevated railway and the rest of the route on the surface.
At the end of April 2015 driving operations in all northern and southern tunnel sections saw roughly 20 of 115 km completed. The "Al Khor" TBM, which had successfully accomplished the first excavation on the Red Line from the "Al Qassar" Station to the "Doha Exhibition and Convention Center" Station, was relocated to the access station to tackle the second drive towards the north of Doha. This involves excavating the tunnel sections between Al Qassar, Katara and Legtaifiya.
In mid-June 2015, Qatar Rail was able to register a further success: the TBM breakthrough at one of the new Metro system's main stations, Msheireb Station on the Red Line. The "Al Mayeda" TBM had accomplished the route between the access shaft at Al Corniche Station and the target shaft at Msheireb Station after 7 months by driving 2.3 km. When the breakthrough took place in June 2015 around 30 km had been tunnelled altogether.
Dipl.-Ing. Roland Herr, International freelance Journalist

Networking building sites totally.

Guided by VMT. Efficient safety, communication and monitoring structures are essential if everything is to run smoothly on site. **HADES,** the powerful safety and communication system from VMT, makes sure that this happens – above and below ground.

www.vmt-gmbh.de

VMT

Fachmesse

InnoTrans 2016 präsentiert aktuelle Tunneltechnik

Nicht einmal mehr Jahr ist es hin, dann wird sich auf der InnoTrans in Berlin vom 20. bis zum 23. September 2016 wieder das Who is Who der internationalen Bahnindustrie versammeln. Eine Messebeteiligung ist für viele erfolgreiche und ambitionierte Unternehmen aus der Branche mittlerweile unverzichtbar. Hier gelingt die Darstellung eigener Leistungen und Produkte ebenso wie der direkte Kontakt zu bestehenden und potentiellen Kunden. Die Leitmesse für Schienenverkehrstechnik hat daher auch einen festen Platz im Kalender der Tunnelbauer.

Quelle/credit: InnoTrans

Die InnoTrans bietet eine etablierte Plattform für den Aufbau und die Vertiefung von Geschäftsbeziehungen

The InnoTrans offers a well-established platform for setting up and consolidating business relations

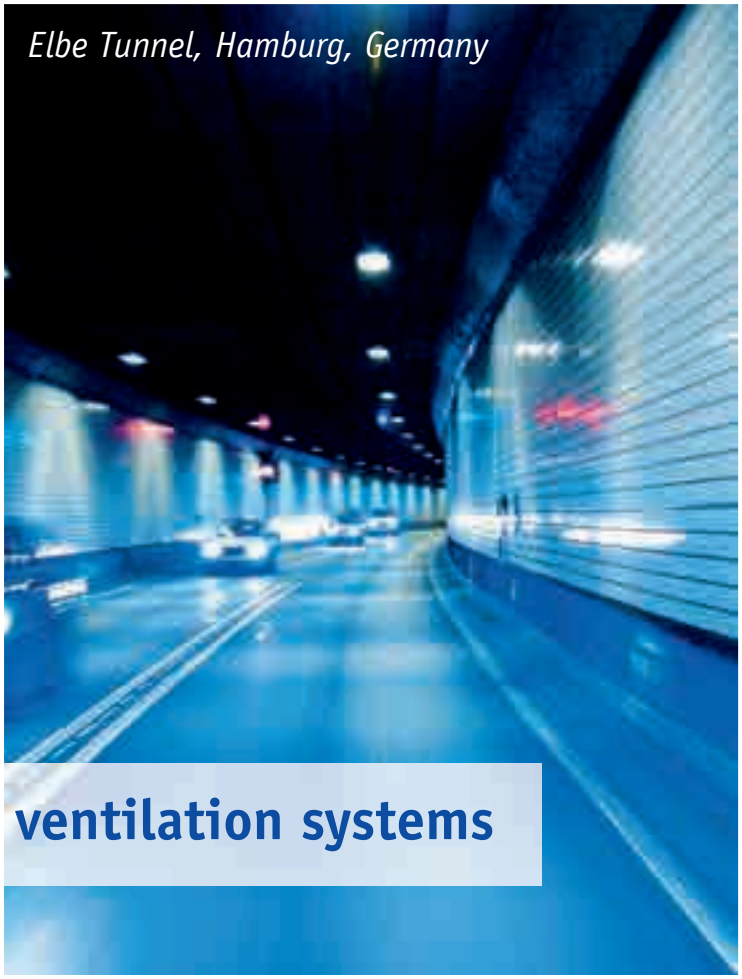
Auf der InnoTrans 2014 waren knapp 139 000 Fachbesucher aus 146 Ländern auf dem Messegelände unterm Berliner Funkturm vertreten. Von insgesamt 2761 Ausstellern aus 55 Ländern präsentierten rund 250 Unternehmen ihre Leistungen direkt im Themensegment Tunnelbau. Auch im nächsten Jahr bietet das Messesegment Tunnel Construction wieder eine Plattform für Anbieter von Bauprodukten, Tunnelbohr- und Reinigungsmaschinen sowie Kommunikations-, Brandschutz- und Sicherheitstechnik.
Neu mit dabei in 2016 ist die Brügger HTB GmbH aus der Schweiz mit langjähriger Erfahrung im Bereich Tunnelreinigung. Kürzlich erhielt das Unternehmen einen Sonderauftrag für den Gotthard-Basistunnel. „Der Bereich Tunnelreinigung ist ein Wirtschaftszweig in der Branche, in dem wir großes Potential für uns sehen. Die InnoTrans bietet die Chance, diese Möglichkeiten voll auszuschöpfen. In der Bahnindustrie gilt diese Messe als exzellente Plattform für den Aufbau von Geschäftsbeziehungen und die Einführung neuer Produkte in den Markt", so Beat Brügger, Mitinhaber der Brügger HTB GmbH. Das Unternehmen wird auf der InnoTrans 2016 ein speziell entwickeltes Schienenbett-Reinigungssystem vorstellen.
Neben Brügger haben sich bereits weitere Aussteller wie Herrenknecht, Talleres Zitrón, Pöyry und Niedax ihre Teilnahme für nächstes Jahr im Segment Tunnel Construction gesichert. Die Unternehmen profitieren hier auch von der thematischen und räumlichen Nähe zum Segment Railway Infrastructure. Die zwei für die Realisierung von unterirdischen Verkehrsanlagen wichtigen Wirtschaftszweige werden in den InnoTrans-Messehallen sinnvoll zusammengebracht. Das erleichtert potentiellen Partnern und Anbietern sowie Nachfragern von Produkten und Consulting-Leistungen für den Tunnelbau den direkten Kontakt.

Trade Fair

InnoTrans 2016 presents current Tunnel Technology

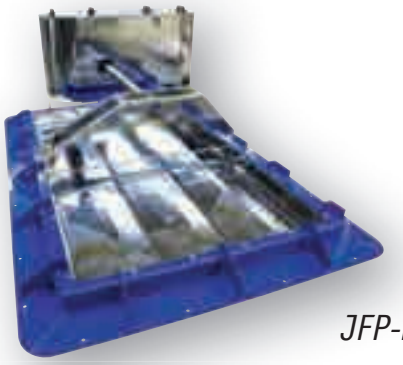
In less than a year, the who is who from the international railway industry will meet again from September 20 to 23, 2016, at the InnoTrans in Berlin. For many successful and ambitious companies from the industry participation at the fair is simply a must. They are able to present their achievements and products as well as contact existing and potential customers. The No. 1 fair for rail transport technology is also firmly anchored in the calendar for tunnellers.
Almost 139 000 trade visitors from 146 countries turned up for the 2014 InnoTrans at the fairgrounds under the Berlin Funkturm. From a total of 2761 exhibitors from 55 countries some 250 companies presented their activities and services in the Tunnelling segment.
Next year, the Tunnel Construction fair segment will again provide a platform for those marketing construction products, tunnel drilling and cleaning machines as well as communication, fire protection and safety technology.
The Brügger HTB GmbH from Switzerland will be a newcomer at the 2016 fair. Recently the company with many years of experience in cleaning tunnels received an exclusive special commission for the Gotthard Base Tunnel. "The tunnel cleaning sector represents an industrial branch providing us with a great potential. The InnoTrans affords the chance to exploit this opportunity to the hilt. This fair acts as an outstanding platform for the rail industry to develop business relations and introduce products to the market", Beat Brügger, co-owner of the Brügger HTB GmbH asserts. The company will present a specially developed rail bed cleaning system at the 2016 InnoTrans.
Apart from Brügger, further exhibitors such as Herrenknecht, Talleres Zitrón, Pöyry and Niedax have already announced they will be taking part in the Tunnel Construction segment next year. These companies also benefit from the proximity and the themes presented at the Railway Infrastructure segment, practically next door. The two industrial branches essential for accomplishing underground transportation facilities will be set up side-by-side on the InnoTrans exhibition halls. This makes it easier for potential partners and suppliers as well as users of products and consulting services for tunnelling to establish direct contacts.

Canary Wharf Station, London, UK



Elbe Tunnel, Hamburg, Germany

The proven solution for tunnel ventilation systems



JFP-EU

JFM

Tested for total safety

TROX offers project specific tunnel dampers with the following advantages:

- Excellent corrosion and heat resistance
- Easy installation and maintenance
- Bespoke design, construction and service
- TROX know-how of international standards and worldwide project support

STUVA

Westfalenhallen Dortmund
Hall 3B Booth G139
1 – 2 December 2015

TROX® TECHNIK
The art of handling air

www.trox.de

Deutschland

Abschluss der Vortriebsarbeiten für die neue U5 in Berlin

Mit Erreichen seiner Endposition am Brandenburger Tor am 14. Oktober 2015 hat Mixschild „Bärlinde“ seine Mission in Berlin erfolgreich beendet. Hinter der Tunnelbohrmaschine (TBM) liegen zwei parallele, durch die historische Mitte der deutschen Hauptstadt gebaute Röhren mit jeweils 1620 m Länge. Insgesamt wurden dabei 1076 Tübbingringe verbaut.

Die 2,2 km lange Verlängerung der U-Bahnlinie U5 vom Alexanderplatz bis zum Brandenburger Tor wird seit 2010 im Auftrag der Bundesregierung und des Landes Berlin von den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) bzw. deren Tochtergesellschaft, der Projektrealisierungs GmbH U5 durchgeführt. Die Bauausführung für das Los 1 obliegt dem Schweizer Bauunternehmen Implenia Construction GmbH. Es umfasst neben dem Tunnelvortrieb auch die Rohbauten der U-Bahnhöfe Museumsinsel und Unter den Linden sowie den Bau der Gleiswechselanlage

Germany

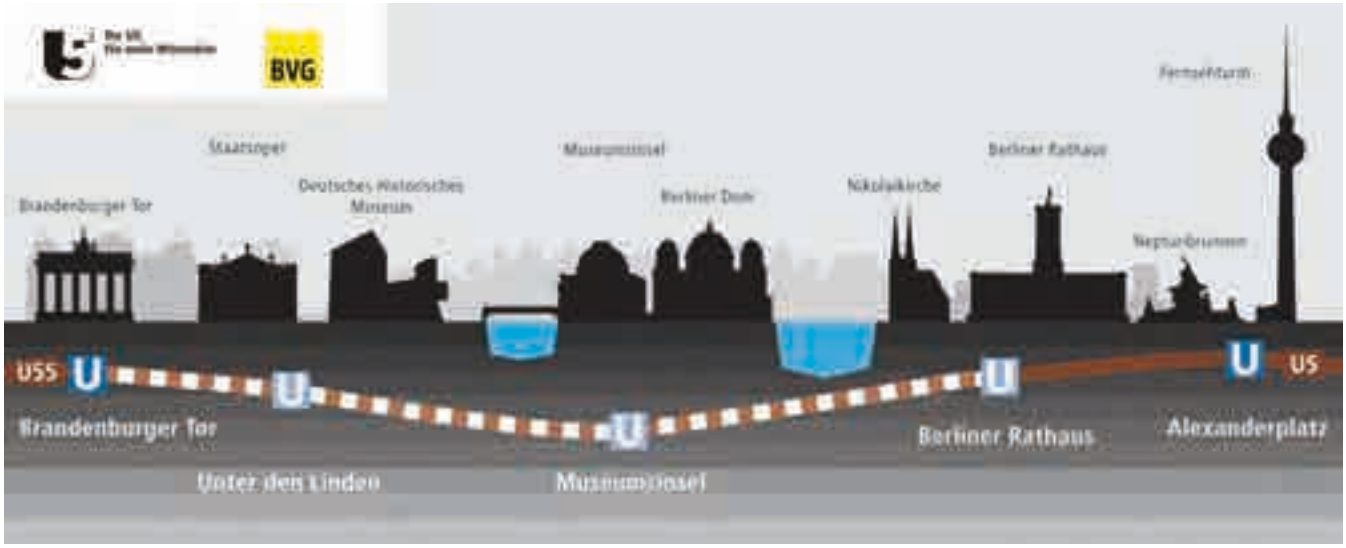
Completion of Tunnelling Work for Berlin‘s new U5 Line

Quelle:credit: Antonio Reetz-Graudenz

Die 74 m lange TBM „Bärlinde“ arbeitete sich nach Unterquerung von Spree, Humboldtforum und Spreekanal unterhalb des Boulevards Unter den Linden hindurch bis zum U-Bahnhof Brandenburger Tor

The 74 m long TBM “Bärlinde” drilled under the Spree River, on to the Humboldtforum and Spree Canal, below Unter den Linden and onwards to the subway station at the Brandenburg Gate

Upon reaching its final position at the Brandenburg Gate on October 14, 2015 the Mixshield “Bärlinde” has successfully completed its mission in Berlin. Behind the tunnel boring machine (TBM) are two 1620 m



Quelle/credit: BVG

Das Projekt „Neue U5“ umfasst die Verlängerung der bestehenden Berliner U-Bahnlinie 5 über den Alexanderplatz hinaus bis zum BrandenburgerTor und die Zusammenführung mit der bereits fertigen U-Bahnlinie 55. Damit wird aus U5 und U55 eine Linie

The “New U5” project includes extending the existing U5 underground railway line from Alexanderplatz to the Brandenburg Gate and linking it up with line U55, which has already been completed. This will turn the U5 and U55 into a single line

und des Startschachts. 1,6 km der 2,2 km langen Neubaustrecke entstanden im maschinellen Tunnelvortrieb mithilfe des auf den Namen „Bärlinde“ getauften Herrenknecht Mixschilds S-788. Das Gesamtprojekt umfasst die Verlängerung der bestehenden Berliner U-Bahnlinie 5 über den Alexanderplatz hinaus bis zum Brandenburger Tor und die Zusammenführung mit der bereits fertigen U-Bahnlinie 55.

Nach dem Startschuss am 20. Juni 2013 bohrte sich die 74 m lange und 700 t schwere Bärlinde vom Startschacht am Marx-Engels-Forum aus bis zum Brandenburger Tor. Bei Überdeckungen von 5 bis 17 m arbeitete sich die Maschine mit einem Schilddurchmesser von 6,67 m unter der Spree, dem Spreekanal und dem Schlossplatz durch die künftigen zwei Bahnhöfe Museumsinsel und Unter den Linden entlang des Boulevards Unter den Linden. Derzeit wartet Bärlinde auf die Demontage sowie den Rücktransport der Nachläufer und Schildkomponenten zum Marx-Engels-Forum. Der für 2016 geplante Anschluss an den U-Bahnhof Brandenburger Tor wird händisch erstellt.

Auf ihrer Schildfahrt durch Berlins Mitte bewältigte die speziell für heterogene Böden und hohe Wasserdrücke konzipierte flüssigkeitsgestützte TBM anspruchsvolle geologische Herausforderungen: Grundwasser in einer Tiefe von nur 2 bis 3 m unter der Oberfläche, sandige und im Spreebereich von Faulschlamm durchzogene Böden sowie große Granit-Findlinge.

Für die sichere Unterfahrung von Spree und Spreekanal mit Überdeckungen von teils nur 5 m war vom bauausführenden Unternehmen zunächst eine aufwändige Ballastierung der Gewässersohlen mit 40 cm dicken Stahlplatten vorgesehen. Gemeinsam entwickelten Bauherr, bauausführendes Unternehmen, ein Forschungsinstitut sowie der Maschinenhersteller Herrenknecht eine bessere

long parallel tubes, built through the historic center of the German capital. In the process a total of 1076 tubbing rings were installed

Since 2010 the 2.2 km long extension of the subway line U5 from Alexanderplatz to the Brandenburg Gate is being carried out by the municipal transport company Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) and its subsidiary Projektrealisierungs GmbH U5 on behalf of the German Federal Government and the State of Berlin. The Swiss construction company Implenia Construction GmbH is handling the construction work of Lot 1. This includes drilling the two tunnel tubes, building

Lösung: Die Maschine fuhr etappenweise mit einer Bentonitsuspension mit erhöhter Dichte (HDSM = High Density Support Medium). Im Vergleich zu herkömmlichen Suspensionen war dadurch bei signifikant höherem übertragbarem Stützdruck die Eindringtiefe in das vor der Maschine liegende Erdreich deutlich reduziert. Dank des eingesetzten HDSM (bis zu 1,4 t/m³) konnte Bärlinde mit so wenig Druck wie möglich und so viel Stützwirkung wie nötig die Spree bei sehr geringer Überdeckung der Flusssohle sicher unterqueren. Zur Beschwerung genügten in Ufernähe eingelassene Big Bags, große mit Sand gefüllte Säcke. Der Schiffsverkehr blieb unbeeinträchtigt. Die für den HDSM-Vortrieb nötige Modifizierung der Maschine wurde bereits bei der Konstruktion, der Werksmontage und der Baustellenmontage berücksichtigt. Während des Vortriebs waren keine weiteren Umbauarbeiten nötig.

Die gesamte 2,2 km lange Neubaustrecke soll 2020 fertiggestellt sein und führt dann vom künftigen U-Bahnhof Berliner Rathaus bis zum U-Bahnhof Brandenburger Tor. Nach der Verbindung der Neubaustrecke mit dem bereits bestehenden 1,5 km langen Teilstück der U55 und der 18,3 km langen jetzigen U5 wird die neue U5 von Hönow bis Hauptbahnhof eine Gesamt-Streckenlänge von 22 km haben.

hölscher wasserbau

Groundwater Management in Tunneling Projects

Dewatering, Groundwater Control, Water Treatment, Online Monitoring and Well Drilling.

Nord Zuid Lijn Amsterdam
80 wells for depressurisation of an aquifer in a depth of 43 m

Metro Bucharest Line 5
25 million m³ of groundwater to be pumped

Cityring Copenhagen
1.100 wells for 21 metro shafts. Re-infiltration rate of 95%

A2 Maastricht
600 dewatering wells. 2.300 m³/h re-infiltration via hw-DSI system

www.hoelscher-wasserbau.de · info@hoelscher-wasserbau.de

Hölscher Wasserbau GmbH
Haren, Germany

Branch offices in:
Austria · Denmark · Poland · Qatar · Romania
The Netherlands · United Kingdom

the shells of the Museuminsel and Unter den Linden underground stations, and building the track switching system and start shaft. 1.6 km of the 2.2 km long new line were built by mechanized tunnelling using the Herrenknecht Mixshield S-788, christened "Bärlinde". The overall project includes extending the existing U5 line from Alexanderplatz to the Brandenburg Gate and linking it up with line U55, which has already been completed

After the start on June 20, 2013 the 74 m long, 700 tonne Bärlinde tunnelled her way from the launch shaft on Marx-Engels Forum to the Brandenburg Gate. With overburdens of 5 to 17 m, the machine with a shield diameter of 6.67 m worked its way under the river Spree, the Spree Canal and Schlossplatz through the two future stations Museumsinsel (Museum Island) and Unter den Linden along the boulevard Unter den Linden. Currently Bärlinde is awaiting disassembly and transport of the back-up and the shield components back to Marx-Engels Forum. The connection to the subway station Brandenburger Tor planned for 2016 is being created manually.

Designed especially for heterogeneous soils and high water pressures, on the shield drive through the center of Berlin the slurry-supported TBM mastered complex geological challenges: groundwater at a depth of only 2 to 3 m below the surface, sandy and in the Spree area sludge laced soils as well as large granite boulders. For safe undercutting of the Spree and the Spree Canal with overburdens of sometimes only 5 m the construction company originally planned elaborate ballasting of the river and canal beds with 40 cm thick steel plates. In a joint effort client, construction company, a research institute and the machine manufacturer Herrenknecht developed a smarter solution: in some stages the machine was driven using a higher density bentonite suspension (HDSM = High Density Support Medium). This meant that in comparison to conventional suspensions, with considerably higher transferable support pressure the penetration depth into the soil ahead of the machine was significantly reduced. Thanks to the HDSM used (up to 1.4 t/m³) and with as little pressure as possible but as much supporting effect as necessary, Bärlinde safely crossed under the Spree with very low overburden beneath the riverbed. Big Bags (large sandbags) lowered into the water near the banks provided sufficient weight. Shipping remained unimpaired. The modification of the machine for the HDSM drive was already taken into consideration during design, factory assembly and jobsite assembly. During the advance no further alterations were necessary.

The entire 2.2 km long new line is scheduled to be completed in 2020. It will run from the future subway station Berliner Rathaus to the metro station Brandenburger Tor. Once the new line has been connected with the existing 1.5 km long section of the U55 and the 18.3 km long current U5, the new U5 will have a total length of 22 km from Hönow to the main railway station.

Österreich

Schnellstraße S10/Tunnel Götschka: Verkehrsfreigabe Ende Dezember

Die Schnellstraße S10 im Norden von Oberösterreich soll Bestandteil des transeuropäischen Verkehrsnetzes sein und für eine bessere Vernetzung der Region Freistadt mit dem Großraum Linz sowie mit Tschechien sorgen. Das Projekt mit 680 Millionen Euro Baukosten ist in vier Bauabschnitte eingeteilt. Zum Baulos 2 gehört der 4440 m lange Tunnel Götschka. Das künftige Herzstück der S10 wurde in der Spritzbetonbauweise erbaut. Die Weströhre ist mit zwei, die Oströhre mit drei Fahrbahnen ausgestattet; die Röhren haben 45 m Achsabstand und Querschläge im Abstand von 250 m. Auf das Außengewölbe aus bewehrtem Spritzbeton und Ankern wurde eine Kunststoffabdichtung installiert, darauf folgte ein Innengewölbe aus unbewehrtem Beton. Im Bereich mit erhöhtem Brandschutz wurde Faserbeton verwendet. Zur Entlüftung wurden Zwischendecken mit Abluftklappen im Abstand von 110 m eingebaut. Nach Baubeginn 2011 rechnet die ASFINAG mit der Fertigstellung des Gesamtprojekts und Freigabe für den Verkehr Ende Dezember 2015. *G.B.*

Austria

S10 Expressway and Götschka Tunnel open at the End of December

The S10 expressway in the north of Upper Austria will become part of the trans-European transport network and provide better connection between the Freistadt area and the metropolitan area of Linz and the Czech Republic. The project with 680 million euros construction cost is divided into four construction sections, of which section 2 includes the 4440 m long Götschka Tunnel. This future key structure on the S10 was constructed by applying the shotcrete method. The west tunnel has two and the east tunnel has three lanes. The tunnels are spaced at 45 m between centrelines and have cross passages every 250 m. A synthetic membrane waterproofing layer was installed on the outer support layer of reinforced shotcrete and rock bolts, followed by an inner lining of unreinforced in-situ concrete. In zones with more stringent fire protection requirements, fibre concrete was used. For ventilation, intermediate slabs with extract dampers were installed at a spacing of 110 m. After the start of construction in 2011, ASFINAG schedules the completion of the overall project and opening for traffic for the end of December 2015. *G.B.*

Der Boßlertunnel – Längster Tunnel der Neubaustrecke Wendlingen–Ulm

Der Boßlertunnel wird im Planfeststellungsabschnitt 2.2 „Albaufstieg“ als Teil der Neubaustrecke (NBS) Wendlingen–Ulm im Rahmen des Ausbaus der „Magistrale für Europa“ (Zentraler europäischer West-Ost-Eisenbahnkorridor) als einschaliger Tunnel mittels Tunnelvortriebsmaschine (EPB-TVM) aufgefahren. Sein Ausbruchdurchmesser beträgt 11,39 m. Der Ausbau der zwei Tunnelröhren erfolgt mit 45 bzw. 65 cm dicken Stahlbetontübbingen. Die Streckenlänge je Röhre beläuft sich auf 8806 m. Insbesondere die prognostizierten druckhaften Gebirgsverhältnisse und Karsterscheinungen gehören zu den ingenieurstechnischen Herausforderungen. Innerhalb der ersten sieben Monate, von April bis Oktober 2015, wurden 2959 m aufgefahren und 1457 Tübbingringe eingebaut.

The Boßler Tunnel – the longest Tunnel on the new Line Wendlingen–Ulm

The Boßler Tunnel is currently under construction in the planning section 2.2 “Albaufstieg” on the new line from Wendlingen to Ulm as part of the upgrading of the “Main Line for Europe” (central European west-east rail corridor). The single-pass tunnel is bored by a tunnel boring machine (EPB-TBM) and has an excavated diameter of 11.39 m. The lining of the two tunnel bores consists of 45 or 65 cm thick reinforced concrete segments. The length of each bore is 8806 m. In particular the forecast squeezing rock conditions and karst phenomena pose engineering challenges. In the first seven months of tunnelling from April to October 2015, 2959 m were driven and 1457 segment rings were installed.

Dipl.-Ing. Dennis Edelhoff, MBA, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum, Deutschland/Germany
Dipl.-Ing., Ing. Jameleddine Torkhani, DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH, Deutschland/Germany
Dipl.-Ing. Matthias Breidenstein, DB Projekt Stuttgart–Ulm GmbH, Deutschland/Germany
Dr.-Ing. Dieter Handke, IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Bochum, Deutschland/Germany

Überblick über das Gesamtprojekt

Das Bahnprojekt Stuttgart–Ulm ist gegliedert in die Teilprojekte Stuttgart–Wendlingen (Stuttgart 21) und die Neubaustrecke Wendlingen–Ulm. Das Teilprojekt Stuttgart–Wendlingen ist in sieben Planfeststellungsabschnitte (PFA) unterteilt und umfasst unter anderem den Bahnknoten Stuttgart, die Umgestaltung des Stuttgarter Hauptbahnhofs, den Filderbahnhof am Flughafen, die Neubaustrecke vom Flughafen bis nach Wendlingen und die entsprechenden Zulaufstrecken. Insgesamt gehören 18 Brücken sowie16 Tunnel und Durchlässe zum Bauumfang. Das größte Tunnelbauwerk in diesem Abschnitt (PFA 1.2) ist der Fildertunnel mit einer Länge von 9468 m.

Die Neubaustrecke (NBS) Wendlingen–Ulm als zweiter Teil des Bahnprojekts Stuttgart–Ulm gliedert sich in fünf Planfeststellungsabschnitte, wobei insgesamt neun Tunnel und 37 Brücken

Overview of the overall Project

The Stuttgart–Ulm rail project is divided into the project sections Stuttgart–Wendlingen (Stuttgart 21) and the new line Wendlingen–Ulm. The project section Stuttgart–Wendlingen is divided into seven planning sections (PFA) and includes the rail junction at Stuttgart, the redesign of Stuttgart main station, the Filder station at the airport, the new line from the airport to Wendlingen and associated access lines. The construction works include altogether 18 bridges, 16 tunnels and culverts. The largest tunnel in this section (PFA 1.2) is the Filder Tunnel with a length of 9468 m.

The new line (NBS) Wendlingen–Ulm, the second part of the Stuttgart–Ulm rail project, is divided into five planning sections with altogether nine tunnels and 37 bridges to be built over a total distance of 60 km (29 km of overground line and 31 km in tunnels).

One significant project section of the new line is PFA 2.2 “Albaufstieg”

Quelle/credit: DB Netz AG

1 Trassenverlauf des PFA 2.2
Alignment of planning section PFA 2.2

auf einer Gesamtstreckenlänge von 60 km (29 km offene Strecke und 31 km Tunnelstrecke) gebaut werden.

Ein wesentlicher Projektabschnitt der NBS ist der PFA 2.2 „Albaufstieg" **(Bild 1)**, der südlich der Autobahn A8 bei Aichelberg mit dem 8806 m langen Boßlertunnel beginnt. Das sich anschließende Filstal zwischen den Orten Mühlhausen im Täle und Wiesensteig wird auf zwei Brücken in etwa 85 m Höhe und einer Länge von rund 500 m überquert. Ab dort führt die Trasse im 4847 m langen Steinbühltunnel auf die Albhochfläche.

Daten und Fakten zum Boßlertunnel

Der Boßlertunnel verläuft ab dem Portal Aichelberg in südöstlicher Richtung, unterfährt dabei zunächst das Naturschutzgebiet „Roter Wasen" und anschließend den Berg Boßler. In diesem Bereich tritt die größte Überlagerung mit rund 280 m auf. Die geringste Überlagerung findet sich im Bereich des Winkelbachtals, das in etwa 23 m Tiefe unterfahren wird. Die Röhren des Boßlertunnels enden an der nördlichen Hangflanke des Filstals zwischen Mühlhausen im Täle und Wiesensteig am Portal Buch.

Mit einem Ausbruchdurchmesser von 11,39 m stellt der Boßlertunnel den größten maschinell aufgefahrenen Eisenbahntunnel sowie mit 8806 m Länge den fünftlängsten Tunnel (Straße und Eisenbahn) in Deutschland dar.

Quelle/credit: DB Netz AG

2 TVM und Nachläufer in der Startsituation am Portal Aichelberg
TBM and backup in the launching position at the Aichelberg portal

(Alb ascent) **(Fig. 1)**, which starts south of the autobahn A8 near Aichelberg with the 8806 m long Boßler Tunnel. The line then crosses the Filstal valley between Mühlhausen im Täle and Wiesensteig on two bridges at a height of about 85 m and with a length of about 500 m. From there, the alignment runs through the 4847 m long Steinbühl Tunnel up onto the plateau of the Alb.

Data and Facts about the Boßler Tunnel

The Boßler Tunnel runs from the Aichelberg portal in a south-easterly direction and passes under the nature conservation area "Roter Wasen" and the Boßler mountain, where the overburden reaches a maximum of about 280 m. The shallowest overburden is in the Winkelbachtal, where the tunnel passes at a depth of about 23 m. The bores of the Boßler Tunnel end at the Buch portal in the northern flank of the Filstal between Mühlhausen im Täle and Wiesensteig.

With an excavated diameter of 11.39 m, the Boßler Tunnel will be the largest diameter bored tunnel and with a length of 8806 m the fifth longest tunnel (road and rail) in Germany.

The vertical alignment in the direction of boring has an almost constant rise of around 24 ‰. On plan, the tunnel alignment has a right-handed curve with a radius of 2305 m at the Aichelberg portal and then passes into a straight. The relevant structure gauge of the tunnel is the profile T-H-B-K-1-01 "Tunnel, circular cross-section (ballastless track)

Quelle/credit: IMM

3 Abwurfbereich
Discharge area

Quelle/credit: DB Netz AG

4 Tübbinglager auf der Baustelleneinrichtungsfläche in Aichelberg mit 1200 Lagerplätzen
Segment store on the site in Aichelberg with 1200 storage places

Die Tunnelgradiente liegt in Vortriebsrichtung mit einer nahezu konstanten Steigung von ca. 24 ‰. Im Grundriss geht die Trasse nach einer Rechtskurve im Radius von etwa 2305 m am Portal Aichelberg in eine Gerade über. Das relevante Lichtraumprofil des Tunnels ist das Profil T-H-B-K-1-01 „Tunnel-Kreisquerschnitt (Feste Fahrbahn) für Hochgeschwindigkeitsverkehr" gemäß RIL 853.9001 mit einer Querschnittsfläche über Schienenoberkante von mindestens A = 60 m². Die Entwurfsgeschwindigkeit beträgt v_e = 250 km/h.

17 Verbindungsbauwerke (konform dem aktuellen Stand der Sicherheitsanforderungen gemäß TSI/SRT) mit Fluchtwegabständen von maximal 500 m untereinander und zu den Portalen sind insgesamt vorgesehen. Die Schleusenabschlüsse der Querschläge bestehen aus feuerhemmenden, rauchdichten und selbstschließenden Türen mit Panikverschlüssen. Als Oberbauform ist das System der Festen Fahrbahn vorgesehen, die im Ereignisfall mit luftbereiften Rettungs- und Einsatzfahrzeugen befahren werden kann.

Auf der Baustelleneinrichtungsfläche, zwischen dem Portal Aichelberg **(Bild 2)** und dem Rastplatz „Vor dem Aichelberg", nahezu parallel zur A8, befinden sich der Abwurfbereich **(Bild 3)**, das Baubüro inklusive sämtlicher Lager- und Werkstätten, die Tübbinglagerfläche **(Bild 4)** mit einer Ausdehnung von 6600 m² und 1200 Lagerplätzen sowie die Feldfabrik der Tübbingproduktion.

Baugrundverhältnisse am Boßlertunnel

Der Boßlertunnel durchfährt ausgehend vom Portal bei Aichelberg zunächst von unten nach oben die Schichten des Braunjura, die stratigraphisch in das Aalenium 1 und 2 (al1, al2), das Bajocium 1 bis 3 (bj1, bj2, bj3), das Bathonium (bt) und das Callovium (cl) unterteilt werden. Die Schichten bestehen überwiegend aus Ton- und Tonmergelsteinen.

Bereichsweise sind Sandsteine und Mergelkalk- bis Kalksteine eingeschaltet **(Bild 5)**. Oberhalb des Braunjura stehen die Schichten des Weißjura an. Mit dem Boßlertunnel werden hiervon das mergelig-kalkige Oxfordium 1 und das aus gebankten Kalksteinen bestehende Oxfordium 2 durchfahren und auf kurzer Länge noch das mergelig-kalkige Kimmeridgium 1 angeschnitten.

for high speed traffic" according to RIL 853.9001 with a cross-sectional area above top of rail of at least A = 60 m². The design speed is v_e = 250 km/h.

A total of 17 cross-passages are provided (in compliance with the current state of safety requirements according to TSI/SRT), with escape routes spaced at max. 500 m from each other and to the portals. The locks at the ends of the cross passages consist of fire-retarding, smoke-tight and self-closing doors with panic locks. The permanent way features a ballastless track system, which can be used by rescue and emergency services vehicles with pneumatic tyres in case of an incident.

On the site facilities area between the Aichelberg portal **(Fig. 2)** and the picnic area "Vor dem Aichelberg", nearly parallel to the A8, are situated the discharge area **(Fig. 3)**, the site offices including all stores and workshops, the segment store **(Fig. 4)** on an area of 6600 m² with 1200 storage spaces as well as the field production plant for segments.

Ground Conditions at the Boßler Tunnel

The Boßler Tunnel, starting from the portal at Aichelberg, first passes through the strata of the Middle Jurassic (Dogger) from bottom to top, which can be divided stratigraphically into the Aalenium 1 and 2 (al1, al2), the Bajocium 1 to 3 (bj1, bj2, bj3), the Bathonium (bt) and the Callovium (cl). The strata predominantly consist of claystones and clay-marlstones.

In some areas, sandstones and marly limestones to limestones are intercalated **(Fig. 5)**. Above the Middle Jurassic are the strata of the White Jurassic. The Boßler Tunnel passes through the marly-calcareous Oxfordium 1 and Oxfordium 2 consisting of bedded limestones, and cuts through the marly-calcareous Kimmeridgium 1 along a short length.

In the middle area of the Boßler Tunnel, after about 2800 m (km 42.2) of the drive, the so-called Zopfplattenbereich (the upper section of the Aalenium 1; flasery claystone/sandstone horizon) is encountered along a length of about 600 m (until km 42.8). In this stretch, low strength and high deformability of the rock is expected. In combination with a high overburden of 280 m – the maximum value for the

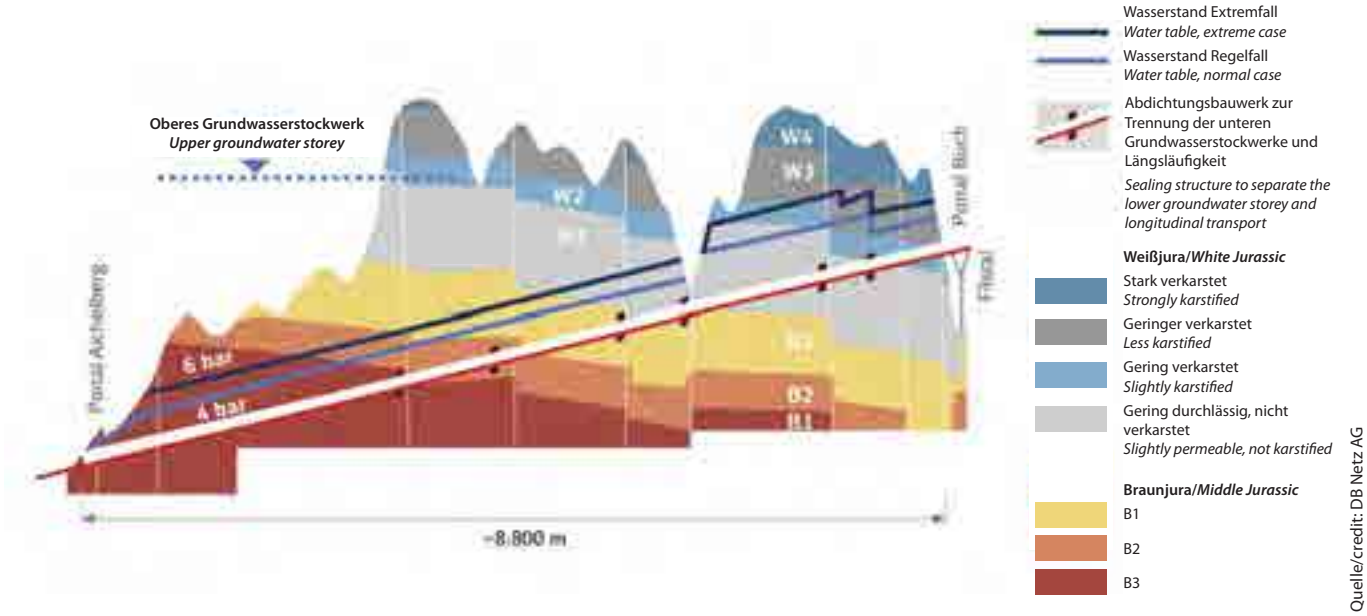
SIEMENS

Solutions for Tunnel Automation

Innovative and future-proof.

Digital Factory

siemens.com/tunnelautomation



Quelle/credit: DB Netz AG

5 Geologie im Planfeststellungsabschnitt 2.2
Geology of planning section 2.2

Im Kernbereich des Boßlertunnels, nach ca. 2800 m Vortrieb (km 42,2), wird der sogenannte Zopfplattenbereich (der obere Abschnitt des Aalenium 1; flaseriger Ton-/Sandsteinhorizont) auf einer Strecke von ca. 600 m (bis km 42,8) durchfahren. Hier werden geringere Festigkeiten und höhere Verformbarkeiten des Gesteins erwartet. In Kombination mit einer hohen Überlagerung von 280 m – der Maximalwert beim Boßlertunnel – werden hier zumindest bereichsweise druckhafte Verhältnisse prognostiziert. Diese Einschätzung gilt ebenfalls für den anschließenden Vortriebsabschnitt mit einer Länge von ca. 900 m (km 42,8 bis km 43,7). Hier konnten geringe Festigkeiten bei ebenfalls hoher Überlagerung von etwa 270 m festgestellt werden. Auf weiteren 1500 m (bis km 45,2) können druckhafte Verhältnisse bei einer Überlagerung von rund 200 m ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.
Die Grundwasserverhältnisse im Bereich der 5,9 km langen Vortriebsstrecke durch die Braunjuraschichten sind durch eher geringe Durchlässigkeiten, jedoch mehrere Grundwasserstockwerke und

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

Boßler Tunnel – localised squeezing rock conditions are forecast. This estimation also applies for the next stretch of tunnel with a length of about 900 m (km 42.8 to km 43.7), where low strengths and also high overburden of about 270 m were determined. Squeezing rock conditions cannot be ruled out either in the next 1500 m (to km 45.2) with an overburden of about 200 m.
The groundwater conditions along the 5.9 km long stretch through the Middle Jurassic strata are characterised by rather low permeabilities, although with several groundwater storeys and joint/stratum aquifers of the sandstone beds as well as design water levels of 40 m above the invert. In the stretch through the White Jurassic with a length of about 2.9 km, the Oxfordium 2 stratum is the main aquifer; the design water level here is 60 m above invert. In addition, water heads of up to 90 m are assumed as a worst-case scenario in case of longitudinal water transport along the tunnel or a vertical connection of several groundwater storeys. For the completed state in stretches of low permeability, waterproofing with radial grouting is provided to prevent any groundwater communication.
In the White Jurassic, karst phenomena are probable, particularly in the strata of the Oxfordium 2; this problem will be of great significance for the last about 400 m stretch before reaching the Filstal.

Tunnelling Concept and project-specific Features

Due to the findings regarding zones of squeezing rock mass and karst phenomena, the planning decision **(Fig. 6)** intended the conventional driving of the Boßler Tunnel (including the intermediate access point near Umpfental at km 44.5) using the flexible shotcrete method. In the course of tendering, mechanised tunnelling was approved for the first 2800 m starting at the Aichelberg portal after intensive analysis of alternative proposals. This section is situated in an Aalenium-1 stratum consisting of Opalinus clay, which shows neither squeezing rock conditions nor karst phenomena. The contracting joint venture tendered this possibility and gained the award on that basis.

Kluft-/Schichtwasserleiter der Sandsteinbänke sowie Bemessungswasserstände von 40 m über Sohle gekennzeichnet. Im Vortriebsabschnitt des Weißjuras mit ca. 2,9 km Vortriebsstrecke stellt die Schicht des Oxfordium 2 den Hauptgrundwasserleiter dar. Hier liegt der Bemessungswasserstand bei 60 m über Sohle. Als Worst-Case-Szenario für eine Längsläufigkeit am Tunnel oder eine vertikale Verbindung mehrerer Grundwasserstockwerke werden zusätzlich Wasserdrücke von bis zu 90 m angenommen. Für den Endzustand sind in Abschnitten geringer Durchlässigkeiten Abdichtungen mit radialen Injektionskubaturen zur Verhinderung einer möglichen Grundwasserkommunikation vorgesehen.
Im Weißjura sind Verkarstungserscheinungen insbesondere in den Schichten des Oxfordium 2 wahrscheinlich; diese Problematik ist für den letzten rund 400 m langen Vortriebsabschnitt vor dem Filstal von großer Bedeutung.

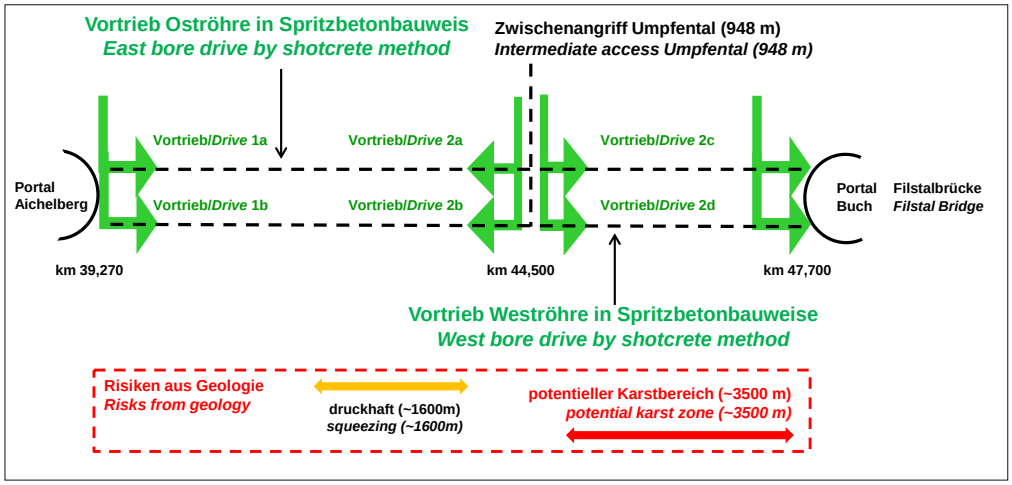
Vortriebskonzept und projektspezifische Besonderheiten

Auf Grundlage der Erkenntnisse über die druckhaften Gebirgsabschnitte und die Karsterscheinungen sieht der Planfeststellungsbeschluss **(Bild 6)** die Auffahrung des Boßlertunnels im konventionellen Vortrieb (inklusive des Zwischenangriffs Umpfental bei km 44,5) mit der flexiblen Spritzbetonbauweise vor. Im Rahmen der Ausschreibung wurden nach intensiver Analyse Nebenangebote für einen Maschinenvortrieb für den 2800 m umfassenden Startbereich vom Portal Aichelberg aus zugelassen. Dieser liegt in einer aus Opalinuston bestehenden Aalenium-1-Schicht, die weder druckhafte Gebirgsverhältnisse noch Karsterscheinungen aufweist. Die ausführende Arbeitsgemeinschaft hat diese Möglichkeit angeboten und wurde entsprechend beauftragt.
Nach Auftragsvergabe unterbreitete der Auftragnehmer (AN) mit Blick auf beiderseitige wirtschaftliche Optimierungen und in Abhängigkeit der anzutreffenden geologischen und geotechnischen Parameter einen Vorschlag zu einem verlängerten TVM-Einsatz über den hauptvertraglich geschuldeten Bereich hinaus – die sogenannte TVM-Erstreckung. Das Konzept sah umfangreiche Erkundungskampagnen vor, mit denen eine mehrstufige Verifikation der geotechnischen Randbedingungen in Bezug auf die Druckhaftigkeit des Gebirges auf Grundlage der Beobachtungsmethode erfolgen sollte. Hierzu zählen die Erkenntnisse beim Auffahren des Zwischenangriffs (ZA) Umpfental, der Erkundungsschacht im Kreuzungsbauwerk am Ende des ZA Umpfental mit dem von der Schachtsohle aus vorgetriebenen 25 m langen Erkundungsstollen, der Gegenvortrieb der Oströhre in Spritzbetonbauweise vom ZA Umpfental aus sowie Erkenntnisse aus dem TVM-Vortrieb vor Inangriffnahme der zusätzlichen Strecke. Anhand dieser Erkenntnisse wurden zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer nach den Grundsätzen der Beobachtungsmethode die Bemessungsgrundlagen und die für den TVM-Vortrieb möglichen Bereiche sowie der Endpunkt für den Einsatz des TVM-Bereichs festgelegt. Auf dieser Grundlage wurde letztendlich beschlossen, die Ost- und Weströhre des Boßlertunnels weitestgehend mit TVM aufzufahren **(Bild 7)**. Ausgenommen hiervon

After the award of the contract, the contactor, with a view to economic optimisation for both sides and depending on the encountered geological and geotechnical parameters, submitted a proposal to extend the use of a TBM past the area covered in the main contract – the so-called TBM extension. The concept intended extensive investigation campaigns with multi-stage verification of geotechnical conditions regarding the squeezing properties of the rock mass being carried out based on the observation method. This included the findings from the drive of the intermediate access at Umpfental, the investigation shaft in the crossing structure at the end of the Umpfental intermediate access with the 25 m long investigation tunnel driven from the shaft bottom, the advance in the opposite direction in the east bore by the shotcrete method starting from the Umpfental intermediate access as well as findings from the TBM drive before starting the additional stretch.
Using these findings, the assessment fundamentals and the possible areas for TBM operation as well as the end point for TBM operation were defined between client and contractor according to the principles of the observation method. On this basis, it was finally decided to largely excavate the east and west bores of the Boßler Tunnel with a TBM **(Fig. 7)**. The exceptions to this are the sections of the east bore already excavated by the shotcrete method from the Umpfental intermediate access towards Aichelberg with a length of 731 m and towards the Buch portal with a length of 48 m, and the still to be excavated karstified transition areas at the end of the Boßler Tunnel with a length of about 400 m each towards the Aichelberg portal.
The already mentioned section towards the Aichelberg portal, which had already been excavated by the shotcrete method, demands particular planning intensity. The original concept intended the pull through of the TBM and launch at the Umpfental intermediate access. The current plan for the 785 m long passage is backfilling with replacement soil and tunnelling through with the TBM.
The structural challenges of the squeezing rock mass conditions will be overcome with different strengths of tunnel rings. Along a total distance of 14.2 km, most of the Boßler Tunnel, 45 cm thick segments are used. In the area between km 42.1 and km 43.8, a driven length of 1700 m in each bore, segment rings with a thickness of 65 cm will be installed.

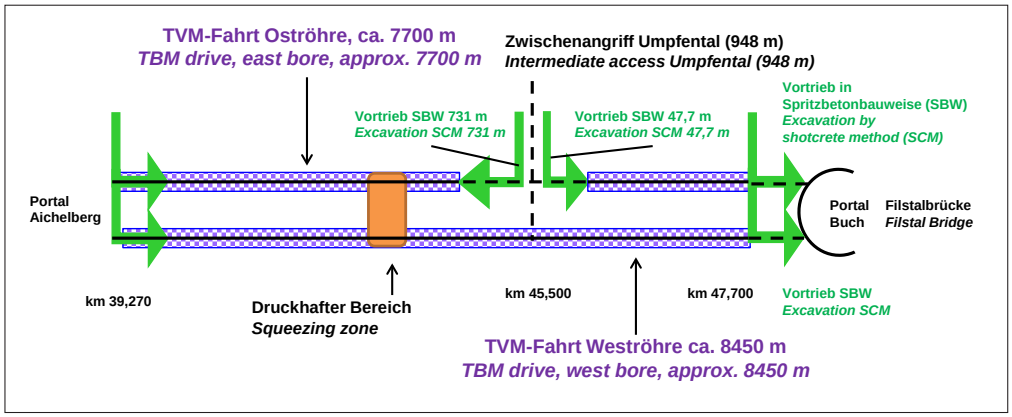
Tunnel Boring Machine for the Boßler Tunnel

The Herrenknecht TBM being used is a shield machine with earth pressure supported face according to the DAUB classification (EPB shield, SM-V5), which can be driven in various operating modes **(Fig. 8)**. These include open-mode, with the soil being excavated at the face under atmospheric conditions and removed by the screw conveyor and conveyor belt. The preconditions for this mode are adequate stability of the face and sides and controllable water ingress. With increasing water quantities operation can be converted in a very short time to semi-closed mode, with compressed air applied to the excavation chamber. Should unstable ground conditions be encountered and active face support be necessary, the machine is converted to closed-mode with the excavated soil being conditioned to produce a plastic and homogeneous earth slurry.



6 Einsatzbereich gemäß Planfeststellung (Spritzbetonbauweise)

Application area according to planning decision (shotcrete method)



Quelle/credit (2): DB Netz AG

7 Aktueller Einsatzbereich der TVM

Current application area of theTBM

sind die bereits in Spritzbetonbauweise erstellten Abschnitte der Oströhre vom Zwischenangriff Umpfental in Richtung Aichelberg mit 731 m Länge und in Richtung Portal Buch mit 48 m Länge sowie die noch zu erstellenden, verkarsteten Übergangsbereiche am Ende des Boßlertunnels auf einer Länge von jeweils rund 400 m in Richtung des Portals Aichelberg.

Besonderer Planungsintensität bedarf der zuvor genannte, bereits mittels Spritzbeton aufgefahrene Bereich in Richtung Portal Aichelberg. Das ursprüngliche Konzept sah hier einen Durchzug der TVM und die Wiederanfahrt im ZA Umpfental vor. Aktuell soll diese ca. 785 m lange Durchzugstrecke jedoch mittels TVM im Vortriebsmodus bewältigt werden, nach vorheriger Verfüllung mit Ersatzboden.

Den statischen Herausforderungen der druckhaften Gebirgsverhältnisse wird mit dem Einsatz unterschiedlich starker Bauwerksringe begegnet. Auf einer Gesamtstrecke von zusammengerechnet 14,2 km, dem überwiegenden Teil des Boßlertunnels, kommen 45 cm starke Tübbings zum Einsatz. Im Bereich zwischen km 42,1 und km 43,8, also auf einer Vortriebslänge von 1700 m je Röhre, werden Tübbingringe mit einer Stärke von 65 cm eingebaut.

Tunnelvortriebsmaschine für den Boßlertunnel

Die eingesetzte Herrenknecht-TVM ist gemäß DAUB-Klassifizierung eine Schildmaschine mit erddruckgestützter Ortsbrust

The shield diameter of the TBM is 11.34 m (bored diameter 11.39 m) with a shield length of 10.95 m. The total length of the tunnelling equipment including machine backup is about 110 m, with a total weight of about 2500 t. The selected segment system has a ring divided 6+1. The internal diameter is 10.04 m for installation of 45 cm segments and 9.64 m when the thicker 65 cm segments are installed. The ring joint coupling is ensured by a cam and socket system.

The cutting wheel is fitted with 56 single discs, four double discs and 196 scrapers. Six wear sensors are integrated into the steelwork and the installed power is 4500 kW.

Modifications for Boring in squeezing Rock Mass

Mechanised tunnelling in a squeezing rock mass can result in various problems, which can only be overcome at great cost in time and money. These include in particular trapping of the shield and damage to the lining.

For the Boßler Tunnel, the machine diameter and the segment lining were planned with an internal diameter in excess of the required minimum dimensions. This permitted the structurally required strengthening of the segment lining in areas with squeezing ground conditions and thus the extension of the original TBM excavation distance past km 42.1.

A higher maximum thrust force of 185 MN was also assumed, which can overcome the possibly increased sliding and adhesion friction values resulting from contact with the rock mass. It is possible to

(EPB-Schild, SM-V5), die in unterschiedlichen Vortriebsmodi betrieben werden kann **(Bild 8)**. Hierzu zählt der „open-mode", bei dem unter atmosphärischen Bedingungen der Boden an der Ortsbrust abgebaut und über die Förderschnecke und das sich anschließende Förderband abtransportiert wird. Voraussetzung für diesen Modus sind eine ausreichende Standsicherheit der Ortsbrust und Laibung sowie ein beherrschbarer Wasserandrang. Sofern die Wassermengen zunehmen, kann der Vortrieb innerhalb kürzester Zeit auf den „semi-closed-mode" mit Druckluftbeaufschlagung der Abbaukammer umgestellt werden. Sollten instabile Baugrundverhältnisse angetroffen werden, die eine aktive Stützung der Ortsbrust erfordern, folgt die Umstellung auf den „closed-mode", bei dem der abgebaute Boden derart konditioniert wird, dass ein plastischer und homogener Erdbrei zur Stützdruckübertragung entsteht.

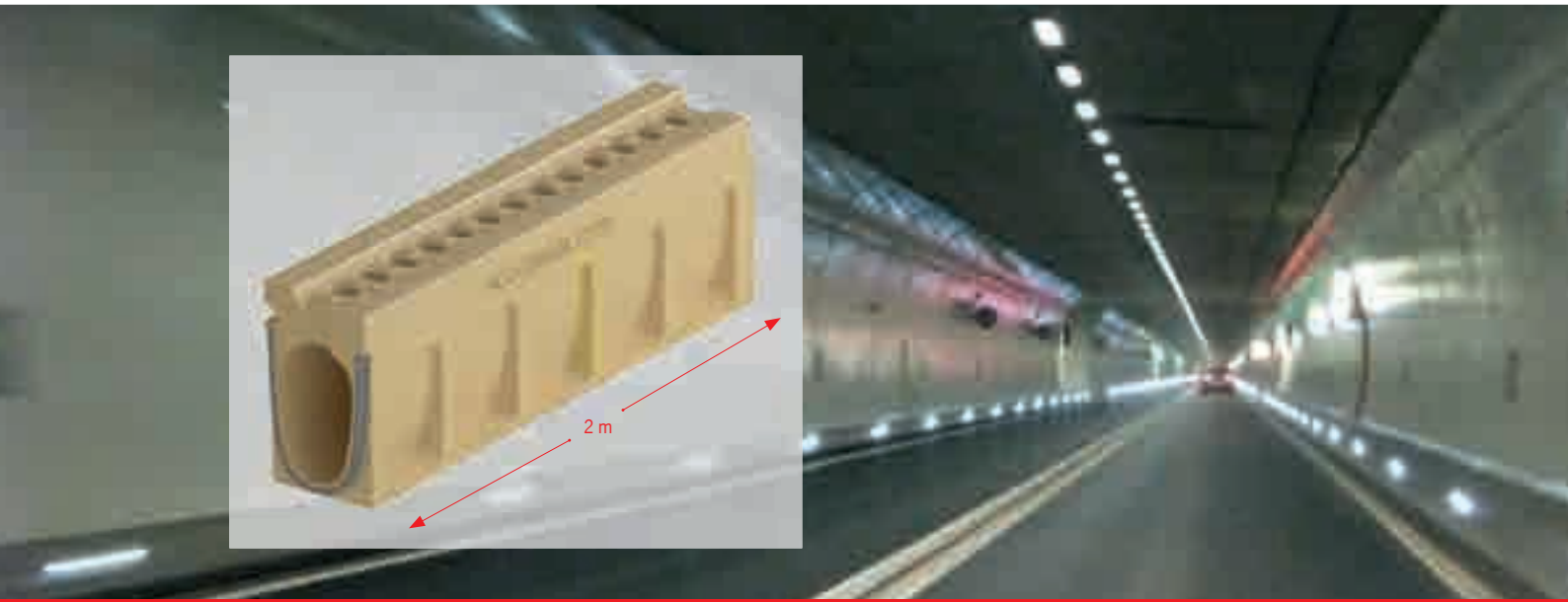
Der Schilddurchmesser der TVM beträgt 11,34 m (Bohrdurchmesser 11,39 m) bei einer Schildlänge von 10,95 m. Die Gesamtlänge der Vortriebsanlage einschließlich der Maschinennachläufer beträgt rund 110 m, das Gesamtgewicht beläuft sich auf etwa 2500 t. Das gewählte Tübbingsystem weist eine Ringteilung von 6+1 auf. Der Innendurchmesser beträgt 10,04 m bei Einbau

overcut by up to 130 mm by tilting the cutting wheel, installing larger disc cutters and shifting. The metal thickness of the shield tail was also increased from the usual 70–80 mm to 90 mm.

Annular Gap Grouting

The annular gap of almost 23 cm between the outside of the segments and the rock mass, which is intentionally produced with the advance of the TBM, is grouted with a two-component material in the Boßler Tunnel. This two-part material consists of the so-called A component – a mix of water, bentonite, cement and stabiliser – and an accelerator, the B component. The A component is mixed in silos on the site facilities area and then pumped by a transfer pump through a pipework system to the TBM and there, similarly to a conventional grouting system, into a mortar skip. The B component is a ready product and is transported in stock containers on the tunnel railway to the TBM. The batching of the A and B components takes place in the mixing nozzle at the end of the shield tail.

In addition to regular testing of the rheological properties of the A components (temperature, density, viscosity), and testing of the annular gap material (gelling time, compression strength), the strength of the material placed in the annular gap is also checked. For this



langlebig, wertschöpfend und sicher

STUVA

STUVA-Tagung 2015
1.–3.12.2015
Westfalenhallen Dortmund
Besuchen Sie uns auf unserem
Messestand Nr. C 124.

Die neue ACO DRAIN® Monoblock T 275 V Bordschlitzrinne in 2 m Baulänge

Die Bordschlitzrinne T 275 V steht für eine effektive Entwässerungsleistung und maximale Sicherheit gemäß der europäischen Tunnelrichtlinie 2004/54/EG und den deutschen Richtlinien und Vorschriften RABT und ZTV-ING. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.aco-tiefbau.de im Bereich Lösungen/Tunnel.

ACO. Die Zukunft der Entwässerung.

ACO

ACO Tiefbau Vertrieb GmbH, Am Ahlmannkai, 24782 Büdelsdorf, **www.aco-tiefbau.de**

Quelle/credit: DB Netz AG

8 Tunnelvortriebsmaschine im Herstellerwerk
The tunnel boring machine at the manufacturer's shop

der 45er-Tübbings und 9,64 m bei Einbau der stärkeren 65er-Tübbings. Die Ringfugenkopplung wird durch das Topf-Nocke-System sichergestellt.

Das Schneidrad ist mit 56 Einfachdisken, vier Doppeldisken sowie 196 Schälmessern bestückt. Im Stahlbau sind sechs Verschleißerkennungssensoren integriert, und als Antriebsleistung sind 4500 kW installiert.

Modifikationen für den Vortrieb in druckhaftem Gebirge

Für einen Maschinenvortrieb in druckhaftem Gebirge können sich diverse Schwierigkeiten ergeben, die nur mit hohem Zeit- und Kostenaufwand bewältigt werden können. Dazu zählen insbesondere das Verklemmen des Schildes und die Beschädigung des Ausbaus. Beim Boßlertunnel wurden dahingehend der Maschinendurchmesser und der Tübbingausbau bereits in der Konzeption mit einem Innendurchmesser geplant, der die erforderlichen Mindestabmessungen überschreitet. Auf diese Weise ließ sich für eine Verlängerung des ursprünglich beauftragten TVM-Vortriebs über km 42,1 hinaus die statisch erforderliche Verstärkung des Tübbingausbaus im Bereich druckhafter Gebirgsverhältnisse ermöglichen.

purpose, a penetrometer is used in the grouting openings in the segments after drilling out 10 cm of segment concrete to measure values in Newtons at the penetration needle. The values are then used to determine E moduli from a calibration curve. The specified values of the E modulus are 52 MPa after 8 hours and 99 MPa after 24 hours. The measured results lay in this range or higher.

Experience so far with the use of two-part material is predominantly good. In particular the positive effect on the floating tendency of the new tube in the fresh grout matrix is considerable: until now, an average floating value of 9 mm has been determined, so no damage has been caused in the form of spalling to the cam and socket connection and/or to the air side of the ring joints. Conventional annular gap grout is used, floating values ban be considerably higher at 20–25 mm and result in the described damage.

Currently large- and small-scale tests are being undertaken by various institutes on the durability of the annular gap material.

Analysis of Process Data from the mechanised Drive

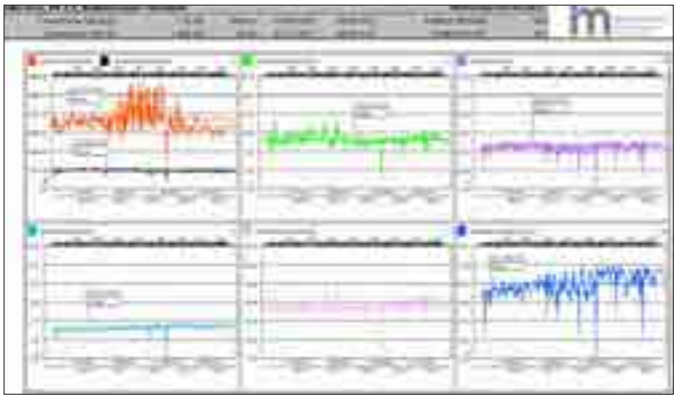
Due to the challenging geology and the constraints for construction operations, the client specified a process control system to record and analyse data from the TBM. The primary aim of the system is

TUNNELLING AND MINING EQUIPMENT

ITC SA

ITC SA 122 rue de la Fusion CH-1920 Martigny Tf. +41 277 222 191 info@itcsa.com www.itcsa.com

Ebenfalls wurde eine hohe, maximale Vorschubkraft von 185 MN berücksichtigt, die die möglicherweise erhöhten Gleit- und Haftreibungswerte infolge sich anlegenden Gebirges bewältigen kann. Der Überschnitt über Schildschneide ist bis 130 mm durch Verkippen des Schneidrads, den Einbau größerer Rollenmeißel und Shiften möglich. Die Blechstärken des Schildschwanzes wurden von den üblichen 70 bis 80 mm auf 90 mm erhöht.



Quelle/credit: IMM

9 Visualisierung der TVM-Prozessdaten (u. a. Drehmoment und Anpresskraft des Schneidrads) im Rahmen der Beweissicherungsanalyse der TVM

Display of process data (incl. torque and thrust force of the cutting wheel) for the analysis of recorded data from the TBM

Ringspaltverpressung

Der mit Vorschub der TVM planmäßig entstehende, knapp 23 cm dicke Ringspalt zwischen Tübbingaußenseite und Gebirge wird beim Boßlertunnel mit einem Zweikomponentenmaterial verpresst. Dieses 2K-Material besteht aus der sogenannten A-Komponente – ein Gemisch aus Wasser, Bentonit, Zement und Stabilisator – und aus einem Beschleuniger, der B-Komponente. Die Mischung der A-Komponente erfolgt in Silos auf der Baustelleneinrichtungsfläche; sie wird anschließend mit einer Transferpumpe über ein Rohrleitungssystem zur TVM und dort, ähnlich den konventionellen Verpresssystemen, in einen Mörtelkübel gefördert. Die B-Komponente ist ein Fertigprodukt und wird in Vorratsbehältern mit der Lorenbahn auf die TVM transportiert. Die Vermengung der A- und B-Komponente erfolgt in der Mischdüse am Ende des Schildschwanzes.

Neben der regelmäßigen Prüfung der rheologischen Eigenschaften der A-Komponente (Temperatur, Dichte, Viskosität) und der Prüfungen am Ringspaltmaterial (Gelzeit, Druckfestigkeit) erfolgen auch Kontrollen der Festigkeit des eingebauten Ringspaltmaterials. Dazu werden mittels Penetrometer innerhalb der Verpressstutzen der Tübbingsegmente nach Aufbohren von 10 cm Tübbingbeton Messwerte in Newton an der Penetrationsnadel erfasst. Mit diesen Werten lassen sich im zweiten Schritt über eine Kalibrierkurve E-Moduln ermitteln. Die Vorgabewerte für die E-Moduln liegen bei 52 MPa nach 8 Stunden und 99 MPa nach 24 Stunden. Die Messergebnisse lagen in diesem Wertebereich oder darüber.

Die bisherigen Erfahrungen während des Einsatzes des 2K-Materials sind überwiegend gut. Insbesondere der positive Einfluss auf die Aufschwimmtendenz der neuen Röhre in der frischen Verpressmatrix ist groß: Bis dato konnten durchschnittliche Aufschwimmwerte von 9 mm festgestellt werden, so dass sich keine Beschädigungen in Form von Abplatzungen an Topf-Nocke und/oder im luftseitigen Ringfugenbereich eingestellt haben. Beim Einsatz konventioneller Ringspaltmörtel können die Aufschwimmwerte mit 20–25 mm deutlich höher liegen und derartige Beschädigungen zur Folge haben.

real time analysis of the machine data with regard to the interaction between ground, structure and tunnel boring machine. To prevent interruptions the early detection of critical states during tunnelling such as face instabilities, wear and clogging effects or damage to the lining is essential. Thus suitable countermeasures can be introduced to reduce damaging effects on safety, quality, time and costs to a minimum and achieve an optimisation of the drive.

The installation of a process control system **(Fig. 9)** should also fulfil the need for complete and permanent documentation of the tunnelling process. This complete data, correlated to time and location, can be used as part of subsequent analyses to answer performance-related questions about stoppage times, obstructions to tunnelling, machine crews etc. In addition, the quality of the tunnel drive can be evaluated and damage incidents can be analysed. The process control system was installed and activated before the start of boring the Boßler Tunnel. The data sets recorded at ten-second intervals by the stored program control system (SPC) of the TBM are transmitted cyclically at an interval of 30 seconds to an IMM FTP server and saved.

This data is supplemented with information about navigation, surveying and about ring building. The recorded data can be continuously analysed through visualisation and analysis functions in browser and client systems. A mobile application in the form of an app enables access to the tunnelling data on any device such as a smartphone or tablet **(Fig. 10)**. The momentary values of the process data and also a graphical display of their variation with time are available.

The data recording and monitoring of the mechanised tunnel drive includes numerous individual parameters such as machine, process, control and surveying data. These are supplemented by analog data from tunnelling, shift and ring installation protocols as well as the findings of meetings. In the course of assessment and analysis, structural, mechanical and process documentation of the TBM and the segment lining can be included.

With regard to the relevance for safe tunnelling and high-quality segment lining, data about face support, tunnelling parameters such as cutting wheel torque **(Fig. 11)**, advance rate, thrust force and concerning annular gap filling and soil conditioning are particularly taken into account. The selection and extent of the parameters can however be handled flexibly and may be changed at any time as a reaction to events during tunnelling.

In the course of the real-time analysis, changes of the individual parameters over time are analysed. Correlations can then be derived and used to perform plausibility checks, making it possible to identify

Aktuell werden groß- und kleinformatige Versuche zur Dauerhaftigkeit des Ringspaltmaterials von verschiedenen Institutionen durchgeführt.

Prozessdatenanalyse des Maschinenvortriebs

Aufgrund der anspruchsvollen geologischen sowie baubetrieblichen Randbedingungen hat der Bauherr für die gesamte Schildfahrt eine Beweissicherungsanalyse für den Einsatz der TVM in Form eines Process-Controllings beauftragt. Die primäre Zielsetzung ist die Echtzeitanalyse der Maschinendaten mit Blick auf die Interaktion zwischen Baugrund, Bauwerk und TVM. Um Störfälle zu verhindern sollen hierbei kritische Vortriebszustände wie Ortsbrustinstabilitäten, Verschleiß- und Verklebungseffekte oder Beschädigungen des Ausbaus frühzeitig erkannt werden. Dann lassen sich mit geeigneten Gegensteuermaßnahmen schädliche Auswirkungen auf Sicherheit, Qualität, Zeit und Kosten auf ein Minimum reduzieren, und die Schildfahrt kann optimiert werden. Mit der Installation eines Process-Controllings **(Bild 9)** sollen darüber hinaus die Belange einer vollständigen und dauerhaften Dokumentation des Vortriebsprozesses erfüllt werden. Auf Basis der damit vorliegenden lückenlosen, zeitlich und örtlich korrelierten Daten können im Rahmen nachgeschalteter Analysen leistungsorientierte Fragestellungen zu Ausfallzeiten, Vortriebsunusual deviations and noteworthy features in the process data. Aggregations and average values are used to derive tendencies and outliers, taking into account the various tunnelling states (advance, ring build, still stand, interruption).

The results of the real-time analyses – that is the engineering interpretation of the machine data including comparison with the structural and operational design values – are documented in the form of commented daily reports supplemented with the relevant curves for the parameters. In addition, weekly summaries of the performance parameters of the TBM drive are available as well as summarised monthly reports. Conspicuous or implausible process data, regarding excavated quantities and grouting quantity balances or exceeding of the design values for thrust pressure etc. are made known both visually and automatically through preset warning and alarm values. This is followed by a detailed analysis and the composition of statements by experts about the causes and a display of recommendations for further proceeding. The results are then presented and discussed at site meetings.

State of Project Implementation

Tunnelling work has been officially underway in the east bore since 14 April 2015, starting at the Aichelberg portal. The advance for structural ring No. 3 broke through the breakout wall at the end of the 13.31 m

Quelle/credit: IMM

10 Mobile Anwendung zur Visualisierung der TVM-Prozessdaten

Mobile application to display TBM process data

erschwernissen, Vortriebsmannschaften etc. beantwortet werden. Zudem können auf dieser Grundlage Bewertungen der Qualität des Vortriebs angestellt und Schadensereignisse analysiert werden. Das Process-Controlling wurde im Vorfeld des Vortriebsstarts am Boßlertunnel installiert und aktiviert. Die im Zehn-Sekunden-Rhythmus erfassten Datensätze der Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) der TVM werden turnusmäßig im Abstand von 30 Sekunden auf einen IMM-FTP-Server übertragen und gespeichert. Diese Daten werden durch Informationen zu Navigation und Vermessung und zum Ringbau ergänzt. Über datenbankbasierte und sowohl browser- als auch clientgestützte Visualisierungs- und Analysefunktionen erfolgt die stetige Beweissicherungsanalyse. Eine mobile Anwendung in Form einer App ermöglicht den Zugriff auf die Vortriebsdaten mit beliebigen Endgeräten wie z. B. Smartphone oder Tablet **(Bild 10)**. Dabei steht neben den Momentanwerten der Prozessdaten auch der zeitliche Verlauf relevanter Messwerte grafisch zur Verfügung.

Die Datenaufnahme und -überwachung des Maschinenvortriebs umfasst eine Vielzahl von Einzelparametern, die maschinen-, verfahrens-, steuerungs- und vermessungstechnische Daten beinhalten. Diese werden durch die analogen Informationen aus den Vortriebs-, Schicht- und Ringbauprotokollen sowie den Erkenntnissen aus Besprechungen ergänzt. Im Rahmen der Beurteilung und Analyse wird darüber hinaus auf statisch-konstruktive und maschinen- sowie verfahrenstechnische Dokumente zur TVM und zum Tübbingausbau zurückgegriffen.

Im Hinblick auf die Relevanz für eine sichere Schildfahrt und einen qualitativ hochwertigen Tübbingausbau werden insbesondere die Daten zur Ortsbruststützung, zu Vortriebsparametern wie dem Drehmoment des Schneidrads **(Bild 11)**, der Vortriebsgeschwindigkeit, der Vortriebspressenkräfte etc. sowie zur Ringspaltverfüllung und zur Bodenkonditionierung berücksichtigt. Die Auswahl und der Umfang der Parameter sind jedoch flexibel handhabbar und können jederzeit in Abhängigkeit der Vortriebsereignisse angepasst werden.

long launching tube, and the tunnel entered natural soil. Considering the prevailing geotechnical parameters and the shallow overburden, the launching section was additionally supported with an approximately 22 m long pipe screen above the tunnel crown, which was underpassed in closed mode, i.e with pressurised and filled excavation chamber in order to avoid or immediately overcome any smaller collapses like the angles between pipe screen and segment ring. In order to ensure tunnelling without interruptions, this operation mode was then continued for the next 50 m until an overburden of 1.5 diameters (D) had been reached. Then the mode was changed to semi-closed mode with a compressed air cushion in the excavation chamber to ensure precise control of thrust forces. The average pressure level during the tunnelling cycle was about 0.9 bar.

Due to unforeseen water ingress into the excavation chamber and into the screw conveyor, isolated clogging evetually occurred, which led to extensive cleaning and thus longer interruptions. These difficulties were however not too frequent. So far there have not been any significant effects of groundwater on the tunnelling process

Tunnelling was monitored in the launching situation with an underground and overground surveying plan in the form of two surveying sections each with seven measurement points (east and west bores) as well as an additional six measurement points in the tunnel axis at chainage (TM) 110. As expected, a clear correlation with tunnel progress could be determined for the measurement points on the tunnel axis. The maximum settlement value reached 45 mm at the end of the pipe screen; the overburden at this location was only about 8.5 m, less than 1 D. The recorded settlement values had a strongly reducing tendency to the sides; there was only a narrow transverse settlement trough. With increasing overburden from about 9.5 m, these surface settlements due to tunnelling declined. From chainage TM 100, no more effect of the TBM on the surface could be detected from the surveying results.

The monitoring of the mass balance using two redundant belt weighers installed on the backup regularly showed deviations between the individual measured values in the magnitude of several tenths

Im Rahmen der Echtzeitanalyse werden die zeitlichen Veränderungen der Einzelparameter bewertet. Über die Bildung von Korrelationen lassen sich dann Plausibilitätsbetrachtungen durchführen, anhand derer singuläre Abweichungen und Auffälligkeiten in den Prozessdaten identifizierbar werden. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Vortriebszustände (Vortrieb, Ringbau, Stillstand, Störung) werden Aggregationen und Mittelwerte zur Abbildung von Tendenzen und Ausreißern genutzt.

Die Ergebnisse der Echtzeitanalyse – also die ingenieurtechnische Interpretation der Maschinendaten inklusive Abgleich mit statischen und baubetrieblichen Vorgabewerten – werden in Form von kommentierten und mit den maßgebenden Parameterkurven ergänzten Tagesberichten dokumentiert. Darüber hinaus sind wöchentliche Zusammenstellungen der Leistungskennzahlen zum TVM-Vortrieb sowie zusammenfassende Monatsberichte zum Vortriebsgeschehen verfügbar. Auffällige oder unplausible Prozessdaten, etwa bei der Ausbruchmassen- und Verpressmengenbilanzierung oder Überschreitungen von Soll-Werten für Pressendrücke etc., werden sowohl visuell als auch automatisch über voreingestellte Warn- und Alarmwerte kenntlich gemacht. Dann folgen eine Detailanalyse sowie die darauf basierende Abfassung fachtechnischer Stellungnahmen zu den Ursachen sowie die Darstellung von Empfehlungen für das weitere Vorgehen. Im Rahmen von Baubesprechungen werden die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

Stand der Projektrealisierung

Seit dem 14. April 2015 sind die offiziellen Vortriebsarbeiten für die Oströhre vom Portal Aichelberg aus im Gange. Dabei wurde mit dem Vorschub für den Bauwerksring Nr. 3 die Anschlagwand am Ende der 13,31 m langen Startröhre durchörtert, und es erfolgte die Einfahrt in den gewachsenen Boden. In Anbetracht der vorherrschenden geotechnischen Parameter und der geringen Überlagerung wurde der Startabschnitt mit einem circa 22 m langen Rohrschirm gesichert, dessen Unterfahrung im closed-mode, also druckbeaufschlagt und mit vollgefüllter Abbaukammer erfolgte, so dass auch kleinere Ausbrüche, wie der Zwickel zwischen Rohrschirm und Tübbingring, entweder vermieden oder aber umgehend beherrscht werden konnten. Zur Sicherstellung einer störungsfreien Schildfahrt wurde dieser Vortriebsmodus auf den ersten knapp 50 m bis zu einer Überlagerungshöhe von ca. 1,5 D aufrechterhalten. Danach wurde auf den semi-closed-mode mit Druckluftpolster in der Abbaukammer umgestellt, so dass eine präzise Steuerbarkeit der Pressenkräfte gewährleistet werden konnte. Das Druckniveau während der Vortriebszyklen lag durchschnittlich bei ca. 0,9 bar.

Aufgrund von unplanmäßigen Verfahrenswasserzutritten in die Abbaukammer und in die Förderschnecke sind vereinzelt Verklebungen aufgetreten, die umfangreiche Reinigungsarbeiten und somit längere Unterbrechungsphasen notwendig machten. Grundsätzlich sind diese Erschwernisse jedoch nur untergeordnet aufgetreten. Ein nennenswerter Einfluss von Bergwasser auf den Vortriebsprozess konnte bis dato nicht festgestellt werden.

fermacell® AESTUVER

AESTUVER Tx fire-protection board

Outstanding fire-protection for tunnels

- Complies with all major international fire-protection standards
- Freeze-thaw & water-resistant – the boards can be used in enviroments fully exposed to the elements
- Fire-safety engineering with tailored solutions and convincing customer support

Find more information online:
www.fermacell-aestuver.com

fermacell® is a registered trademark and a company of the XELLA group.

Der Vortrieb wird in der Startsituation durch ein unter- und obertägiges Vermessungskonzept in Form von zwei Messquerschnitten mit je sieben Messpunkten (Ost- und Weströhre) sowie zusätzlich sechs Messpunkten in der Tunnelachse bis Tunnelmeter (TM) 110 überwacht. Erwartungsgemäß konnte für die in der Tunnelachse liegenden Messpunkte eine deutliche Korrelation mit dem Vortrieb festgestellt werden. Die Maximalwerte der Setzungen erreichten 45 mm im Endbereich des Rohrschirms; die Überlagerung betrug an dieser Stelle nur rund 8,5 m, also weniger als 1 D. Die erfassten Setzungswerte hatten eine stark abnehmende Tendenz in seitlicher Richtung; es bildete sich lediglich eine enge Quersetzungsmulde. Mit zunehmender Überlagerung ab etwa 9,5 m nahmen die vortriebsbedingten Setzungen an der Oberfläche ab. Ab TM 100 war ein nennenswerter Einfluss der TVM auf die Oberfläche aus den Vermessungsergebnissen nicht mehr ableitbar.

Quelle/credit: IMM

11 Schneidrad an der Ortsbrust
Cutting wheel at the face

Die Überwachung der Massenbilanzierung über zwei auf dem Nachläufer installierte, redundante Bandwaagen ergab regelmäßig Abweichungen zwischen einzelnen Messwerten in der Größenordnung von mehreren Dezitonnen je Vortriebshub. Hierbei zeigt sich deutlich die große Sensitivität der Systeme gegenüber den Einflüssen der Vortriebsarbeiten, wie Verrollung oder Längsneigung, die im Rahmen der Prozessdatenanalyse berücksichtigt werden müssen. Über eine Tendenzabbildung der Kubaturen und Beobachtung der weiteren Maschinendaten konnte ein signifikanter Mehrausbruch immer ausgeschlossen werden. Durch Systemkalibrierungen konnten zeitweise höhere Übereinstimmungen der Erfassungssysteme ermöglicht werden.
Die Vortriebsleistung wurde nach einer kurzen Einarbeitungsphase von durchschnittlich sechs Ringen pro Arbeitstag (AT) auf neun bis elf Ringe pro AT gesteigert. Als Spitzenleistungen wurden 18 Ringe pro AT bzw. 36,5 m pro AT mehrmals erreicht.
Die bisher eingebauten Bauwerksringe weisen bis dato durchgehend eine gute Einbau- und Oberflächenqualität auf. Die beim Einsatz konventioneller Ringspaltmörtel physikalisch bedingte Aufschwimmtendenz kann beim Boßlertunnel durch den Einsatz

of a tonne during each stroke. This shows clearly the sensitivity of the system to influences during tunnel progress such as rolling or longitudinal inclination, which have to be taken into account in the analysis of process data. The derivation of tendencies in the volumes and observation of further machine data could always be used to rule out significant overcutting. With system calibration, better conformity of the recording system could sometimes be enabled.
Tunnelling progress increased after a short learning curve with an average of six rings per working day to nine to eleven rings each working day. The peak performance was 18 rings/working day, corresponding to an advance rate of 36.5 m/working day.
The lining rings installed until now show consistently good installation and surface quality. The tendency for physical reasons of floating in conventional annular gap mortar has been effectively minimised through the use of two-component ring gap filling. So far, average offsets of 9 mm have been registered, and as a result no damage to the cam and socket system such as shearing of the cam due to displacement has been detected.

der zweikomponentigen Ringspaltverfüllung wirksam minimiert werden. Bisher wurden durchschnittliche Versätze von 9 mm registriert. Demzufolge konnten Beschädigungen infolge Aktivierung des Topf-Nocke-Systems, wie zum Beispiel das Abscheren der Nocke durch Verschiebung, nicht festgestellt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Vortriebsarbeiten am Boßlertunnel wurden im April 2015 gestartet. Bis dato konnten Vortriebsleistungen von bis zu 18 Ringen bzw. rund 36,5 m je 24-Stunden-Arbeitstag erreicht werden. Im Oktober 2015 waren insgesamt 2959 m des Boßlertunnels aufgefahren. Die Bauzeit des Boßlertunnels ist bis 2018 veranschlagt. Bei der Realisierung des Projekts müssen herausfordernde Randbedingungen, wie zum Beispiel der Einsatz eines Zweikomponentenmörtels, der Einbau unterschiedlich starker Tübbingringe, die Durchfahrung einer Durchzugstrecke und druckhafte Gebirgsverhältnisse bewältigt werden.

Summary and Outlook

Tunnelling works at the Boßler Tunnel were started in April 2015. Until now, advance rates of up to 18 rings, or about 36.5 m each 24-hour working day have been achieved. By October 2015, altogether 2959 m of the Boßler Tunnel had been driven. The construction period of the Boßler Tunnel is planned to last until 2018. In order to complete the project, challenging conditions such as the use of a two-part component, installation of different segment thicknesses, driving through a passage section and squeezing rock mass have to be overcome.

Literatur/References

[1] Breidenstein, M; Kielbassa, S. (2013) – „ Ein Überblick der Tunnel der Neubaustrecke Wendlingen-Ulm", tunnel 2/2013

[2] Nagel, F.; Edelhoff, D.; Suding, A.; Machentanz, C. (2015) – „Abwasserkanal Emscher: Online-Überwachung der schildvorgetriebenen Bauabschnitte", Ernst & Sohn Special Kanal- und Rohrbau, März 2015

[3] Handke, D. (2014) – „Anwendung der ganzheitlichen Beobachtungsmethode bei Schildvortrieben als Mittel zur präventiven Streitvermeidung und Konfliktreduzierung bei Störsituationen", Geomechanics and Tunnelling 7 (2014), No. 4

[4] Handke, D.; Matt, R.; Wilfinger, N. (2011) – „Maschinen- und verfahrenstechnische Charakterisierung des Gebirges unter dem Einfluss des Interaktionsverhaltens Maschine-Baugrund", tunnel 6/2011

Der Einfluss des Kargı-Tunnelbaus auf die Crossover-TVM-Entwicklung

Mit einem Vortrieb durch einen Berghang in der Zentraltürkei bei einer Überdeckung von 600 m gilt das Kargı Kızılırmak Wasserkraftprojekt als eines der anspruchsvollsten Projekte, die jemals in der Region fertiggestellt wurden. Der Standort des Projekts befindet sich am Fluss Kızılırmak im Bezirk Beypazarı der türkischen Provinz Ankara.

Turkey's tough Geology: The Genesis of today's Crossover TBMs at Kargı

Driven through a mountainside with 600 m of cover in Central Turkey, the Kargı Kızılırmak Hydroelectric Project is one of the most challenging tunneling projects ever completed in the region. The project is located on the Kızılırmak River, near the Beypazarı district of Ankara province in Turkey.

Desiree Willis, Technische Autorin/Technical Writer
James Clark, Projektleiter Indien/Project Manager India
The Robbins Company, Kent, WA/USA
www.therobbinscompany.com

Quelle/credit (2): Robbins

Einsatzbereit: Die TVM für das Kargı Wasserkraftprojekt vor dem Baustart

Ready for startup: the TBM for the Kargı Hydroelectric project

Die Doppelschild-TVM mit einem Bohrdurchmesser von 9,84 m begann ihre Arbeit 2012 in bergigem Gelände nahe Ankara

The 9,84 m diameter Double Shield TBM was launched in 2012 from a jobsite in mountainous Central Turkey near Ankara

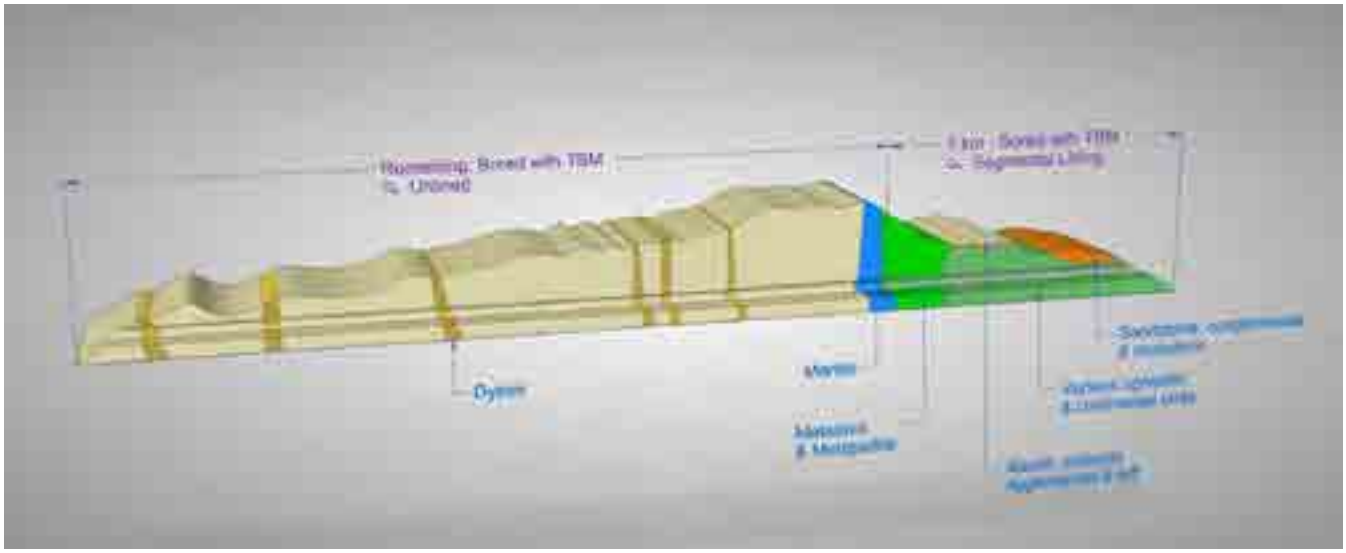
Der Kızılırmak – türkisch für „Roter Fluss" – ist der längste Fluss der Türkei. Teil des Projekts ist ein 13 m hoher und 450 m breiter Erddamm mit einem Hochwasserüberlauf aus Beton am südlichen Ende und einem Wasserzulauf auf der nördlichen Seite. Durch den Damm entsteht ein künstlicher See mit einem Hochwasserpegel von 405 m über dem Meeresspiegel. Ein Druckstollen leitet das Wasser vom Damm zu einem Kraftwerk, das im Osten des Dorfs Maksutlu gelegen ist. Vom Kraftwerk aus fließt das Wasser in den 330 m über dem Meeresspiegel gelegenen Boyabat-Stausee.

The Kızılırmak – Turkish for "Red River" – is the longest river in Turkey. The project includes a 13 m high, 450 m wide earth dam with a concrete spillway in the southern end and a water intake construction on the northern side. The dam creates an artificial lake with a high water head of 405 m above sea level. A 11.8 km headrace tunnel diverts the water from the dam to the powerhouse situated east of the village of Maksutlu. The water from the powerhouse will flow into the Boyabat reservoir at 330 m above sea level. Once online, the project will generate 470 GWh of power annually for project

MULAG Fahrzeugwerk
Heinz Wössner GmbH u. Co. KG
Gewerbestraße 8
77728 Oppenau / Germany

Phone +49 7804 913-0
Fax +49 7804 913-163
E-Mail info@mulag.de
Web www.mulag.de

MULAG



Quelle/credit (2): Robbins

Die ursprünglichen geologischen Gutachten prognostizierten einen weicheren Untergrund für die ersten 2,5 km. Die restlichen 9,3 km sollten in kompetentem Gestein ohne Tübbingausbau hergestellt werden

The original geological report called for softer ground for the first 2,5 km, followed by 9.3 km of unlined tunnel in competent rock

Sobald die Anlage in Betrieb ist, wird sie dem Bauherrn Statkraft jährlich 470 GWh Strom liefern – eine Energiemenge, mit der rund 150 000 Haushalte versorgt werden können.

Bereitstellung der Maschine & Geologie

Der Standort befindet sich im Gebiet der Nordanatolischen Verwerfung, dem hauptsächlichen Auslöser für Erdbeben in der Türkei. Aufgefahren wurde der Tunnel durch einen Berghang bei einer Überdeckung von bis zu 600 m. Die erwartete Zusammensetzung der Geologie entlang der ersten 2300 m der Tunneltrasse beinhaltete Kırazbası-Komplex Kargı-Ophiolithen (darunter Sandstein, Schluffstein und Mergel), gefolgt von 1000 m Kunduz-Metamorphiten (darunter Marmor, Metalava und Metapelite). Die übrigen 8500 m sollten sich aus Beynamaz-Vulkaniten zusammensetzen (darunter Basalt, Agglomerate und Andesite). Erwartet wurde eine Gesteinsfestigkeit von bis zu 140 MPa. Mehrere Stör- und Übergangszonen trugen zur Komplexität der geologischen Beschaffenheit bei.

Die Herstellerfirma Robbins stellte dem türkischen Bauunternehmer Gülermak für den Vortrieb des 11,8 km langen Druckstollens im Jahr 2012 eine Doppelschild-TVM mit einem Bohrdurchmesser von 9,84 m sowie ein Tunnelförderbandsystem zur Verfügung. Die ursprünglichen geologischen Gutachten prognostizierten einen weicheren Untergrund für die ersten 2,5 km, der mit vorgefertigten Betontübbingen ausgebaut werden sollte. Der Rest des Tunnels sollte mit einer Kombination aus Spritzbeton, Felsankern und Baustahlmatten gesichert werden.

Vortrieb & schwierige Geologie

Die Maschine stieß unmittelbar auf eine Geologie, die sich erheblich problematischer darstellte als in den geologischen

owner Statkraft, an amount sufficient to supply approximately 150 000 homes.

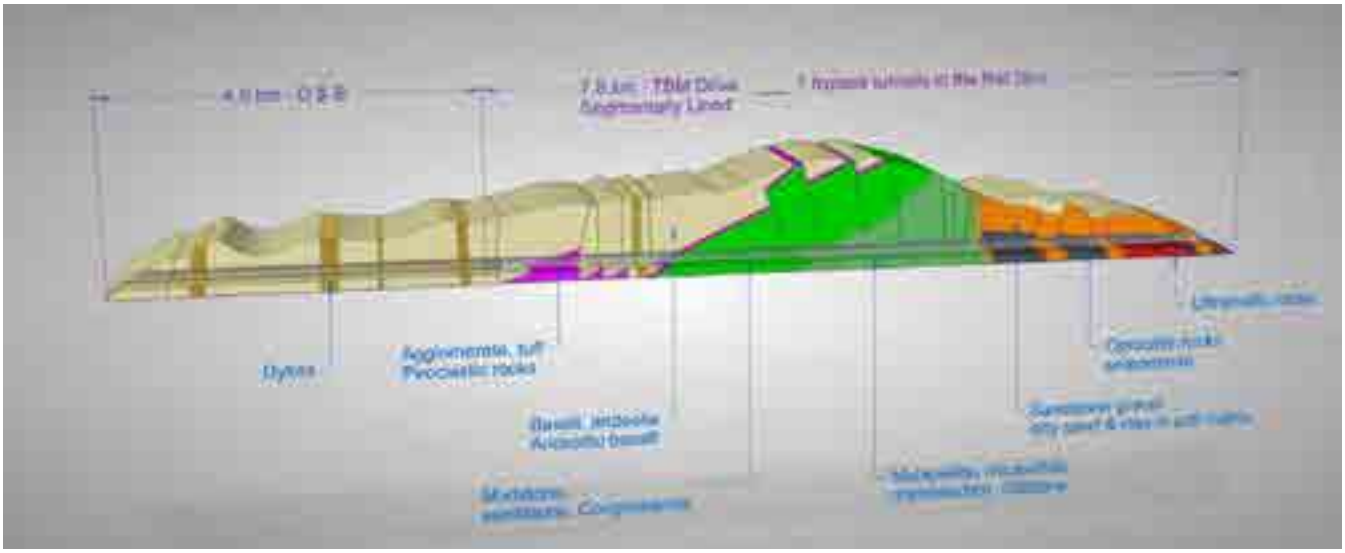
Initial Machine Supply & Geology

The project area is located within the Northern Anatolian Fault System, which is primarily responsible for earthquakes in Turkey. The tunnel was driven through a mountainside with up to 600 m of overburden. The expected geology along the tunnel alignment consisted of Kırazbası complex Kargı ophiolites (including sandstone, siltstone and marl) for the initial 2300 m, followed by 1000 m of Kundaz metamorphites (including marble, metalava and metapelite), and the remaining 8500 m consisted of Beynamaz Volcanites (including basalt, agglomerates and andesite). The anticipated strength of the rock was up to 140 MPa. Multiple fault zones and transition zones added to the complexity of the geological conditions.

The Robbins Company supplied a 9.84 m diameter Double Shield TBM and continuous conveyor system to Turkish contractor Gülermak for excavation of the headrace tunnel in 2012. Initial geological reports predicted softer ground for the first 2.5 km, which would be lined with pre-cast concrete segments. The remainder of the tunnel was to be supported by a combination of shotcrete, rock bolts, and wire mesh.

Excavation & Difficult Geology

The machine almost immediately encountered geology that was substantially more problematic than was described in the geological reports. The geology consisted of blocky rock, sand and clays. "The Kargı TBM was launched into poor geology in early 2012. After boring 80 m the TBM became stuck in a section of collapsed ground that extended more than 10 m above the crown, loaded onto and around the cutterhead," says Glen Maynard, Robbins Site Manager.



Nach der Hälfte der Tunnelbauarbeiten war deutlich geworden, dass die angetroffene Geologie deutliche Abweichungen von den prognostizierten Bodenverhältnissen zeigte. Zahlreiche Störzonen und Einstürze erforderten den Bau von sieben Umgehungsstollen auf den ersten zwei Tunnelkilometern. Die gesamte TVM-Strecke musste mit Tübbingen ausgekleidet werden

By the time the project was 50 % complete, the geology was recognized as vastly different from the initial expectations. Multiple fault zones and collapsing ground resulted in seven bypass tunnels within the first 2 km. The entirety of the TBM-driven tunnel required segmental lining

Gutachten beschrieben. Sie bestand aus blockigem Fels, Sand und Ton. „Die Kargı-TVM wurde Anfang 2012 in schlechter Geologie in Betrieb genommen. Nach einem Vortrieb von 80 m blieb die TVM in einem Abschnitt mit eingestürztem Boden stecken. Dieser Bereich erstreckte sich mehr als 10 m über die Firste hinaus; das Gestein lastete auf dem Schneidrad und füllte seine unmittelbare Umgebung", sagte Glen Maynard, Bauleiter der Firma Robbins. Um zu verhindern, dass das Schneidrad in dem blockigen Material stecken blieb, begannen die Besatzungen mit halben Schneid- und Rückwärtsbewegungen zu bohren.

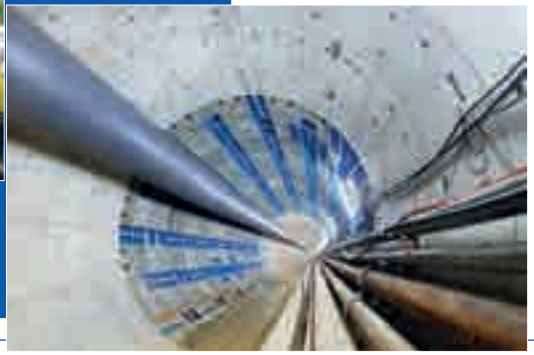
Aber auch mit dieser Maßnahme stieß die Maschine auf Boden mit Lockergestein und einem hohen Tongehalt. Vor dem Schneidrad kam es zum Einsturz, wodurch sich erneut ein Hohlraum von mehr als 10 m über der Tunnelfirste bildete. Das Gewicht des eingestürzten Materials vergrub das Schneidrad. Nach einigen

As a countermeasure that was immediately put into place to avoid the cutterhead becoming stuck in the blocky material, crews began boring half strokes and half resets.

Even with these measures, the machine encountered a section of extremely loose running ground with high clay content. A collapse occurred in front of the cutterhead and the cathedral effect resulted in a cavity forming that extended more than 10 m above the crown of the tunnel. The weight of the collapsed material trapped the cutterhead. After several unsuccessful attempts to clean out and restart the cutterhead, consolidation of the ground above and in front of the machine was carried out. Injection of polyurethane resins via lances inserted through the cutter housings and muck buckets was the method utilized for consolidation operations; however, injection locations were restricted to the available openings and subsequent attempts to restart the cutterhead proved to be unsuccessful.

Injection car, rolling stock Palomino, Dominican Republic

Steel segments, Wehrhahn line, Düsseldorf, Germany



Maschinen and Stahlbau MSD Dresden Branch of Herrenknecht AG

Specialist for tunnelling equipment and handling systems

www.msd-dresden.de | info@msd-dresden.de

erfolglosen Versuchen die TVM zu befreien und erneut in Betrieb zu nehmen, wurde das umgebende Gebirge über und vor der Maschine gesichert. Dafür wurden Polyurethanharze mithilfe von Lanzen injiziert, die durch die Schneidrollen-Gehäuse und Räumer eingeführt wurden. Jedoch waren die Injektionsmöglichkeiten lediglich auf die zugänglichen Öffnungen beschränkt, und auch anschließende Versuche, das Schneidrad erneut in Bewegung zu bringen, blieben erfolglos.

Umgehungsstollen

Nachdem alle vorhandenen Möglichkeiten abgewogen worden waren, wurde beschlossen, dass ein Umgehungsstollen erforderlich sein würde. Der Robbins Field Service stand Gülermak bei der Konstruktion des Stollens und den Arbeitsabläufen zur Seite, die nötig waren, um das Schneidrad zu befreien und den Boden zu stabilisieren. Sprengtechniken kamen nicht in Frage, da weitere Einstürze aufgrund der Erschütterungen zu befürchten waren. Aus diesem Grund wurde der Vortrieb mit von Hand bedienten Luftdruckmeißeln unternommen, und der Bau des Umgehungsstollens konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Zu diesem Zeitpunkt ging man davon aus, dass es sich bei der schlechten Bodenbeschaffenheit in diesem Abschnitt um einen Einzelfall handelte.

Diese Annahme erwies sich jedoch als falsch – auf den ersten 2 km des Tunnelvortriebs waren sechs weitere Umgehungsstollen nötig. Es wurde offensichtlich, dass die Geologie in Wirklichkeit sehr viel

Quelle/credit (2): Robbins

In einem letztlich vergeblichen Versuch, den zerklüfteten Baugrund zu stabilisieren, injizierten die Tunnelbauer Mikrozement in die Ortsbrust

The crew injected micro-cement into the face in an attempt to consolidate running ground

Für die Rohrschirm-Installation durch den vorderen Schild wurde die TVM mit einer speziell angefertigten Bohr- und Positionierungsvorrichtung ausgestattet

A custom-built canopy drill and positioner were added to the machine to allow for pipe tube installation through the forward shield

komplexer war als ursprünglich angenommen. Bauunternehmer und TVM-Hersteller entwickelten und verbesserten nun in enger Zusammenarbeit Techniken für Umgehungsstollen und Handbohrungen. Durch diese Kooperation war schließlich eine durchschnittliche Bauzeit von nur 14 Tagen pro Umgehungsstollen möglich, und alle Stollenwurden sicher und rechtzeitig fertiggestellt. Nichtsdestotrotz verursachten die Ausfallzeiten der Tunnelvortriebsmaschine natürlich erhebliche Verzögerungen. Ungeachtet dieser Rückschläge gelang der TVM der Vortrieb durch zahlreiche Störzonen, die eine Maschine mit geringerer Leistung nicht bewältigt hätte. Tatsächlich maß die Besatzung in manchen dieser Störzonen Hohlraumhöhen von mehr als 30 m über dem Schneidrad.

TVM-Modifikationen

Um den Fortschritt unter den schwierigen Voraussetzungen voranzutreiben, entwickelten Bauunternehmer, Bauherr, Berater und Robbins-Ingenieure gemeinsam Lösungsansätze. Mit Hilfe des Außendienst-Teams stattete der Bauunternehmer die Maschine mit einem speziell angefertigten Bohr- und Positionierungsvorrichtung der Firma Robbins aus, um eine

Bypass Tunnels

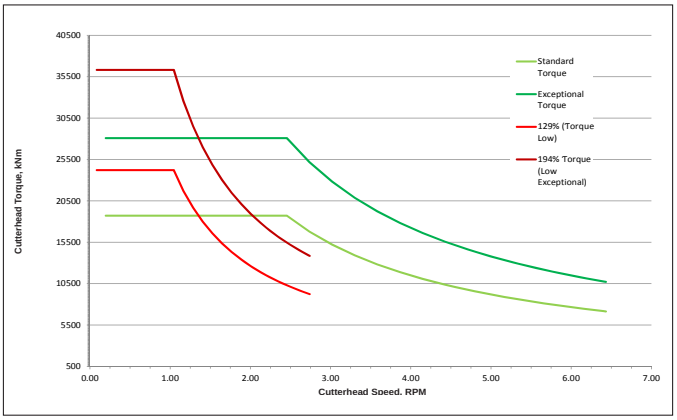
After assessing all the available options it was decided that a bypass tunnel would be required. Robbins Field Service assisted Gülermak with bypass tunnel design and work procedures to free the cutterhead and stabilize the disturbed ground. Blasting techniques were ruled out due to concern over further collapses caused by blast induced vibration; hence, the excavation was undertaken using pneumatic hand-held breakers. Bypass tunneling was successfully completed and at that point the section of bad ground was believed to be an isolated one.

These hopes were proved wrong, however, as six more bypass tunnels were needed within the first 2 km of tunneling. At this point it became apparent that the actual geology was far more complex than originally stated. Both the contractor and manufacturer worked together to develop and improve bypass tunneling and hand tunneling techniques, resulting in an average bypass tunnel construction time of just 14 days. All tunnels were completed safely and in a timely manner, though there were of course significant delays associated with the downtime. Despite the setbacks of these multiple events, the TBM did succeed in crossing numerous faulted sections that would have trapped a machine with less power.

Unterirdische Verkehrsbauwerke wie Straßen-, Eisenbahn- oder U-Bahn-Tunnel unterliegen naturgemäß starken Belastungen. Sie benötigen Schutz gegen eindringendes Wasser und müssen gleichzeitig den Anforderungen unterschiedlicher Betriebsweisen sicher standhalten. Wir bieten für alle Tunnelbauwerke eine weitreichende Produktpalette von geprüften Systemlösungen für eine dauerhafte Abdichtung. **www.sika.de**

BUILDING TRUST

Rohrschirm-Installation durch den vorderen Schild gewährleisten zu können. Stahlrohre mit einem Durchmesser von 90 mm, wurden über eine Distanz von bis zu 10 m tief eingebohrt und boten beim weiteren Vortrieb eine zusätzliche Sicherung der Tunnelfirste über einen Winkelbereichs von 120 bis 140 Grad. Die Injektion von Harzen und Mörtel beugte beim Vortrieb durch weichen Untergrund weiteren Einstürzen der Firste vor. Zusätzliche Erkundungsbohrungen ermöglichten Gülermak in einigen Störzonen die Vermessung und Verfüllung von Hohlräumen, die sich in Höhen von mehr als 30 m über dem Schneidrad ausdehnten. Zusätzlich halfen die Erkundungen, rollige Bodenarten und zerklüftetes Gestein hinter der Ortsbrust aufzuspüren.



Kargı-Schneidradmotor mit Vorgelegen: Das Diagramm zeigt den Standard-Antrieb ebenso wie die Variante mit hohem Drehmoment und niedriger Geschwindigkeit. Nachdem die Vorgelege und die Bohrvorrichtung für den Rohrschirmbau installiert waren, durchörterte die TVM mehrere Abschnitte mit stark konvergierendem Gestein ohne darin steckenzubleiben

Kargı motor and cutterhead 2-speed curve: the graph shows both standard and high torque, low speed gears. After increased torque and canopy drills were installed, the TBM traversed several stretches of severe convergent ground without becoming trapped

Vorgelege für die Schneidradmotoren

Um die Auswirkungen von quellenden Gebirgsböden oder Einstürzen weiter einzudämmen, wurden zur Nachrüstung der Schneidradmotoren speziell gefertigte Vorgelege bestellt.. Diese wurden zwischen dem Antriebsmotor und den primären zweistufigen Planetengetrieben installiert. Während des normalen Betriebs arbeiten die Vorgelege im Verhältnis von 1:1, bieten keine zusätzliche Reduktion und erlauben dem Schneidrad, seine Auslegungsgeschwindigkeit für Hartgestein zu erreichen. Wenn die Maschine jedoch auf Lockergestein oder quellenden Gebirgsboden traf, kamen die Vorgelege zum Einsatz. Während die Schneidradgeschwindigkeit sich dadurch verringerte, erhöhte sich das verfügbare Drehmoment hingegen beinahe auf das Doppelte. Der Effekt dieser Modifikationen lag darin, dass die Doppelschild-TVM in Störzonen und quellenden Gebirgsböden mit hohen Drehmomenten und niedrigen Drehzahlen wie eine EPB-Maschine arbeiten konnte. Diese Vorgehensweise verhinderte, dass die Maschine stecken blieb. Darüber hinaus wurden zwischen den normalen Hilfsvortriebspressen Kurzhub-Vortriebszylinder installiert, um die gesamte Vortriebskraft zu verdoppeln.

Deutliche Fortschritte

Trotz des anfängliche nur langsamen Fortschritts machte die Doppelschild-TVM nach den beschriebenen Anpassungen, die sie im Wesentlichen zu einer Doppelschild-TVM mit Crossover-Eigenschaften machte, bemerkenswerte Vorstöße. Im März 2013 wurde innerhalb eine monatliche Vortriebsgeschwindigkeit von 600 m erreicht. Im Frühjahr 2014 kam man sogar auf einen

In fact, the crew measured cavity heights above the cutterhead in some of these fault zones at over 30 m.

TBM Modifications

In order to improve progress in the difficult conditions, the contractor, owner, consultants and Robbins engineers worked together to generate solutions. The contractor, with the assistance of the field service team, installed a Robbins custom-built canopy drill and positioner to allow pipe tube support installation through the forward shield. Drilled to a distance of up to 10 m ahead of the cutterhead, 90 mm diameter pipe tubes provided extra support across the top 120 to 140 degrees at the tunnel crown. Injection of resins and grout protected against collapse at the crown while excavating through soft ground. As a result of successful use of the probe drilling techniques, Gülermak was able to measure and back-fill cavity heights of more than 30 m above the cutterhead in some fault zones. In addition probe drilling was applied todetect loose soil seams and fractured rock ahead of the face.

Gear Reducers for the Cutterhead Motors

To further mitigate the effects of squeezing ground or collapses, custom-made gear reducers were ordered and retrofitted to the cutterhead motors. They were installed between the drive motor and the primary two-stage planetary gearboxes. During standard boring operations the gear reducers operate at a ratio of 1:1, offering no additional reduction and allowing the cutterhead to reach design speeds for hard rock boring. When the machine encountered loose or squeezing ground the reducers were engaged, which resulted in a reduction in cutterhead speed but the available torque was increased by nearly double. The net effect of the modifications was to allow the Double Shield TBM to operate much like an EPB in fault zones and squeezing ground with high torque and low RPM – these methods effectively kept the machine from getting stuck. In addition, short stroke thrust jacks were installed between the normal auxiliary thrust to double total thrust capabilities.

Significant Progress

Despite the slow progress initially, the Double Shield TBM made some remarkable advances once modifications were in place, which essentially made it a Double Shield TBM with Crossover features. An advance rate of 600 m in one month was achieved in March 2013 and a project best of approximately 723 m was achieved in spring 2014, including a daily best of 39.6 m in April 2014 (see **Table 1** for

Quelle/credit (2): Robbins

Am 5. Juli 2014 erfolgte der Durchbruch der Kargı-Vortriebsmaschine

Final breakthrough of the Kargı machine occurred on July 5, 2014

DATWYLER

NO MATTER WHAT
THE FUTURE HOLDS

MADE IN GERMANY
THE ORIGINAL
SINCE 1969

VISIT US AT STUVA EXPO 2015:
01.-02. December, Dortmund, Germany
HALL 3B

YOUR INNOVATIVE SOLUTION DESIGNER

For demanding and high quality elastomer profiles.

- **Arrowhead Feeder Tunnel –** 43 bar test pressure
- **Alaskan Way Tunnel –** 17 outer diameter
- **Eurotunnel –** total length of 25 km

http://sealing.datwyler.com/

More Informations:
TUNNELING

	Vor Modifikationen Before Modifications	Nach Modifikationen After Modifications	Sprengvortrieb Drill & Blast
Gutes, solides Gestein Good Stable Rock	N/A	22,5 m pro Tag 22.5 m/day	8 m pro Tag 8 m/day
Ausreichend solides Gestein Fairly Stable Rock	9,7 m pro Tag 9.7 m/day	19 m pro Tag 19 m/day	5,5 m pro Tag 5,5 m pro Tag
Nicht selbsttragendes Gestein Non-self-supporting rock	4,7 m pro Tag 4.7 m/day	8,5 m pro Tag 8.5 m/day	1,5 m pro Tag 1.5 m/day
Quellender Boden Running/squeezing ground	1,3 m pro Tag 1.3 m/day	1,8 m pro Tag 1.8 m/day	N/A

Tabelle 1 Durchschnittliche Vortriebsgeschwindigkeiten in verschiedenen Böden

Table 1 Average TBM advance rates in various ground conditions

Höchstwert von etwa 723 m, inklusive einer Tagesbestleistung von 39,6 m im April 2014 (siehe **Tabelle 1** für Vortriebsgeschwindigkeiten). Damit wurde die Geschwindigkeit des Sprengvortrieb am anderen Ende des Tunnels von der TVM deutlich übertroffen. Die Sprengvortriebsmannschaft machte in relativ guten Bodenbeschaffenheiten über eine Strecke von 4 km gute Fortschritte und erreichte Baufortschritte von beinahe 300 m pro Monat. Die TVM fuhr insgesamt 7,8 km des Tunnels auf und schaffte im Juli 2014 den Durchstich.

Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse: TEP II, Mexico City

Die in Kargı gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf die konstruktiven Anpassungen der TVM wurden nicht als Einzellösung betrachtet sondern als Inspiration für die Entwicklung der neuen Reihe von Robbins Dual-Mode-Maschinen, genannt Crossover-TVMs, genutzt.

Beim Túnel Emisor Poniente (TEP II) Projekt in Mexiko Stadt handelt es sich um ein komplexes Abwassersystem, das für den Vortrieb einige schwierige Bodenbeschaffenheiten bereitzuhalten verspricht. Bei der Bohrung des 5,9 km langen Tunnels werden Vulkangesteine wie Tuff, Lava und Brekzien erwartet, auf mindestens 10 % der Abbaustrecke sind Schmirgelsand und Ton zu erwarten. „Kargı war für uns eine großartige Erfahrung und ein Beispiel für eine unerwartete Geologie, die nun einige unserer Entscheidungen im Maschinenbau beeinflusst", erklärt Robbins Projekt-Manager Martino Scialpi.„Wir haben mit einer Doppelschild-TVM Felsgestein abgetragen, aber es hätte mit einer Crossover-Maschine oder sogar einer EPB-Maschine am besten funktioniert. Die tatsächliche Geologie entpuppte sich als schlechtes, verwittertes Gestein. Man konnte es nicht wirklich Festgestein nennen."

EPB/Hartgestein-Crossover-TVM

Daher hat Robbins der ARGE Aldesa/Proacon/Recsa eine Crossover XRE-TVM mit einem Durchmesser von 8,7 m bereitgestellt. Die TVM ist eine Dual Mode EPB/Hartgesteinsmaschine; sie nahm ihre Arbeit im August 2015 eingeführt und macht seitdem gute Fortschritte.

advance rates). In so doing the TBM significantly outperformed a drill and blast heading progressing from the opposite end of the tunnel. Crews at that heading progressed in relatively good ground conditions for 4 km, where they achieved advance rates of nearly 300 m per month. The TBM bored 7.8 km of the tunnel in total, making its final breakthrough in July 2014.

Implementing the Lessons Learned: TEP II, Mexico City

The TBM design changes gleaned from Kargı were not considered to be isolated, and immediately began to influence the design of Robbins' new line of dual-mode type machines, termed Crossover TBMs. Mexico City's Túnel Emisor Poniente (TEP) II project is a complex wastewater conduit that promises some challenging ground conditions during excavation. The 5.9 km long tunnel is expected to include volcanic rock such as tuff, lava, and breccias, giving way to abrasive sand and clay in the last 10% of the tunnel. "Kargı was a great experience for us and an example of unexpected geology that now informs some of our engineering decisions," says Robbins Project Manager Martino Scialpi. "We went through a rock mass with a Double Shield TBM, but it would have worked best using a Crossover machine or even EPB – the actual geology turned out to be very poor and weathered rock, it could not really be called solid rock."

EPB/Rock Dual Mode Machine

Robbins has thus provided an 8.7 m diameter Crossover XRE TBM for the Aldesa/Proacon/Recsa JV. This TBM is a type of EPB/rock dual mode machine; it was launched in August 2015 and has been progressing well.The canopy drill from Kargı was pre-installed on the TBM of the TEP II project, providing another ring for probe drilling close to the cutterhead, or for forepoling if needed. The canopy drill, like at Kargı, can operate in the top 120 degrees of the tunnel, while a second probe drill is located further back on the machine. Two different patterns of holes are thus present, one in the rear shield for probing and one in the forward shield for forepoling.

Extremely high torque/breakout torque is another feature added to the TEP machine after lessons learned at Kargı. "We are expecting soft ground under pressure with a rock section and water in the

Der Kargı-Rohrschirmbohrer wurde für das TEP II-Projekt vorinstalliert und bietet einen weiteren Ring in der Nähe des Schneidrads für Sondierungsbohrungen oder, falls nötig, für den Rohrschirmvortrieb. Der Schirmbohrer kann, wie beim Kargı-Projekt, in den oberen 120 Grad des Tunnels arbeiten, während ein zweiter Sondierungsbohrer weiter hinten an der Maschine angebracht ist. Somit gibt es zwei unterschiedliche Lochmuster: eines im hinteren Schild für die Sondierung und eines im Frontschild für den Rohrschirmvortrieb. Ein extrem hohes Drehmoment/Brechmoment ist eine weitere Eigenschaft, mit der die TEP-Maschine aufgrund der Erkenntnisse aus Kargı ausgestattet wurde. „Wir rechnen mit weichem Boden unter Druck, mit einem Felsabschnitt und Wasser in der Mitte des TEP. Darum haben wir Zwei-Gang-Getriebe, die aktiviert werden können, um ein höheres Drehmoment bei einer geringeren Geschwindigkeit zu erzielen – also so wie bei einer EPB-Maschine", erläutert Scialpi. Zwei-Gang-Getriebe können in schlechten Böden aktiviert werden, um das Schneidrad zu befreien. Wenn das Schneidrad zuvor steckenblieb, konnte es nur durch den Bau eines Umgehungsstollens freigelegt werden – was mit den Modifikationen hoffentlich verhindert werden kann.

middle of the TEP, so we have two-speed gear boxes that can be activated to achieve higher torque at a lower speed, like how an EPB operates," says Scialpi. Two-speed gear boxes can be activated in bad ground so as to free the cutterhead. If the cutterhead became stuck the only way to free it so far was with a bypass tunnel – which can hopefully be avoided with the modifications.

Conclusions & Thoughts on Tunneling in difficult Ground

Prudent pre-planning by all parties involved is a common theme running through most case studies of challenging conditions. Planning includes conducting accurate geological testing and developing a detailed Geotechnical Baseline Report (GBR) in order to create a tunnel design and specify a construction method that can mitigate risks even when difficult ground is expected. In most cases the client or owner takes care of geological investigation but the contractor takes the risk, while equipment suppliers are asked to share risk with the contractor. In difficult ground it is commendable for contractors and TBM suppliers to become highly involved in the geological investigation, for the best interest of all parties involved.

We understand our business

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

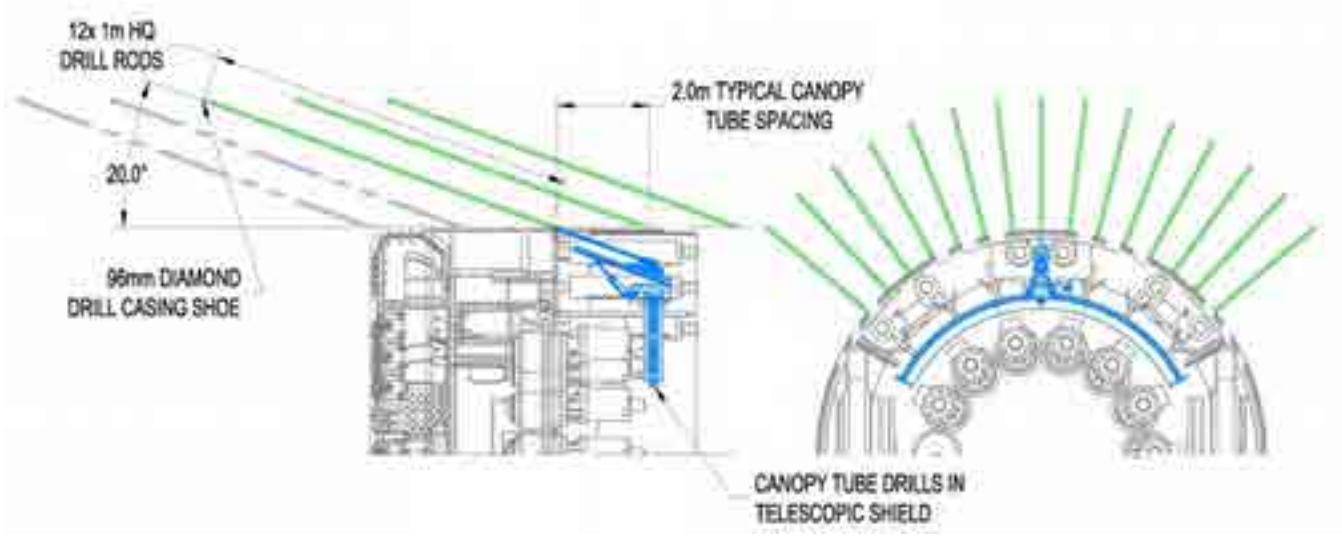
Marti Technik AG produces tailor-made, practical solutions based on its own construction site experience.

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

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

Marti Technik AG Lochackerweg 2 CH-3302 Moosseedorf
Fon +41 31 858 33 88 Fax +41 31 858 33 89 info@martitechnik.com

www.martitechnik.com



Quelle/credit: Robbins

Die Zeichnung zeigt die Anordnung des Rohrschirms der Kargı-TVM; nach einem sehr ähnlichen Prinzip wird der Rohrschirm auch beim TEP-II-Projekt gesetzt

The diagram shows the canopy tube spacing to stabilize ground above the Kargı TBM; the TEP II drill is similar in design and operation

Fazit und Überlegungen zum Tunnelbau in schwierigen Böden

Eine umsichtige Planung bei allen beteiligten Parteien zieht sich wie ein roter Faden durch die meisten Fallstudien zum Thema schwieriger Rahmenbedingungen. Die Planung umfasst die Durchführung präziser geologischer Untersuchungen und die Entwicklung eines detaillierten geotechnischen Baugrundgutachtens, um einen Tunnelentwurf zu erarbeiten und sich auf eine Bauweise festzulegen, die auch dann die Risiken gering hält, wenn mit schwierigen Bodenbeschaffenheiten zu rechnen ist. In den meisten Fällen übernimmt der Kunde oder Bauherr die Aufgabe der geologischen Untersuchungen, doch der Bauunternehmer trägt das Risiko, während sich der Anlagenlieferant das Risiko zusammen mit dem Bauunternehmer teilen soll. Bei anspruchsvollen Bodenverhältnissen ist es daher ratsam, dass Bauunternehmen und TVM-Lieferanten im Interesse aller beteiligten Parteien intensiv bei den geologischen Untersuchungen mitwirken.

Den angemessenen TVM-Typ zu wählen, ist ein weiteres Teil des Puzzles. Hochleistungstunnelbau in Hartgestein, bei dem nur wenig oder keine dauerhafte Gebirgssicherung nötig ist, wird am besten mit einer offenen Gripper-TVM durchgeführt. Bei den meisten Projekten, bei denen der Vortrieb in gutem Baugrund stattfindet, kann man jedoch auf Störzonen oder anderweitig unvorteilhaften Boden treffen. Diese schwierigen Bodenzonen können für Gripper-TVM ein nicht zu unterschätzendes Hindernis darstellen.

Das Problem der richtigen Maschinenwahl kann nur mit einer abgestimmten Herangehensweise gelöst werden: Die Wahl des TVM-Typs sollte durch die Kosten oder eine planmäßige TVM-Lieferung nicht unnötig eingeschränkt werden – Faktoren, die politisch motiviert sein können. Die Wahl der Mittel und Methoden dem Bauunternehmer mit einem sehr knapp bemessenen

Choosing the proper TBM type is another piece to the puzzle: High performance tunneling in hard rock requiring little or no long-term ground support is best performed with open-type, main beam TBMs. In many projects however, where the majority of the formation is in good ground, there may be areas of faulted zones or otherwise poor ground. These challenging ground zones can be a real obstacle for main beam machines.

The problem of selecting the proper machine type is only solved using a balanced approach: The type of TBM selected should not

Was ist eine Crossover-TVM?

Crossover-TVM werden auch Hybrid- oder Dual-Mode-Maschinen genannt und können den Betrieb zwischen verschiedenen geologischen Beschaffenheiten wechseln. Crossover-TVM weisen Eigenschaften von zwei TVM-Typen auf und sind ideal für wechselnde geologische Bedingungen geeignet, für die sonst mehrere Tunnelvortriebsmaschinen verschiedener Typen eingesetzt werden müssten. Die XRE (die kennzeichnende Typenkombination steht für Gestein/EPB) weist Charakteristiken von Einfachschild-Hartgestein-Maschinen und EPBs für effiziente Vortriebe in gemischten Böden mit Gestein auf. Zu den anderen Arten der Crossover-Maschinen gehören die XSE (Hybrid eines Flüssigkeitsschildes und einer EPB-Maschine) und die XRS (Hybrid einer Gesteinsmaschine und eines Flüssigkeitsschildes).

What is a Crossover TBM?

Crossover TBMs are also called hybrid or Dual Mode machines, and are able to "cross over" into distinct types of geology. Crossover TBMs feature aspects of two TBM types, and are ideal for mixed ground conditions that might otherwise require multiple tunneling machines. The XRE (standing for Crossover between Rock/EPB) features characteristics of Single Shield Hard Rock machines and EPBs for efficient excavation in mixed soils with rock. Other types of Crossover machines include the XSE (Crossover between Slurry/EPB) and the XRS (Crossover between Rock/Slurry).

Kostenumfeld komplett zu überlassen kann sich bei besonderen oder technisch hochmodernen Projekten letztlich als problematisch erweisen. Des Weiteren kann auch die Festlegung von Maschineneigenschaften sowie der vorzeitige Erwerb der Maschine durch den Bauherren Nachteile mit sich bringen. Jede beteiligte Partei muss bei komplexen Projekten mit unbekannten Faktoren eine Balance zwischen Vorschriften und Leistungsanforderungen finden.

Selbst wenn geologische Untersuchungen bereits vorliegen und die Maschinenausführung sorgfältig abgewogen und ausgewählt wurde, besteht immer noch das Risiko, auf unvorhersehbare Bodenbeschaffenheiten zu treffen. Mit neuen Entwicklungen wie den Crossover-TVM kann dieses Risiko eingedämmt werden, da der Vortrieb durch unterschiedliche Geologien mit einer einzigen TVM möglich ist. Während sich die Industrie weiterentwickelt, um sich den Herausforderungen gemischter Böden zu stellen und von einer wachsenden Anzahl von Projekten und Fallstudien wie dem Kargı-Projekt lernt, werden die Risiken des Tunnelbaus unter derartigen Bedingungen abnehmen.

be unduly constrained by cost or scheduled TBM delivery; factors that can be politically driven. Fully leaving the choice of means and methods to the contractor in a very tight cost environment may be problematical for unique or state-of-the-art projects, however. Furthermore, specifying machine characteristics, or even the owner pre-purchasing the machine, may also be problematic. Each agency has to find a balance between prescriptive and performance requirements for complex projects with unknowns.

Once geological tests have been conducted and the machine design has been carefully weighed and selected, there is still potential for unknown ground conditions. With new developments such as Crossover TBMs, the risk of varying zones of ground can be mitigated as widely different types of geology can be excavated with one TBM. As the industry evolves to meet the challenges of mixed ground, and becomes more educated through increasing numbers of projects and case studies like that from Kargı, the risks of tunnelling in such conditions will decrease.

Ressourceneffiziente Verwertung von Tunnelausbruchmaterial

Das Bauwesen trägt weltweit mit rund einem Drittel zum Treibhauspotenzial bei, hat einen Anteil von rund 40 % am globalen Energiebedarf und einen Anteil am Abfallaufkommen von über 50 %. Tunnelausbruchmaterial und dessen möglichst hochwertige und vollständige Verwertung stellt in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems durch Steigerung von Effizienz und Effektivität dar. [1]

Sustainable Exploitation of Tunnel Excavation Material

The construction industry accounts for roughly a third of the greenhouse effect, requires about 40 % of the global energy supply and produces a volume of waste exceeding 50 %. Ensuring that tunnel excavation material is utilized as completely as possible in this connection represents an important contribution to forming a future-oriented economic system by increasing efficiency and effectiveness [1].

Univ.-Prof. Dr. Robert Galler, Lehrstuhl für Subsurface Engineering – Geotechnik und Untertagebau/Chair for Subsurface Engineering – Geotechnics and Underground Construction, Montanuniversität Leoben, Österreich/Austria

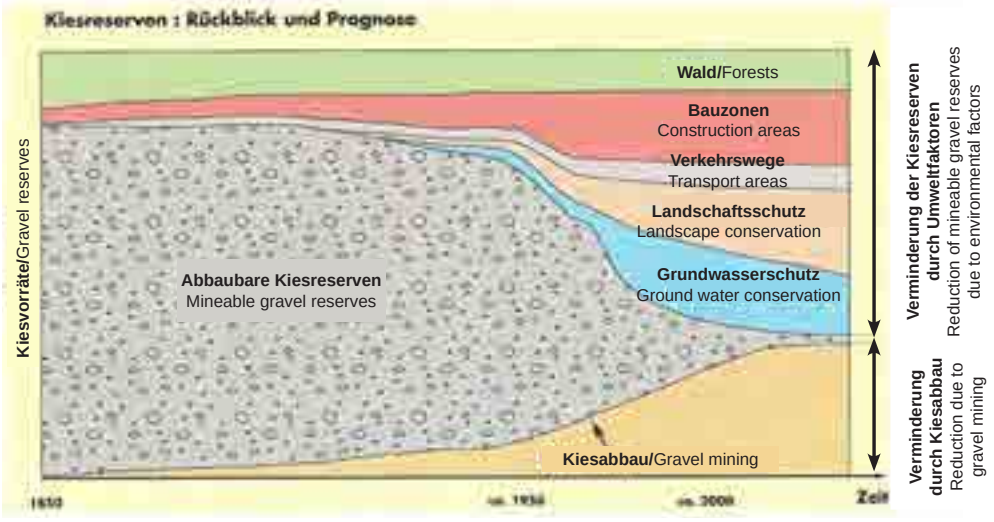
1 Einleitung

Der uneingeschränkte Zugang zu Lagerstätten von Sand, Kies und Industriemineralen wird zukünftig durch vielseitige Oberflächennutzung und restriktivere Umweltauflagen beständig erschwert werden **(Bild 1)**. Das insbesondere bei Tunnelprojekten anfallende Ausbruchmaterial stellt einen erheblichen Abfallstrom dar; demgegenüber siedeln sich im unmittelbaren Nahbereich der Tunnelprojekte oftmals Betriebe an, die mineralische Rohstoffe produzieren. Lithologisch betrachtet stimmen diese Rohstoffe mit dem Ausbruchmaterial des Tunnelvortriebs überein. Dennoch erfahren das Ausbruchmaterial aus dem Tunnelbau und das Produkt aus dem Mineralrohstoffbetrieb eine unterschiedliche Handhabung, was vielfach nicht durch technische Parameter sondern vielmehr durch die unterschiedliche rechtliche Einstufung begründet ist.

Im Gegensatz zur heutigen Praxis muss eine möglichst hochwertige Verwertung des Ausbruchmaterials aus dem Tunnelbau ein künftiges Kernziel zur effizienten Nutzung verfügbarer Ressourcen wer-

1 Introduction

Unimpeded access to deposits of sand, gravel and industrial minerals will become increasingly more difficult in future on account of manifold surface utilization and more restrictive environmental considerations **(Fig. 1)**. The excavated material accruing especially during tunnelling projects represents a considerable flow of waste; at the same time, frequently businesses are established in the direct proximity of tunnel projects that produce mineral raw materials. Seen in lithographic terms these raw materials correspond with



1 Abnahme abbaubarer Kiesreserven (nach Kündig et al., 1997, und Jäckli & Schindler, 1986)

Diminishing recoverable gravel reserves (after Kündig et al., 1997, and Jäckl & Schindler, 1986)

Das DRAGON-Projekt/The DRAGON project

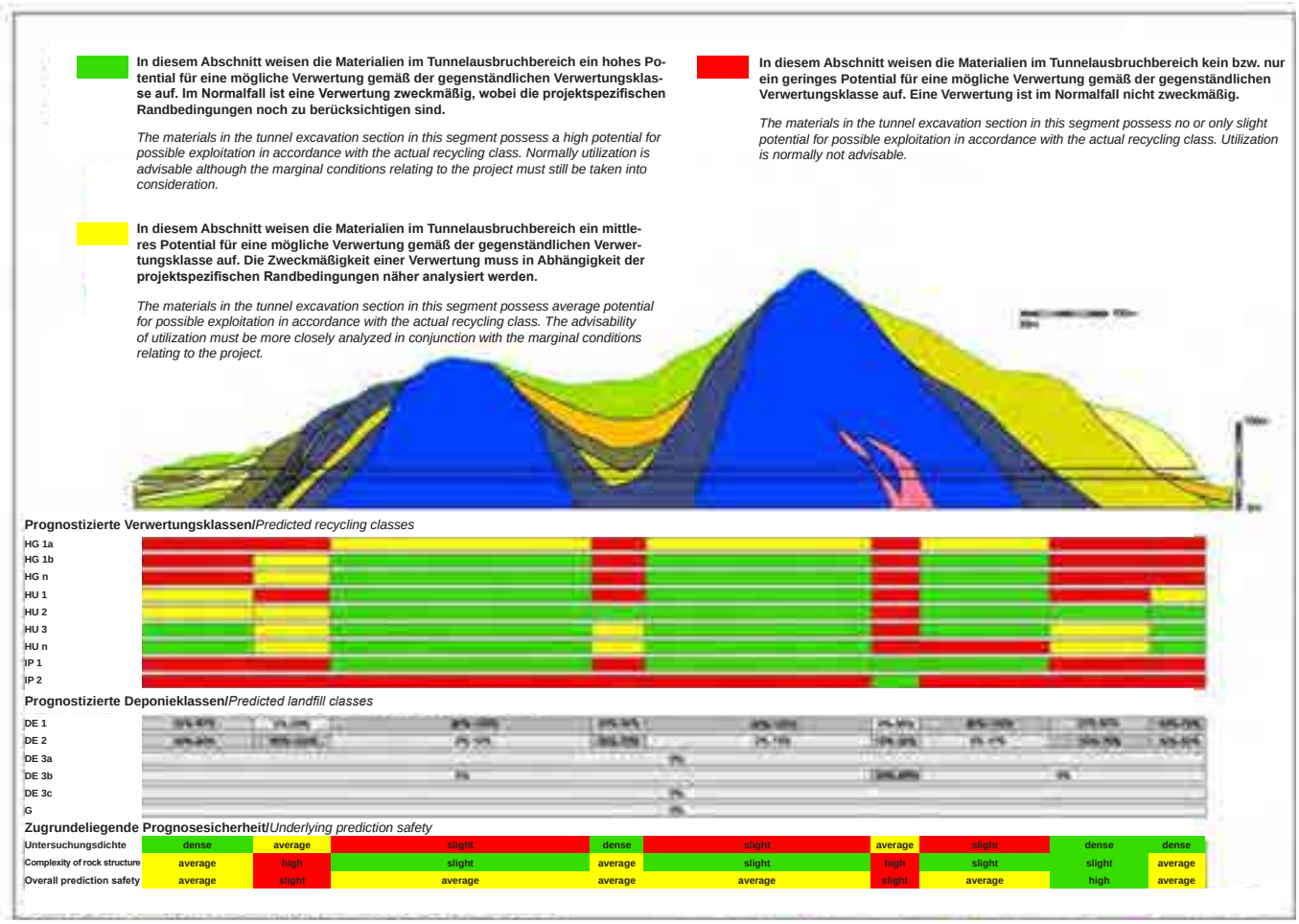
In den nächsten 20 Jahren werden in Europa im Zuge der Erstellung von Tunneln und anderen unterirdischen Bauwerken mehrere hundert Millionen Tonnen Gestein zutage gefördert werden. Heute landet dieser Ausbruch meist auf Deponien. Mit dem DRAGON-Projekt (Development of resource-efficient and advanced underground technologies) sollen diese brachliegenden Ressourcen effizient genutzt werden. Der Weg dazu ist die Umwandlung des Ausbruchmaterials in eine wertvolle Ressource für andere Prozesse und Branchen wie zum Beispiel die Zement-, Stahl-, Keramik- und Glasindustrie.
Das Gemeinschaftsprojekt mit einer Dauer von 36 Monaten (1. Oktober 2012 bis zum 30. September 2015) wurde von der Montanuniversität Leoben (Österreich) koordiniert. Der eingeschlagene Lösungsweg besteht in der Entwicklung eines Prototypen zur automatischen Online-Analyse sowie zur Trennung und zum Recycling des Ausbruchmaterials in Baustellen unter Tage. Charakterisierung: Klassifizierung und Verarbeitung des Ausbruchmaterials sollen komplett unterirdisch erfolgen.
Ein weiteres wichtiges Ziel ist die Ermittlung der Ressourceneffizienz unterschiedlicher Einsatzszenarien in quantifizierbarer Form und die Schaffung einer soliden Entscheidungsgrundlage für die zuständigen Behörden. Dieses Konzept zur Schaffung wertvoller Sekundärressourcen soll laut Schätzungen eine direkte Wertschöpfung von etwa 150 Millionen Euro im Jahr erbringen.

In the coming 20 years Europe's underground construction industry is expected to excavate several hundred million tons of mineral resources from tunnels and other underground constructions. Currently, this excavation material is usually disposed of in landfills. The DRAGON project (Development of resource-efficient and advanced underground technologies) aims at achieving resource efficiency by turning the excavation material into a valuable resource for other processes and sectors such as the cement, steel, ceramic or glass industries.
The collaborative project with a 36 month duration from October 1, 2012 to September 30, 2015 was coordinated by the Montanuniversität Leoben (Austria) and set out to solve this challenge by developing a prototype system for the automated online analysis, separation and recycling of excavated materials in underground construction sites, with the entire chain from characterisation to classification and processing of the excavated material conducted completely underground.
Another important objective is to assess the resource efficiency of different usage scenarios on a quantifiable basis and to provide a sound basis for decision making by authorities. This approach to create valuable secondary mineral resources is estimated to generate a direct annual value of around 150 million euros.

www.dragonproject.eu

den, um die Abfallvermeidung entsprechend zu verbessern, die mit der europäischen Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG 2010 an Gewicht gewonnen hat. Die Verwendung von Ausbruchmaterial für die Betonproduktion vor Ort reduziert zudem An- und Abtransportquote von Materialien – was zu einer Verminderung des CO_2-Ausstoßes, Schonung der Rohstoffreserven und zu einer Reduktion der Deponieflächen führt.
Ökonomisch betrachtet, gilt es nachzuweisen, dass das Ausbruchmaterial dem Bedarf an mineralischen Rohstoffen gerecht wird und eine wirtschaftliche Aufbereitung möglich ist. Um höhere Verwertungsquoten von Ausbruch zu erreichen wird ferner eine digitale Aufbereitung vorhandener Materialdaten und somit die Verfügbarkeit ausgewählter Informationen für einen breiten Interessentenkreis von entscheidender Bedeutung sein. Denn dadurch wird eine Wertschöpfungskette initialisiert, die ein Upcycling ermöglicht und weit über die Baubranche hinausgeht. Zu guter Letzt würde eine gesetzliche Regelung für die vereinfachte Verwertung von Tunnelausbruchmaterial auch Betrieben der Mineralrohstoffindustrie ermöglichen, durch den Tunnelvortrieb zerkleinertes Material zu beziehen, ihre bestehenden Lagerstätten zu schonen und so die Lebensdauer der Betriebe zu verlängern.

the material excavated during the tunnel drive. Nonetheless, the excavated material from tunnelling and the mineral raw material plant are treated in another manner, which in many cases can be accounted for by the legal classification rather than the technical parameters.
Contrary to what is practiced today, high grade utilization of excavated material from tunnelling must become a future core target for the efficient exploitation of available resources, in order to avoid waste as foreseen in the European Waste Framework Directive 2008/98/EC 2010. The use of excavated material for producing concrete on the spot further reduces materials having to transported to and fro – something leading to a decrease in CO_2 emissions, conserving raw material reserves and reducing landfill sites.
Seen economically, it has to be shown that the excavated material complies with the need for mineral raw materials and that it can be prepared in an economic manner. Furthermore, digital preparation of available material data and in turn, availability of selected information for a wide circle of interested parties is of decisive significance for attaining higher utilization quotas. For in this way, a value-added chain will be triggered, enabling upcycling extending far beyond the construction industry. Ultimately legally regulating more straightforward



2 Beispiel eines Längenschnitts mit Verwendungsklassen (Phase A) [2]
Example of a longitudinal section with application classes (Phase A) [2]

2 Untersuchungsphasen: Ziele und Umfang [2]

2.1 Vorstudie

In der Phase der Vorstudien müssen im Hinblick auf die Ressourceneffizienz geologische Karten, der geochemische Atlas, Ergebnisse von Untergrunderkundungen, vorhandene Gutachten im Projektgebiet des Tunnelbauvorhabens sowie Aufschlüsse aus Geländebegehungen gesichtet werden.

2.2 Voruntersuchungen

In dieser Phase wird eine Grobbeurteilung möglicher und zweckmäßiger stofflicher Verwertungen des Gesteins auf der zukünftigen Tunnelstrecke durchgeführt und als Längenschnitt dargestellt. Dabei müssen auch etwaige anthropogene und geogene Belastungen Berücksichtigung finden.

2.3 Hauptuntersuchungen

Grundlage für die Hauptuntersuchung ist das geologische Modell der ausgewählten Tunneltrasse, welches im Zuge der fortschreitenden Tunnelplanung zunehmend konkretisiert wird. In der Regel wird die Hauptuntersuchung in zwei Untersuchungsphasen gegliedert:

utilization of tunnel excavation material would also enable firms in the mineral raw materials industry to obtain material crushed during the tunnel drive, to conserve their reserves and in this way extend the life of their operation.

2 Investigatory Phases, their Aims and Extent [2]

2.1 Preliminary Study

During the preliminary study phase geological maps, the geochemical atlas, results from subsurface investigations, existing reports in the project area of the tunnelling scheme as well as conclusions reached from inspecting the terrain must be appraised.

2.2 Prior Investigations

During this phase a rough assessment of possible and advisable material recycling of the rock and the future tunnel route has to be carried out and presented in the form of a longitudinal section. In this connection, all anthropogenic and geogenic contaminations must be taken into account.

Aus der **Phase A** der Hauptuntersuchung soll ein geologisches Modell inklusive der Angaben zur grundsätzlichen Verwertbarkeit des Ausbruchmaterials hervorgehen. Dabei sollte in die Betrachtungen auch eine mögliche Verwertung außerhalb der Baustelle einbezogen werden. In diesem Zusammenhang muss zudem der Einfluss des geplanten Vortriebsverfahrens abgeschätzt werden. Die Ergebnisse zur Verwertbarkeit werden schließlich in einem Bericht mit grafischen Unterlagen zusammenfassend dargestellt. Hierzu dienen beispielsweise Längenschnitte mit Verwendungsklassen (siehe **Tabelle 1** und **Bild 2**).

In der **Phase B** erfolgt eine Aktualisierung aller für die Ausschreibung relevanten Daten aus dem Blickwinkel der angedachten Verwertungen. Ferner ist eine Fortschreibung und Detaillierung des Längenschnittes der Verwertungs- und Deponieklassen inklusive Massen- und Prozentangaben als Grundlage zur Erstellung der Ausschreibungsunterlagen durchzuführen. Gegebenenfalls sollten die Anforderungen an die Aufbereitungsanlage spezifiziert werden. Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass die geochemischen Eigenschaften des Ausbruchsmaterials durch die Vortriebsarbeiten beeinflusst werden können.

HG1	Gesteinskörnungen für Beton/Rock aggregates for concrete
HG 2	Gesteinskörnungen für Ringspaltmörtel/Rock aggregates for annular gap mortar
HG 3	Gesteinskörnungen für gebundene Tragschichten/Rock aggregates for bound supporting layers
HU 1	Gesteinskörnungen für ungebundene Tragschichten/Rock aggregates for unbound supporting layers
HU 2	Gesteinskörnungen für Schüttmaterialien/Rock aggregates for backfill materials
HU 3	Untergrundverfüllungen/Underground fills
DE 1	Deponierung Bodenaushubdeponie/Landfilling excavated soil landfill
DE 2	Deponierung Inertabfalldeponie/Landfilling inert waste landfill
DE 3a	Deponierung Baurestmassendeponie/Landfilling building waste residue landfill
DE 3b	Deponierung Reststoffdeponie/Landfilling residual material landfill
DE 3c	Deponierung Massenabfalldeponie/Landfilling mass waste landfill
G	Gefährliche Abfälle/Hazardous waste
IP	Tunnelausbruchmaterial für industrielle Produktion/Tunnel excavation material for industrial production
HG Hydraulisch gebundene Gesteinskörnungen/Hydraulically bound rock aggregates HU Hydraulisch ungebundene Gesteinskörnungen/Hydraulically unbound rock aggregates DE Beseitigung, Deponierung/Disposal, landfilling G Gefährliche Abfälle/Hazardous waste IP Industrielle Produktion/Industrial production	

Tabelle 1 Verwendungsklassen von für die Verwendung von Tunnelausbruch laut Richtlinie der österreichischen Bautechnikvereinigung [2]

Table 1 Application classes for using tunnel spoil according to the Austrian Society for Construction Technology Guideline [2]

Stoffeintrag beim Sprengvortrieb [3]

Durch Eluatversuche am Ausbruchmaterial konnte festgestellt werden, dass durch den Sprengvortrieb lösliche Anteile an Nitrat (NO_3^-), Nitrit (NO_2^-), und Ammonium (NH_4^+) in das Ausbruchmaterial eingetragen werden. Dabei ergaben sich typischerweise folgende Messergebnisse:

Nitrat (NO_3^-): 6,0 bis 15,0 g-N/Tonne Ausbruch
Nitrit (NO_2^-): 1,0 bis 2,4 g-N/Tonne Ausbruch
Ammonium (NH_4^+): 0,2 bis 3,3 g-N/Tonne Ausbruch

Stoffeintrag beim maschinellen Vortrieb [3]

Im Maschinenbereich kann es zum Eintrag von Ölen, Fetten und Treibstoffen in das Ausbruchmaterial kommen. Beim maschinellen Vortrieb im Lockergestein kann die Zugabe von Konditionierungsmitteln Veränderungen der Eigenschaften des Ausbruchmaterials bewirken.

Bild 3 zeigt den Vorschlag eines Ablaufdiagramms zur Charakterisierung und Festlegung der Verwendung von Ausbruchmaterial.

2.3 Main Investigations

The basis for the main investigation is provided by the geological model for the selected tunnel route, which becomes increasingly more concrete as planning the tunnel progresses. Generally speaking, the main investigation is split up into two investigatory phases:

Phase A of the main investigation is intended to provide a geological model containing details relating to the excavated material's fundamental exploitability. In the process, possible usability outside the construction site should be taken into consideration as well. Towards this end, the influence of the planned driving method must also be estimated. The usability results are then summarized in a report complete with graphic documentation. Longitudinal sections for example with application classes serve towards this end (see **Table 1** and **Fig. 2**).

Phase B concentrates on updating all data relevant for the tender seen from the point of view of the contemplated recycling purposes. In addition, continuation and itemization of the longitudinal sections for the utilization and landfill classes including details relating to mass and percentage must be carried out as the basis for drawing up the tendering documents. If need be the demands posed on the preparation plant must be specified. In this connection, it must also be considered that the excavated material's geochemical properties can be influenced by the driving activities.

Impact of Contaminants during Drill+Blast [3]

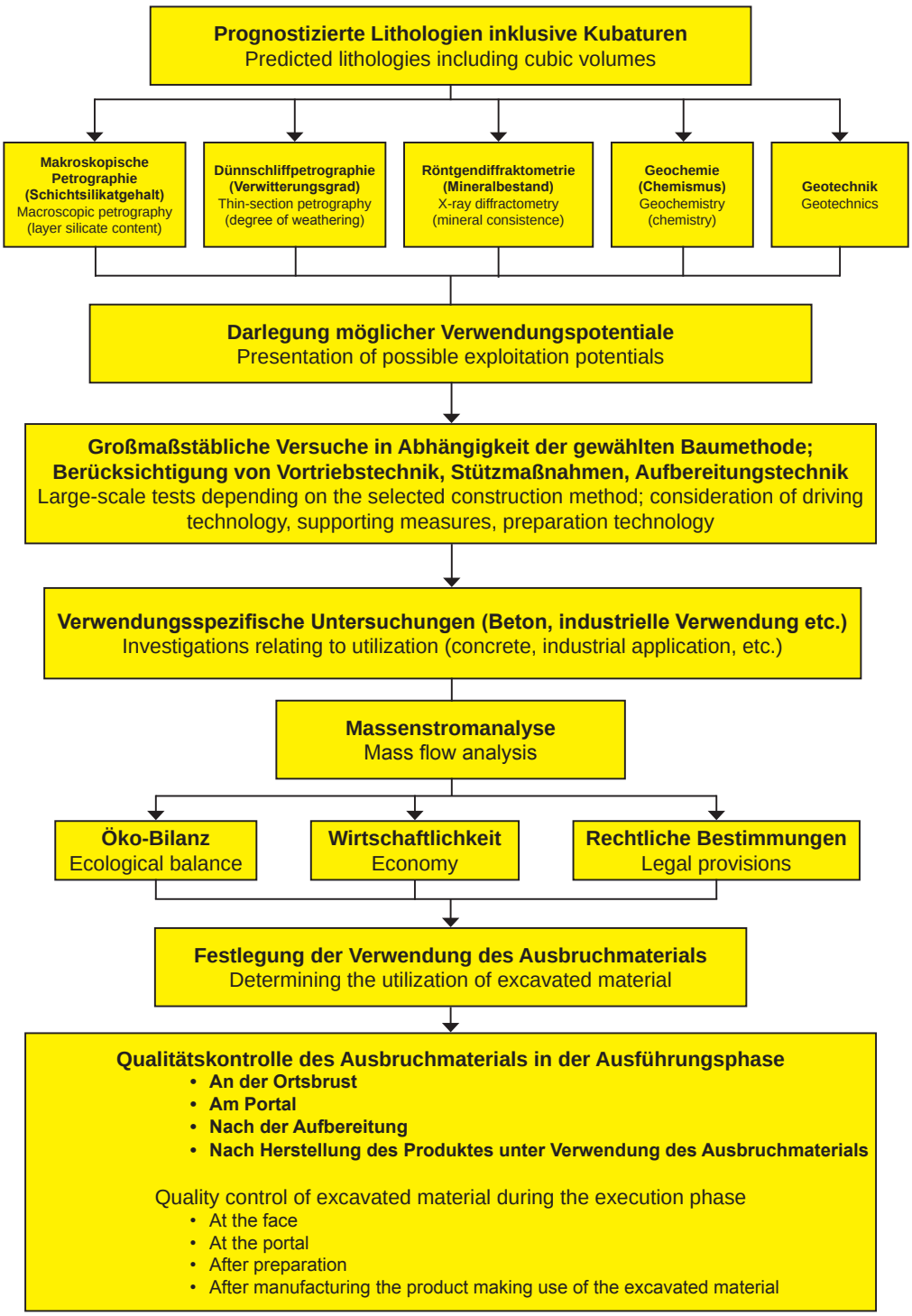
It was determined by undertaking elution tests on excavated material that soluble proportions of nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-) and

3 Verwendungsmöglichkeiten und Anforderungen an Ausbruchmaterial als mineralischer Rohstoff – exemplarisch [2],[3]

Die Verwendung von Tunnelausbruchmaterial **(Bild 4)** ist wesentlich abhängig von den technischen Materialanforderungen der unterschiedlichen Verwendungsszenarien.

3.1 Gesteinskörnungen für Betonproduktion

Karbonatische Lithologien weisen bei entsprechender Qualität wenige Unterschiede in der Verwendung im Vergleich zu gängigen Steinbruchmaterialien auf. Kristalline Lithologien hingegen erfordern wegen des hohen Schichtsilikatgehaltes und der dadurch meist bedingten starken Schieferung entsprechende Konzepte für die Materialaufbereitung und Betontechnik. Laut einem Forschungsvorhaben der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG haben sich Gesteinskörnungen mit nicht quellfähigen Schichtsilikatgehalten bis 35 Massenprozent als geeignet erwiesen; die Massenprozent-Bestimmung wurde dabei unter Zugrundelegung des Formtrenntisches durchgeführt. Abhängig von der Art der vorkommenden Schichtsilikate können auch davon abweichende Grenzwerte versuchstechnisch festgelegt werden. Es wird empfohlen, in der Phase der Hauptuntersuchung Großversuche mit einer Probemenge von ca. 30 t zur Materialaufbereitung durchzuführen.

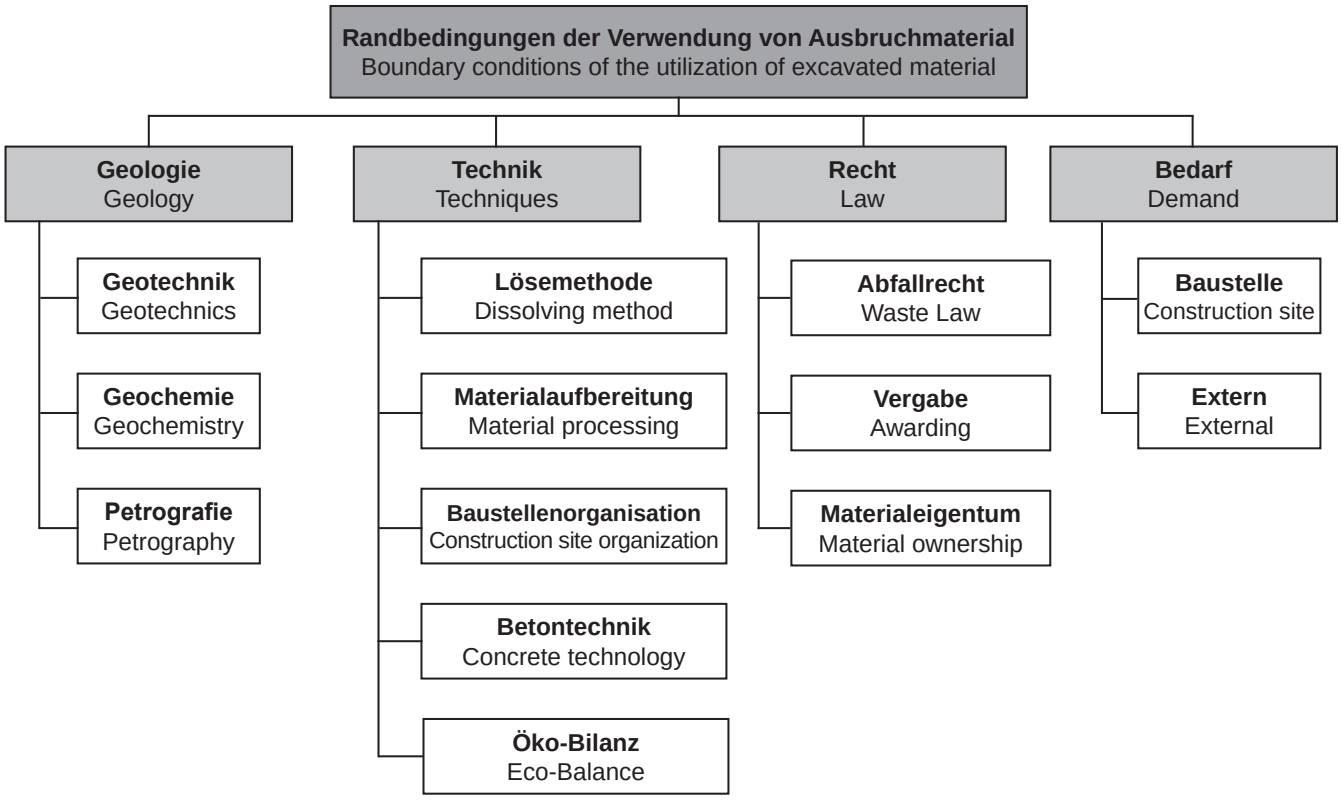


3 Ablaufdiagramm zur Charakterisierung und Festlegung der Verwendung von Ausbruchmaterial [4]
Flow chart to characterize and establish the use of excavated material [4]

3.2 Gesteinskörnungen für hydraulisch gebundene Ringspaltverfüllung

Bei Schildvortrieben wird meist der gesamte Ringspalt mit Zementmörtel verpresst. In Abhängigkeit vom Bauverfahren, der

ammonium (NH_4^+)are transported into the excavated material. The following typical measurement results were obtained in the process:
Nitrate (NO_3^-): 6.0 to 15.0 g-N/tonne of excavated material
Nitrite (NO_2^-): 1.0 to 2.4 g-N/tonne of excavated material
Ammonium (NH_4^+): 0.2 to 33.3 g-N/tonne of excavated material



4 Randbedingungen der Verwendung von Tunnelausbruchmaterial [3]
General conditions for utilizing tunnel excavation material [3]

Logistik und der Pumpweite sowie den Aufgaben, die von der Ringspaltverfüllung übernommen werden sollen, ergeben sich die Anforderungen an das dafür zum Einsatz kommende Tunnelausbruchmaterial.

3.3 Gesteinskörnungen für Tragschichten

Die Verwertung von Ausbruchmaterial als ungebundene Tragschicht stellt Anforderungen an das Gesteinskorn selbst sowie an dessen Verdichtbarkeit. Die Gesteinskörnung muss frostbeständig sein, eine ausreichende Verdichtbarkeit aufweisen, im verdichteten Zustand ebenfalls frostsicher sein sowie der mechanischen Beanspruchung beim Einbau und durch den Verkehr standhalten. Bei Gesteinskörnungen für ungebundene sowie hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau sollten beispielsweise im Vorfeld die Korngrößenverteilung, die Kornform, der Widerstand gegen Zertrümmerung und der Widerstand gegen Frost-Taubeanspruchung untersucht werden. Um eine ausreichende Verdichtbarkeit sicherzustellen, muss die Korngrößenverteilung innerhalb eines vorgegebenen Sieblinienbereichs liegen.

3.4 Gesteinskörnungen für Schüttmaterialien und Untergrundverfüllungen

Tunnelausbruchmaterial, das als Untergrundverfüllung verwertet werden soll, muss auf Basis einer grundlegenden Charakterisierung gemäß den jeweiligen nationalen Deponierungsregeln die

Impact of Contaminants during mechanized Driving [3]

In the machine area, oils, lubricants and fuels can be added to the excavated material. During mechanized driving in soft ground the addition of conditioning agents can cause changes in the excavated material's properties.

Fig. 3 shows a proposal for a sequence diagram for characterizing and establishing the utilization of excavated material.

3 Possibilities for Use and Demands on excavated Material as mineral raw Material – exemplary [2], [3]

Using tunnel excavation material **(Fig. 4)** largely depends on the technical material requirements for the various application scenarios.

3.1 Aggregates for Concrete Production

Carbonic lithologies reveal few differences in application given corresponding quality compared with conventional quarry materials. Crystalline lithologies on the other hand, require appropriate concepts for material preparation and concrete technology on account of their higher layer silicate content and the customary resultant pronounced schistosity. According to an Austrian Research Promotion Agency FFG project non-swelling aggregates with up to 35 per cent by weight have been shown as suitable; in this case, the percentage by weight definition was obtained on the basis of a separating table. Depending on the type of prevailing layer silicates deviating limit values can be determined in tests. It is advisable to

Qualitätsklasse A2 [1] einhalten. Eine Untergrundverfüllung mit Tunnelausbruchmaterial der Qualitätsklasse BA ist nur in Bereichen vergleichbarer geogener Belastungssituationen zulässig. Dafür ist die Abstimmung mit dem für den Einbau verantwortlichen Bauherrn sowie mit der zuständigen örtlichen Abfallbehörde notwendig. Eine direkte Verwertung in und unmittelbar über dem Grundwasser ist ausschließlich mit Material der Qualitätsklasse A2-G zulässig.

3.5 Tunnelausbruchmaterial für industrielle Produktion

Industrieminerale bilden die Grundlage für eine Vielzahl von Wirtschaftszweigen, wie zum Beispiel die Bau- und Werkstoffindustrie, die Bindemittel-, Eisen- und Stahl-, Feuerfest-, Glas- sowie die Gießerei- und Hüttenindustrie. Zu den wichtigsten in Österreich produzierten Industrieminералen zählen Kalkstein, Magnesit, Dolomit, Gips und Anhydrit, Talk und Leukophyllit, Kaolin, Quarzsand und Ölschiefer. Im Sinne der Ressourceneffizienz kann es nicht das Ziel einer Tunnelbaustelle sein, eine auf bestimmte Industrieminerale spezialisierte Aufbereitungsanlage für das Projekt zu erstellen. Eine diesbezügliche Aufbereitung des anfallenden Ausbruchmaterials ist eine Aufgabe für spezialisierte Aufbereitungs- und Industriebetriebe.

3.6 Aufbau von Sekundärlagerstätten und Deponierung

Kann das Tunnelausbruchmaterial nicht verwertet werden, muss es deponiert werden. Dabei sollte auf eine sortenreine Ablagerung zum Aufbau einer Sekundärlagerstätte für die nächste Generation geachtet werden.

4 Webbasierte Datenbank für mineralische Rohstoffe und Tiefbauprojekte [5]

Zur Erzielung höherer Verwertungsquoten müssen ausgewählte Informationen für einen breiten Interessentenkreis zugänglich sein, der über die Baubranche hinausgeht. Ein webbasiertes Datenbanksystem bietet dafür die größtmögliche Reichweite. Angedacht ist, dass jede Interessensgruppe mit Hilfe eines Online-Zugangs zur Datenbank relevante Informationen zu konkreten Projekten erhält. Diese Datenbank soll in der Erkundungsphase vom Auftraggeber gespeist werden und in späteren Projektphasen in Abhängigkeit vom Bauvertrag entweder weiterhin vom Bauherrn oder vom Auftragnehmer auf dem neuesten Stand gehalten werden. Ein Teil der Informationen wird erst während des Bauverlaufs zugänglich, zumal eine geologische Erkundung im Vorfeld die tatsächlichen Verhältnisse im Gebirge niemals vollständig abbilden kann – ganz getreu der jahrhundertealten Weisheit „Vor der Hacke ist es duster".

Die Speisung der Datenbank soll während des Vortriebes automatisch durch den ständigen Informationsfluss von einer Materialanalyseeinheit erfolgen (siehe Kapitel 5), die die Daten hinsichtlich

[1] Erläuterungen am Beispiel der Qualitätsklassen gemäß österreichischer Richtlinie von Tunnelausbruch

execute major tests using a sample amount of approx. 30 t for preparing the material during the main investigation phase.

3.2 Aggregates for hydraulically bound annular Gap Fills

During shield drives usually the entire annular gap is grouted with cement mortar. The demands on the tunnel excavation material used depend on the construction method, the logistics and the pump width as well as the tasks to be adopted by the annular gap fill.

3.3 Aggregates for supporting Layers

Using excavated material as an unbound supporting layer poses demands on the rock grain itself as well as its compactibility. The aggregate must be frost-resistant and possess sufficient compactibility. It must also be frost-resistant in compacted state quite apart from maintaining its mechanical load during installation and under traffic. In the case of aggregates for unbound and hydraulically bound mixtures for engineering and road projects for example, the aggregate distribution, the grain form, resistance against destruction and resistance against frost-thaw cycles should be investigated. The aggregate distribution must lie within a defined grading curve to ensure sufficient compactibility.

3.4 Aggregates for Backfill Materials and Underground Fills

Tunnel excavation material, which is to be used as underground fill, must correspond to quality class A2 [1] on the basis of the given national landfill regulations. An underground fill with tunnel excavation material of quality class BA is only permissible in zones of comparable geogenic load situations. For this purpose it is essential to obtain agreement from the responsible client as well as the competent local waste authority. Direct utilization in or directly above the groundwater is only allowed in the case of quality A2-G material.

3.5 Tunnel Excavation Material for industrial Production

Industrial minerals form the basis for a large number of branches of industry as for example the construction and materials industry, the binder, iron and steel, fireproof, glass as well as the foundry and smelting industry. Among the most important industrial minerals produced in Austria are limestone, magnesite, dolomite, gypsum and anhydrite, talc and leucophyllite, kaolin, quartz sand and oil shale. It cannot possibly be the purpose of a tunnelling site to establish a preparation plant for the project that is specialized to a particular industrial mineral in keeping with the efficiency of resources. Preparing the accrued excavated material in this manner is a task for specialized processing and industrial companies.

3.6 Secondary Storage Facilities and Landfilling

If the tunnel excavation material cannot be used, it has to be dumped. In this connection, care must be taken to provide segregated storage to establish a secondary facility for the next generation.

[1] Explanations based on the quality classes according to the Austrian Guideline on tunnel excavation material

tatsächlicher chemischer, mineralogischer Zusammensetzung, Korngrößenverteilung und Massenstrom aktualisiert.

5 Prototypen zur Echtzeitanalyse von Tunnelausbruchmaterial

Derzeit erfolgt eine Ortsbrustaufnahme und eine grobe Materialklassifikation am stillgesetzten Förderband nach jedem Hub durch einen Geologen. Demgegenüber können anhand moderner Verfahren Echtzeitanalysen erfolgen, wie sie in Teilen der Mineralrohstoffindustrie bereits Stand der Technik sind. Die Herausforderung besteht in der Adaption dieser Technologien an die rauen Umgebungsbedingungen des Tunnelbaus und den Einsatz in unmittelbarer Nähe zur Ortsbrust. In diesem Arbeitsumfeld sind Messgeräte neben Erschütterungen auch Staub und hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Derartige Echtzeitanalysen müssen auch unter Tage zuverlässig einsatzfähig gemacht werden, so dass Ergebnisse in einer Qualität und Geschwindigkeit zur Verfügung stehen, die rasche Entscheidungen über die Verwertbarkeit ermöglichen. Im Zuge des europäischen Forschungsprojektes DRAGON (siehe Kasten auf Seite 47) wurde hierfür ein Prototyp für TBM-Vortriebe entworfen **(Bild 5)**.

Im laufenden Forschungsprojekt konnte in der Folge mehrere Prototypen entwickelt, hergestellt und die Online-Analysetechniken erfolgreich getestet werden. Dazu gehören unter anderem die automatisierte Messung der Korngrößenverteilung und der Kornform, des Wassergehaltes und der chemischen und mineralogischen Analyse, die Verknüpfung der Echtzeitmessergebnisse mit einem Datenbanksystem sowie eine Sortiereinheit, um die Funktionstüchtigkeit der Echtzeitmesstechniken zu überprüfen **(Bild 6 + 7)**. Für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung einer Probe, kann neben der nasschemischen Analyse auch die

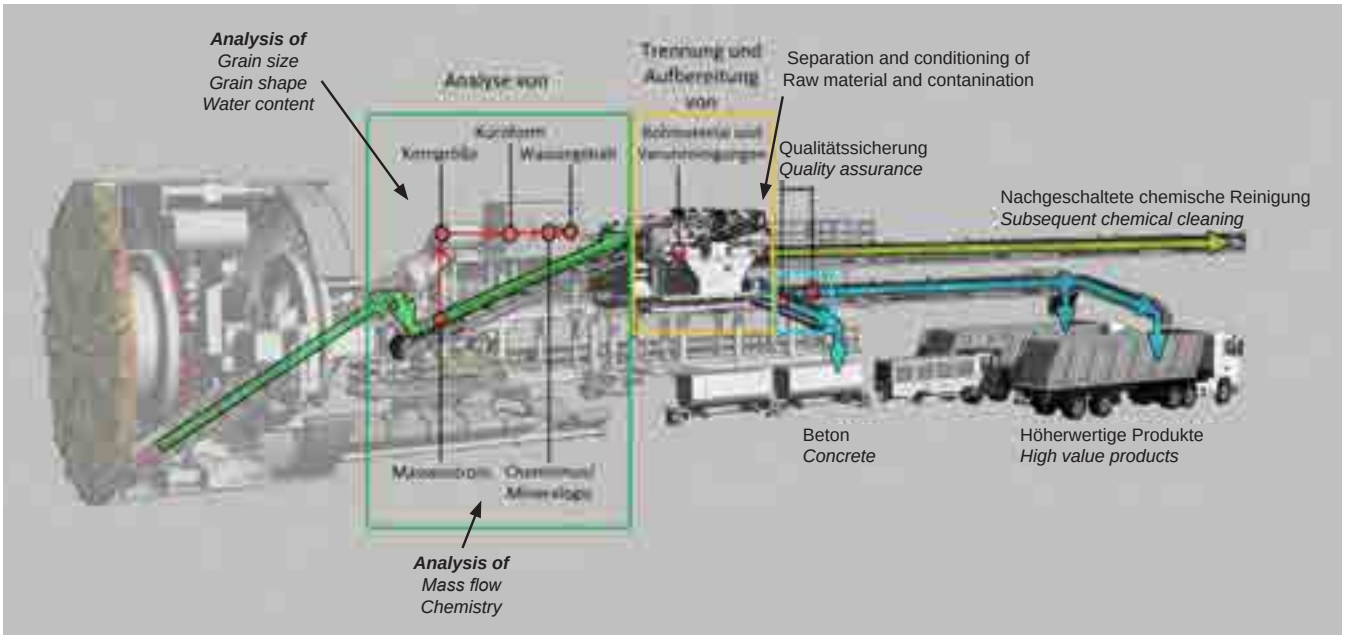
4 Web-based Data Bank for mineral raw Materials and Underground Construction Projects [5]

Selected data must be accessible to a wide circle of interested parties to attain high utilization quotas. This should extend beyond the construction industry. Towards this end, a web-based data bank system provides the largest possible coverage. The idea is that each group that is interested obtains details of concrete projects with the help of an online access. During the investigatory phase the data bank should be fed by the client and subsequently updated either by the client or contractor during the project phases depending on the construction contract. Part of the information will first be accessible during the course of construction especially as the geological investigation prior to the actual conditions in the rock can never be completely depicted – in keeping with the centuries old saying "the way ahead looks black".

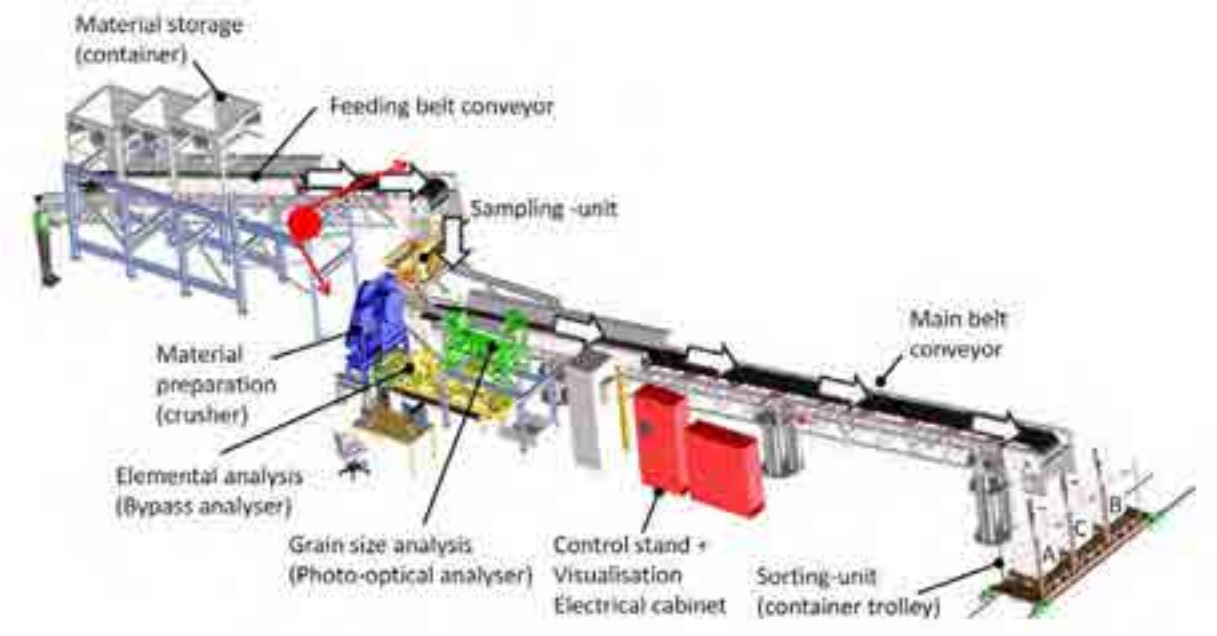
During the drive the data bank should be fed automatically with the constant flow of information engendered by a material analysis unit (please see Chapter 5), which updates the data in accordance with the actual chemical and mineralogical composition, grain-size distribution as well as the mass flow.

5 Prototypes for real-time Analysis of Tunnel Excavation Material

Currently a geologist records a face image and a rough material classification at the inoperative conveyor belt after each round of advance. On the other hand, modern methods can carry out real-time analyses as are already state of the art in parts of the mineral raw materials industry. The challenge lies in adapting these techniques to the rugged environmental conditions of tunnelling close up to the face. In such surroundings measuring units are exposed to dust and high air humidity quite apart from vibrations. Such real-time



5 Entwurf eines Prototypen zur Echtzeitanalyse von Tunnelausbruchmaterial für TBM-Vortriebe [6]
Design of a prototype for real-time analysis of tunnel excavation material for TBM drives [6]



6 Prototyp zur Echtzeitmessung der Korngrößenverteilung, des Wassergehaltes und der chemischen Analyse von Tunnelausbruchmaterial mit angeschlossener Datenbank und Sortiereinheit [6]

Prototype for real-time measurement of grain size distribution, water content and chemical analysis of tunnel excavation material with connected data bank and sorting unit [6]

Laserinduzierte Plasma Spektroskopie (LIPS), die Röntgentransmissionsanalyse (RTA), die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und die Prompte-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse (PGNAA) zum Einsatz kommen. Die Mineralogie lässt sich online unter anderem mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie (RDA), der UV/VIS-Spektroskopie, der Infrarot-Spektroskopie (IR) und der Laserinduzierten Fluoreszenz (LIF) bestimmen. Der Wassergehalt wird mittels Mikrowellentransmissionsmessung ermittelt, die eine verbreitete und gängige Möglichkeit zur Feuchtemessung in industriellen Prozessen darstellt.

Die Kenntnis der Korngrößenverteilung und der Kornform des Tunnelausbruchs ist sowohl für die Charakterisierung des Materials und dessen Aufbereitbarkeit entscheidend, als auch für das automatisierte Erkennen wechselnder geologischer Verhältnisse, die sich meist in den Brucheigenschaften des ausgebrochenen Gesteins widerspiegeln. Für diese Messungen werden optische Systeme eingesetzt, die eine dreidimensionale Vermessung des Ausbruchs ermöglichen. Die Sieblinie eines maschinellen Vortriebs, die durch einen hohen Feinkornanteil charakterisiert ist, unterscheidet sich wesentlich von jener eines NATM-Vortriebs, bei welchem der Grobkornanteil deutlich höher ist [8]. Sämtliche Technologien sind, sofern der Abtransport des Materials über Förderbänder erfolgt, auch für NATM-Vortriebe geeignet.

Zur Untersuchung der geotechnischen Zusammenhänge zwischen Diskenschneidkräften, Penetrationen, Schneidspurabständen, Gefügeeigenschaften des Gesteins und dem Ausbruchverhalten wurden Versuche an Linearprüfständen **(Bild 8)** in Österreich an der Montanuniversität Leoben und in den USA an der Colorado School of Mines durchgeführt [7].

analyses must be able to be undertaken reliably underground as well so that results are available in a quality and speed, which facilitate rapid decisions relating to their exploitability. During the European research project DRAGON (please see box on page 47) a TBM drive prototype was devised **(Fig. 5)**.

During the ongoing research project a number of prototypes were subsequently developed, produced and online analysis techniques successfully tested. These include automatically measuring the grain size distribution and the grain form, the water content and the chemical and mineralogical analysis, interlinking the real-time measurement results with a data bank system as well as a sorting unit for checking on the functionality of the real-time techniques **(Figs. 6 + 7)**.

Laser-induced plasma spectroscopy (LIPS), x-ray fluorescent analysis (XRF) and prompt gamma neutron activation analysis (PGNAA) can be used for determining the chemical composition of a sample in addition to wet chemical analysis. The mineralogy can be established online for instance, by means of x-ray diffractometry (RDA), UV/VIS spectroscopy, infrared spectroscopy (IR) and laser-induced fluorescence (LIF). The water content is determined by microwave transmission measurements, which represents a widely-used and customary method for moisture measurement in industrial processes.

Knowledge of the grain size distribution and the grain form of the tunnel excavation material is decisive both for characterizing the material and its reprocessability as well as for automatically identifying changing geological conditions, which are normally reflected in the fracture characteristics of the excavated rock. Optical systems, which facilitate 3-dimensional measurement of the excavated material, are employed for this purpose. The grading curve of a mechanized

7 Foto des Prototypen bei der Herrenknecht AG [5], [6]

Photo of the prototype at the Herrenknecht AG [5], [6]

Um ein aussagekräftiges Bild zur Gebirgsfestigkeit an der Ortsbrust zu erhalten, ist die Durchführung von Diskenkraftmessungen unumgänglich. Zumeist wird die Belastung der Disken über den hydraulischen Druck der Vortriebspressen errechnet, welcher aus Erkenntnissen früherer Untersuchungen signifikant von den realen Diskenkräften abweicht [9], [10], [11], [12].
Im Rahmen des DRAGON-Forschungsprojektes wurde ein universelles Diskenkraft-Monitoring System weiterentwickelt, welches den außergewöhnlichen messtechnischen Anforderungen im Bohrkopf der TBM genügt **(Bild 9)**. Die Basis des Messkonzepts ist eine Datenerfassung mit Dehnmessstreifen. Über einen Messwertverstärker werden die Sensordaten in den hinteren Bereich der Tunnelbohrmaschine übertragen, wo die Auswertung, Visualisierung und Archivierung durchgeführt wird.

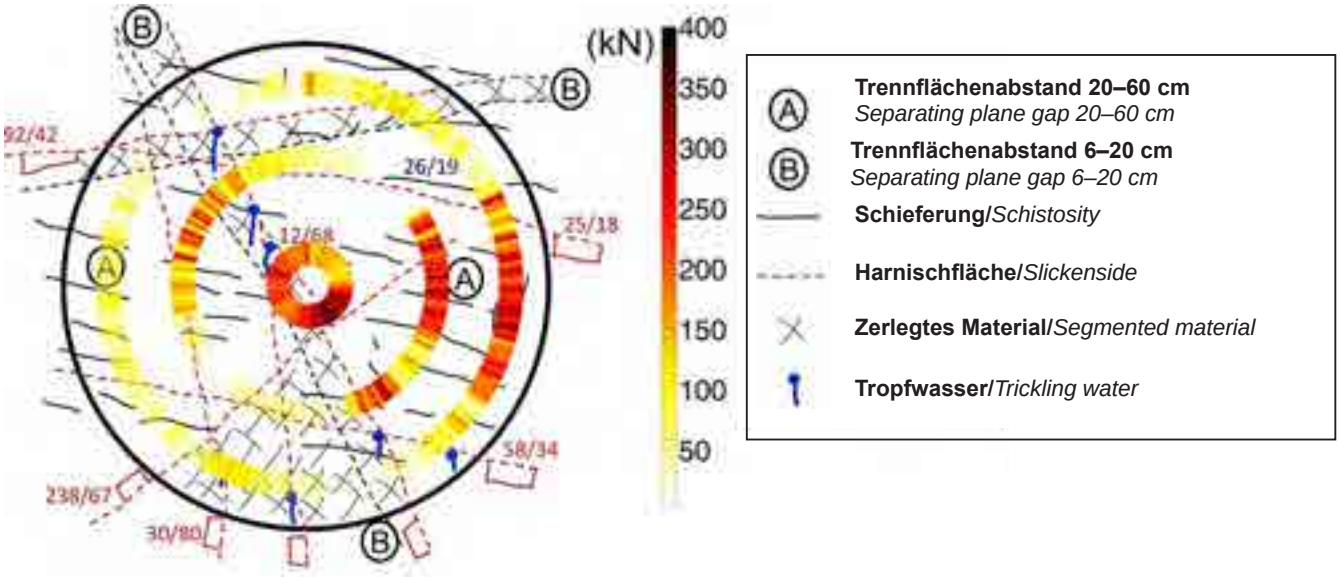
6 Aufbereitungstechnik für Tunnelausbruchmaterial

Für die Aufbereitung des aus dem Tunnel gewonnenen Materials können prinzipiell die gleichen Anlagen und Maschinen genutzt werden, wie sie auch in Aufbereitungsanlagen eines Bergbaubetriebes verwendet werden. Einschränkungen ergeben sich durch die begrenzte Verfügbarkeit an Baustelleneinrichtungsflächen und durch die relativ kurze Einsatzdauer der Anlagen.
Im Wesentlichen erfolgen die Arbeitsschritte Zerkleinerung, Grob- und Feinklassierung, eventuell eine Abtrennung von störenden Komponenten (wie beispielsweise von Schichtsilikaten) sowie die Prozesse Waschen und Trocknen, bevor das Material erneut zwischengelagert oder im Anschluss direkt verwertet wird. **Bild 10** zeigt ein Flussdiagramm sowie einen schematischen Ablauf einer möglichen Materialaufbereitung. Die für den Tunnelbau

drive, which is characterized by a high fine grain proportion, differs greatly from that of a NATM drive, in the case of which the coarse grain share is substantially higher [8]. All technologies are also suitable for NATM drives providing the material is removed via belt conveyors.
Tests on linear test stands **(Fig. 8)** were undertaken in Austria at the Montanuniversität Leoben and in the USA at the Colorado School of Mines [7] to investigate the geotechnical interrelationships between disc cutting forces, penetrations, cutting track gaps, structural properties of the rock and excavation behaviour.
It is essential to undertake disc force measurements to establish a viable picture of the rock strength at the face. Usually, the disc load is worked out via the hydraulic pressure exerted by the driving cylinders, which differs significantly from the actual disc forces as the results obtained from earlier investigations have shown [9], [10], [11], [12].

8 Laborversuche zur Diskenkraftmessung am Linearprüfstand der CSM, Colorado, USA [7]

Lab tests to measure disc forces on the linear test stand at CSM, Colorado, USA [7]



9 Diskenkraftmessergebnisse von drei ausgewählten Diskensituierungen, überlagert mit dem zugehörigen Ortsbrustbild [11]
Disc force measurement results from three selected disc locations superimposed with the appropriate face image [11]

wichtigsten Brecherarten sind Walzenbrecher, Backenbrecher, Hammerbrecher, Kegelbrecher und Prallbrecher. Für die Klassierung werden auf Baustellen in Entsprechung zur Aufgabekorngröße hauptsächlich Siebe verwendet; die wichtigsten zum Einsatz kommenden Siebe sind Plansiebe, Wurfsiebe und Trommelsiebe. Nach der Klassierung erfolgt das Waschen der Gesteinskörnung um anhaftende Feinanteile zu beseitigen – entweder mittels Trommelwäsche, Unterwassersiebmaschinen oder Schwertwäsche. Aufgrund der speziellen Anforderungen, aber auch um Ausführungsvarianten der Hersteller von Aufbereitungsanlagen zu ermöglichen, wird eine funktionale Ausschreibung der Aufbereitungsanlagen empfohlen.

7 Ökologische und ökonomische Evaluierung der Verwertung von Tunnelausbruch

Eine projektbegleitende ökologische und ökonomische Evaluierung sollte bereits mit der Vorstudie beginnem und im Verlauf der nachfolgenden Projektphasen fortgeschrieben werden. Die Betrachtung des regionalen Systems im geographischen Auswirkungsumfeld einer Baustelle ist hierfür nicht ausreichend, da Energieträger und Rohstoffe vielfach im globalen Kontext betrachtet werden müssen.

Als Evaluierungsmethoden kommen die Materialflussanalyse (MFA), die Ökobilanz (Life Cycle Assessment – LCA) und die Lebenszykluskostenberechnung (Life Cycle Cost – LCC) zur Anwendung. Dabei bildet die MFA alle relevanten Materialströme und deren Transporte im geographischen Einflussbereich der Tunnelbaustelle ab. Die Ökobilanz (LCA) bildet als Erweiterung der Materialflussanalyse das Gesamtsystem ab. Hierbei werden alle betroffenen Prozesse im unmittelbaren Einflussbereich der Baustelle abgebildet (z. B. die Betonherstellung) und alle Prozesse entlang der Rohstoff- und Energieversorgungskette sowie mögliche Materialsubstitutionen betrachtet. Unter Verwendung der

A universal disc force monitoring system was further developed within the scope of the DRAGON research project. This satisfies the measurement technical demands in the TBM cutterhead **(Fig. 9)**. The measurement concept is based on compiling data with strain gauges. The sensor data are transferred to the rear section of the TBM via a data amplifier, where they are assessed, visualized and stored.

6 Processing Technology for Tunnel Excavation Material

For processing the material won from the tunnel basically the same facilities and machines can be employed as are used in the preparation plants of a mining enterprise. Restrictions result from the limited availability of construction site installation yards and from the relatively short period the facilities are in use.

By and large, the following processes are carried out: reduction, coarse and fine classification, possibly also separation of undesired components (such as for example layer silicates) as well as the processes washing and drying, prior to the material being temporarily stored again or directly utilized. **Fig. 10** shows the flow chart as well as a schematic sequence for possible material preparation. The most important types of crusher used in tunneling are the roller crusher, jaw crusher, hammer crusher, cone crusher and the impact crusher. For classification purposes on construction sites, mainly flat screens, sieve screens and drum screens are used in keeping with the size of the initial aggregate. After classification the rock aggregate is washed to remove fines that are clinging to it – either by means of drum washers, underwater screen machines or blade washers. On account of the special requirements as well as to facilitate different versions being provided by the makers of preparation plants, it is advisable to cater for functional tendering for the preparation plants.

Informationen aus der Ökobilanz sowie weiterer material- und baustellenspezifischer Informationen kann eine LCC-Analyse für die verschiedenen Optionen der Nutzung von Tunnelausbruch durchgeführt werden. Unter der Nutzungsphase wird dabei jener Zeitraum verstanden, in welcher ein Produkt aus verwertetem Tunnelausbruchmaterial seine bestimmte Funktion erfüllt.

In den Ergebnissen müssen die wichtigsten Sachbilanzdaten als Basis und die daraus folgende Wirkbilanz dargestellt werden, wobei die Wirkbilanz die Beiträge zu den einzelnen Umweltwirkungen darstellt. Außerdem müssen Sensitivitätsanalysen der verschiedenen Eingangsparameter erstellt werden.

Verglichen werden jeweils die Grundszenarien „Verwertung des Ausbruchsmaterials" und „Deponierung des Ausbruchsmaterials". Die im Rahmen des DRAGON-Projekts durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass die Umweltwirkungen durchweg in einem relevanten Ausmaß reduziert werden können und die Verwertungsoptionen in jedem Fall untersucht werden sollten **(Bild 11)**. Auch im Zuge der Sensitivitätsanalyse zeigte sich, dass das günstigste Ergebnis der Entsorgungsvariante höhere Umweltwirkungen verursacht als das ungünstigste Verwertungsszenario. Ferner wurde deutlich, dass die Vortriebsart (NATM oder TBM)

7 Ecological and economic Evaluation of the Utilization of Tunnel Excavation Material

A project-related ecological and economic evaluation should commence at the preliminary study stage and continue as the various other project phases progress. Scrutinizing the regional system within the geographical sphere of impact of a construction site is insufficient for this purpose as energy sources and raw materials must in many cases be considered in a global context.

Material flow analysis (MFA), life cycle assessment (LCA) and the life cycle cost (LCC) are employed as evaluation methods. The MFA depicts all relevant material flows and their transportation in the geographical sphere of influence. The LCA shows the overall system as an extension of the material flow analysis. Towards this end, all affected processes are shown within the site's direct sphere of influence (e.g. concrete production) and all processes in the raw materials and energy supply chain as well as possible material substitutions are taken into account. By applying the data from the LCA as well as further material and site-specific information an LCC analysis for the various options of utilizing excavated material can be executed. The utilization phase is understood to mean that length of time during which a product obtained from recycled excavation material fulfils its desired function.

Bochumer Eisenhütte Heintzmann

Systemlieferant für Berg- und Tunnelbau
– System Supplier for Mining and Tunnelling

Sonderkonstruktionen für Großräume
– Special Construction for big excavation areas

Wärmebehandlung von Stab- und Profilstahl
– Heat Treatment of steel bars and profile bars

BK-one® Das geschlossene Mehrweg-Befüllungssystem
– The BK-one® closed reusable filling system

Klosterstraße 46 . 44787 Bochum, GERMANY
Tel.: + 49 (0) 234 - 9118 - 0
Fax: + 49 (0) 234 - 9118 - 228
www.heintzmann.eu . email: info@be-heico.de

HEINTZMANN | Group

www.hbi.ch

Wir sind international tätige Planer für

- *Tunnellüftungen*
- *Immissionsberechnungen und –gutachten*
- *Aerodynamik und Thermodynamik von Tunnelsystemen*
- *Mechanische Ausrüstung*
- *Risiko- und Sicherheitsanalysen*

Unsere Leistungen umfassen:

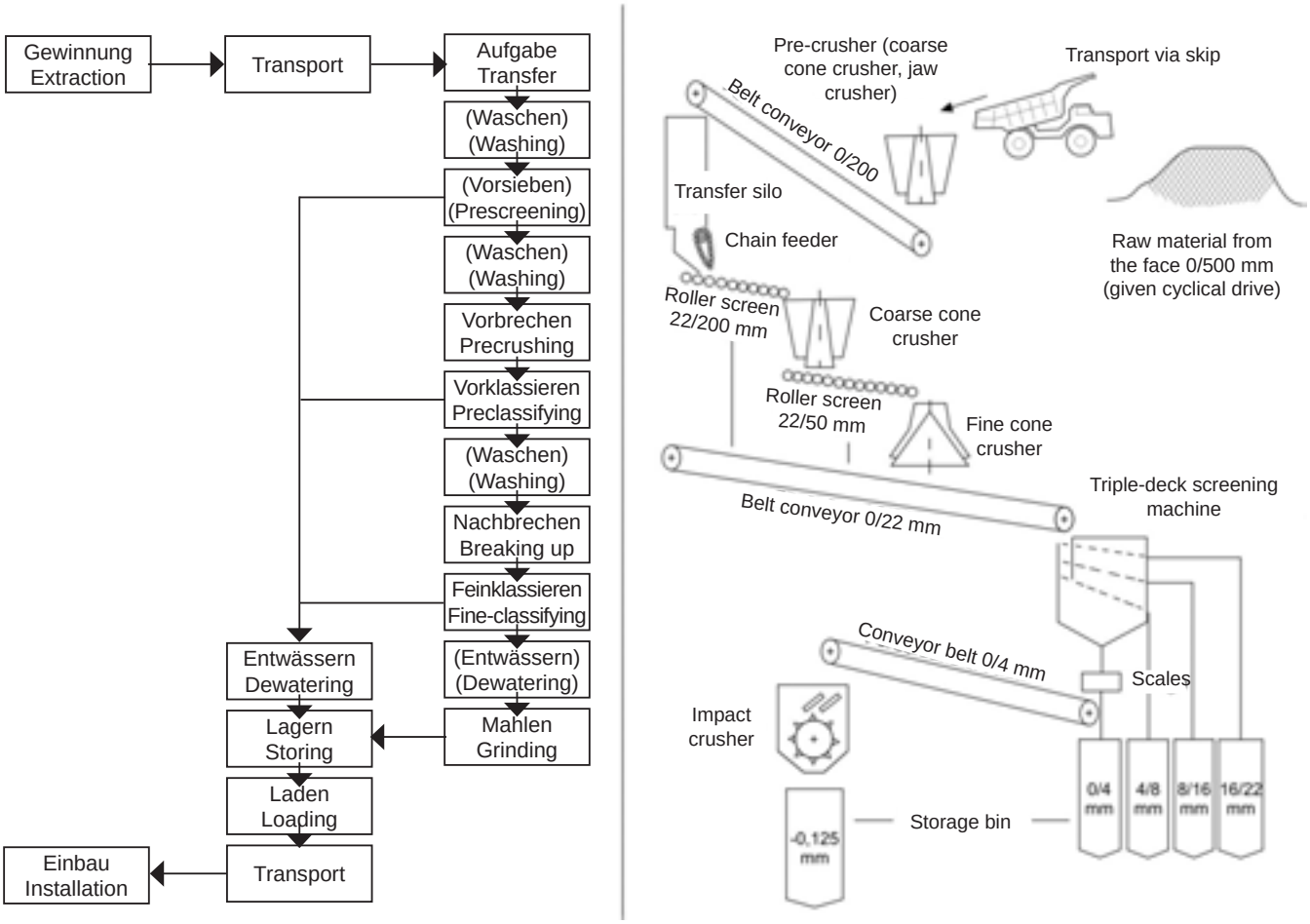
- Strassen-, Bahn-, U-Bahn, Versorgungstunnel
- Beratung, Expertisen und Studien
- Planung, Projektierung und Realisierung
- Bauleitung und Messungen
- Abnahmetests und Brandversuche

Von Vorstudien bis zur detaillierten Auslegung und von Ausschreibungen bis zur Inbetriebnahme sind wir der richtige Ansprechpartner.

HBI «Weltweit erfolgreiche Planung und Beratung bei über 600 Tunnellüftungen seit 1963»

HBI Haerter Beratende Ingenieure

HBI Haerter AG
Stockerstr. 12 8002 Zürich / Schweiz
Tel. +41 44 289 3900 E-Mail: info.zh@hbi.ch
Fax +41 44 289 3999 Web: www.hbi.ch
Schweiz: Zürich und Bern / Deutschland: Heidenheim



10 Flussdiagramm und schematische Darstellung der Materialaufbereitung (Jodl, 2012; Gehbauer, 1997)

Flow chart and schematic presentation of material preparation (Jodl, 2012; Gehbauer, 1997)

die Ausbruchsmenge und somit die Menge an verwertbarem Material erheblich beeinflusst.

8 Rechtliche Rahmenbedingungen

8.1 Grundlagen

Entsprechend den Zielen und Grundsätzen des EU-Abfallrechts ist die stoffliche Verwertung von Tunnelausbruchmaterial gegenüber der bloßen Beseitigung zu bevorzugen. Als stoffliche Verwertung ist die ökologisch zweckmäßige Behandlung von Abfällen zur Nutzung der stofflichen Eigenschaften des Ausgangsmaterials zu verstehen, mit dem Hauptzweck, die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar für die Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten zu verwenden.

Die fünfstufige Abfallhierarchie ist für Österreich in § 1 Abs. 2 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) 2002 in die Stufen Abfallvermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, Sonstige Verwertung und Beseitigung eingeteilt.

Die Frage des Eigentums an einem Abfallmaterial ist nicht dafür ausschlaggebend, wer vom AWG 2002 in die Pflicht genommen

The results must contain the most essential LCI data as the basis and the resultant LCA, whereby the LCA represents the individual environmental influences. In addition, sensitivity analyses for the various starting parameters must be provided.

In each case, the basic scenarios "Utilizing the excavated Material" and "Landfilling the excavated Material" are compared. The investigations carried out within the scope of the DRAGON project indicated that the environmental effects can be reduced to a worthwhile degree and the exploitation options should at any rate be looked into **(Fig. 11)**. During the course of the sensitivity analyses it was also revealed that the most favourable results of the disposal alternative exerted greater environmental effects than the most unfavourable recycling scenario. Furthermore, it became clear that the type of drive (NATM or TBM) greatly influences the excavated amount and in turn, the amount of recyclable material.

8 Legal Framework Conditions

8.1 Principles

In keeping with the aims and principles of the EU Waste Directive, it is preferable to recycle tunnel excavation material than simply

wird, vielmehr kommt es darauf an, wer die Abfälle innehat und darüber verfügen kann (Abfallbesitzer).
Im Sinne des AWG 2002 wird Tunnelausbruchmaterial in der Regel als Abfall definiert. Abfälle im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes sind bewegliche Sachen, derer sich der Besitzer entledigen will. Diese Entledigungsabsicht beschreibt einen subjektiven Tatbestand. Mit der Entfernung des Tunnelausbruchmaterials vom Anfallsort ist in der Regel eine Entledigungsabsicht verbunden, da der Hauptzweck die Errichtung des Bauwerks ist und nicht die Gewinnung des mineralischen Rohstoffes im Vordergrund steht. Im Regelfall wird das Material auch nicht am selben Ort (Baulos) oder nicht in seinem natürlichen Zustand verwendet. Als Baulos ist dabei grundsätzlich das Baugrundstück anzusehen, auf dem die Aushubtätigkeit stattgefunden hat. In seinem natürlichen Zustand verwendet wird Tunnelausbruchmaterial rechtlich gesehen dann, wenn es nach der Ausbruchtätigkeit unverändert, ohne weitere Aufbereitungsschritte wie Brechen und Sieben, wieder eingesetzt wird.
Abfälle können durch eine zulässige Verwertung ihre Abfalleigenschaft verlieren. Die Abfalleigenschaft geht dabei erst bei der konkreten Verwendung (Substitution), zum Beispiel bei dem unmittelbaren Einsatz als Baustoff oder bei der Anschüttung eines Dammes verloren.

8.2 Rechtliche Hürden bei der Verwertung von Tunnelausbruchmaterial

Um Tunnelausbruchmaterial als Baustoff für die Herstellung von zum Beispiel Spritz- und Innenschalenbeton heranziehen zu können, sind Aufbereitungsschritte in Form einer Zerkleinerung und Klassierung notwendig. Durch diese Schritte wird das Material rechtlich gesehen zum Abfall, weil es nicht mehr in seinem natürlichen Zustand verbleibt. Dabei ist der Bauherr der Abfallbesitzer inklusive aller damit verbundenen gesetzlichen Verpflichtungen. Sollte dieser nicht über die nötigen Berechtigungen für die Behandlung, Verwertung und Lagerung von Abfall verfügen, so hat er dies an einen Berechtigten zu übergeben. Der Beauftragte ist damit je nach konkretem Auftrag Abfallsammler und/oder Abfallbehandler.

dispose of it. Recycling signifies the ecologically practicable treatment of waste materials to exploit the material properties of the initial material with the main aim of utilizing the waste materials or the substances won directly from them for the substitution of raw materials or products won from primary raw materials. The five-stage waste hierarchy in Austria is divided up into the stages Waste Avoidance, Preparation for Reutilization, Recycling, other Use and Disposal in § 1, Ch. 2 Waste Management Act (AWG).
The issue of ownership of a waste material is not crucial in deciding who is essentially held responsible according to AWG 2002. Far rather it depends on who is in possession of the waste materials and can dispose of them (waste holder).
In keeping with the AWG 2002, tunnel excavation material is generally defined as waste. Waste materials according to the Waste Management Act are movable objects, intended to be disposed of by the holder. This intention to discard describes a subjective state of affairs. An intention to discard is usually linked with removing the tunnel waste material from its source as the main purpose is setting up the structure and not mainly winning mineral raw materials. Generally speaking, the material is also not used at the same location (contract section) or in its natural state. The contract section is essentially regarded as the building site, on which the excavation took place. Seen in legal terms, tunnel excavation material is used in its natural state when it is once again utilized after excavation without any further preparatory steps such as crushing and screening.
Waste materials can lose their waste characteristic by means of permissible recycling. In this connection, the waste characteristic is first abandoned during concrete application (substitution) for instance, when it is directly applied as a building material or when backfilling a dam.

8.2 Legal Hurdles when utilizing Tunnel Excavation Material

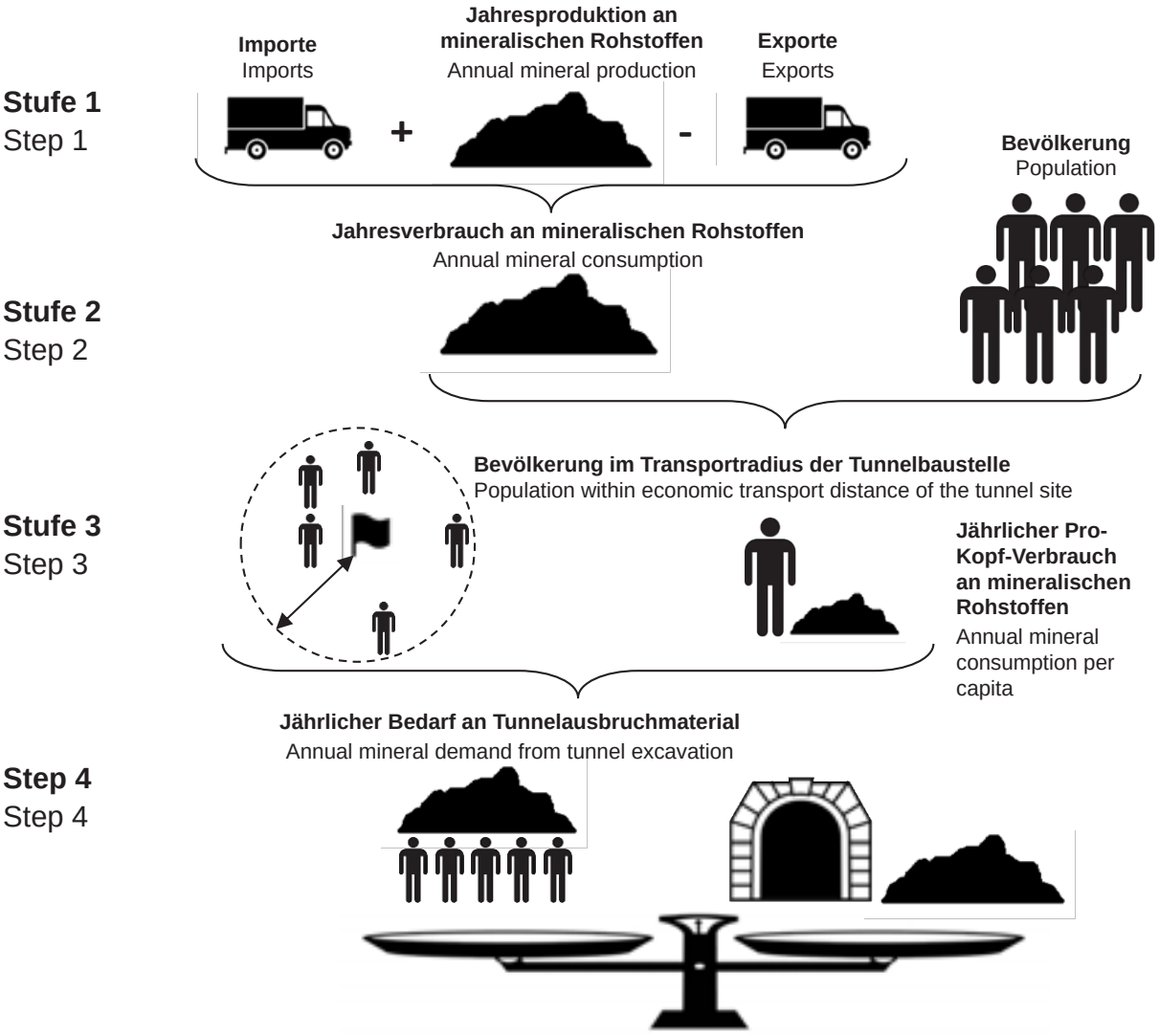
In order to be in a position to make use of tunnel excavation material as building material, for example to produce shotcrete and inner shell concrete, preparatory steps in the form of crushing and classification are necessary. Through these steps the material becomes waste in legal terms as it no longer remains in its natural state. In this case, the client is the waste holder including all associated

Mit innovativen Lösungen für die Zukunft bauen

DMI SPEZIAL INJEKTIONSARBEITEN

- Bauwerks- und Baugrubenabdichtung
- Injektionen im Tunnelbau
- Bodenverfestigung
- Hebungsinjektionen
- Spritzbetonarbeiten
- Bohrungen für Injektionen, Vereisungen und Anker

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



11 Abschätzung der Bedarfsmenge an Tunnelausbruchmaterial im Nahbereich zur Tunnelbaustelle [13]
Estimation of the required amount of tunnel excavation material in proximity to the construction site [13]

Mago-Tunnelbau-Dämmplatten
Lastverteilungsplatten für den Tunnelbau

In folgenden Objekten erfolgreich eingesetzt:

Katzenberg-Tunnel, Efringen-Kirchen,
City-Tunnel, Leipzig
Finne-Tunnel, Weimar
Kaiser-Wilhelm-Tunnel, Cochem
U-Bahn-Linie 4, Hamburg
Brenner-Zulaufstrecke Nord
Sluiskil-Tunnel, Terneuzen (NL)
Stadtbahn-Tunnel. Karlsruhe
Boßlertunnel, Wendlingen-Ulm
Koralmtunnel KA T3, Steiermark

Fordern Sie Prüfzertifikate und Zeugnisse an:
www.holzmichael.de/info@holzmichael.de
Telefon: (+49) 0441/88591-98 Fax: -99

Durch die Aufbereitung allein ist das Abfallende nicht erreicht. Dieses stellt sich erst ein, wenn die aus Altstoffen gewonnenen Stoffe unmittelbar als Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten verwendet werden [§ 5. (1) AWG].

Daraus ergibt sich nun die Problematik bei der Verwertung von Ausbruchmaterial als Industriemineral außerhalb der Baustelle. Bleibt es als Zuschlagstoff oder Schüttmaterial

legal obligations. Should he not possess the necessary permits for the treatment, utilization and storage of waste, he is compelled to transfer these to an entitled person. The authorized person is thus depending on the concrete contract, the waste collector and/or the waste processor.

The end of the waste chain is not reached through processing alone. This occurs first when the substances won from the existing materials are directly used to substitute raw materials or products made from primary raw materials [§ 5. (1) AWG].

This brings up the problem complex involving utilizing excavated material as an industrial mineral outside the construction site. If it remains on site as an aggregate or fill material and is used there promptly, the waste characteristic ceases. However, if it leaves the site, the prepared material remains waste until it is used in accordance with its final purpose, and every enterprise, which undertakes

auf der Baustelle und wird dort zeitnah verwendet, endet die Abfalleigenschaft. Verlässt es jedoch die Baustelle, bleibt das aufbereitete Material solange Abfall, bis es seiner endgültigen Bestimmung gemäß eingesetzt wird, und jeder Betrieb, der weitere Veredelungs- und Verarbeitungsschritte setzt, wie sie für die Erlangung bestimmter Produktqualitäten von Industriemineralen erforderlich sind, wird zum Abfallbehandler/-sammler mit den entsprechenden rechtlichen Verpflichtungen.

8.3 Ausblick aus rechtlicher Sicht

Für Tunnelausbruchmaterial ist eine Abfallendeverordnung anzustreben. Darin sollte klar geregelt werden, unter welchen Voraussetzungen, zu welchem Zeitpunkt und für welchen Verwendungszweck bei Tunnelausbruchmaterialien die Abfalleigenschaft endet. Eine grundlegende Charakterisierung von Tunnelausbruchmaterial sollte gleichzeitig mit den geologischen oder bodenmechanischen Voruntersuchungen erfolgen und auf eine angemessene Parameterliste reduziert werden. [14]

9 Danksagung

Die hier vorgestellten Forschungsergebnisse wurden von der Europäischen Union im Rahmen des 7. Rahmenprogramms unter der Vertragsnummer 308389, Projekt DRAGON, gefördert. Ausdrücklicher Dank gilt ferner allen Forschungspartnern des Projektes DRAGON (www.dragon.eu), namentlich Herrenknecht AG, Indutech instruments GmbH, B+G Betontechnologie + Materialbewirtschaftung AG, Jacques Burdin Ingenieur Conseil, Thinkstep, Porr Bau GmbH.

Literatur/References

[1] UNEP SBCI Sustainable Buildings & Climate Initiative, Buildings and climate change – Summary for Decision Maker, 2009.
[2] ÖBV-Richtlinie, Verwendung von Tunnelausbruch, Gründruck Juli 2015
[3] Resch D. (2012): Verwendung von Tunnelausbruchmaterial – Entscheidungsgrundlagen; Dissertation an der Montanuniversität Leoben, unveröffentlicht
[4] FFG-Abschlussbericht: Recycling von Tunnelausbruchmaterial, Wien, 2010
[5] Erben, H., Galler, R., Grechenig, T. (2015): MineralBay – das Portal für mineralische Rohstoffe und Projekte aus dem Untertagebau, Geomechanics and Tunneling Vol. 8, August 2015, S. 321–332
[6] DRAGON – Development of resource-efficient tunnelling technologies, EU-Forschungsprojekt, Grant Agreement Nr. 308389
[7] Entacher, M. (2013): Measurement and interpretation of disc cutting forces in mechanized tunnelling; Dissertation an der Montanuniversität Leoben, unveröffentlicht
[8] Thalmann, C. 1996. Characterisation and Possibilities of the Use of Excavation Rock Material by Tunnelling Boring Machines as Concrete and Shotcrete Aggregates (only in German): Beurteilung und Möglichkeit der Wiederverwertung von Ausbruchmaterial aus dem maschinellen Tunnelvortrieb zu Betonzuschlagstoffen. Thesis (PhD in geological engineering) – ETHZ-Swiss Federal Institute of Technology Zürich, 115.
[9] Entacher, M., et al.: Cutter force measurement on tunnel boring machines – System design, Tunneling and Underground Space Technology 31, 2012.
[10] Entacher M., et al.: Ortsbrustmonitoring und Leistungsprognose bei TBM Vortrieben, Geomechanics and Tunneling Vol. 6, Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, 2013.
[11] Entacher,M. und Galler, R.; Development of a disc cutter force and face monitoring system for mechanized tunnelling, Geomechanics and Tunnelling 6 (2013), Ernst & Sohn Verlag
[12] Barwart, S., Himmelsbach, Ch., Galler, R.: Diskenkraftmessung – Entwicklung eines Messsytems für den Einsatz unter widrigen Bedingungen untertage, BHM (2014) Vol. 159 (12), S. 499–503
[13] Shonfield, P., Anderson, J., Boyd, S., (2015): A Methodology for Assessing the Environmental
Benefits of DRAGON Technology, Geomechanics and Tunneling Vol. 8, August 2015, S. 333–339
[14] Entacher M., Resch D., Reichel P., Galler R. (2011): Wiederverwertung von Tunnelausbruchmaterial – Abfallrecht im Berg- und Tunnelbau; Geomechanics and Tunnelling 4 (2011), No. 6, S. 692–701

further refining and processing stages, as are required for attaining certain product qualities for industrial minerals, becomes the waste processor/collector with the corresponding legal obligations.

8.3 Outlook seen from the legal Viewpoint

A waste directive has to be targeted for tunnel excavation material. It should clearly define under which circumstances, at which point in time and for which intended purpose, exactly when the waste characteristic for tunnel excavation materials ceases. At the same time, basic characterization of tunnel excavation material should be undertaken simultaneously with the geological or soil mechanical preliminary investigations and reduced to an appropriate list of parameters. [14]

9 Acknowledgement

The research results presented here were sponsored by the European Union within the scope of the 7th Framework Programme bearing contract number 308389, DRAGON project. I should also like to express my thanks to all research partners involved in the DRAGON project (www.dragon.eu), i.e. Herrenknecht AG, Indutech Instrumente GmbH, B+G Betontechnologie + Materialbewirtschaftung AG, Jacques Burdin Ingenieur Conseil, Thinkstop, Porr Bau GmbH.

ELA Container GmbH, Zeppelinstraße 19–21, 49733 Haren (Ems)
Tel +49 5932/506-0 Fax +49 5932/506-10
info@container.de www.container.de

ela[container]

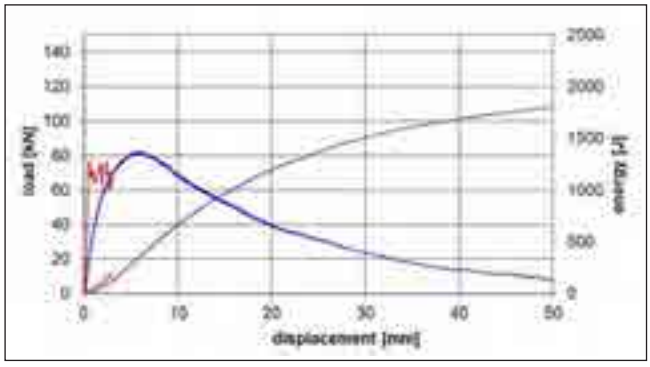
Brugg Contec

Synthetische Armierungsfasern im EMPA-Härtetest

Immer wieder wurde die Dauerhaftigkeit von synthetischen Fasern in aggressiver Umgebung in Frage gestellt. Durch einen Langzeittest, durchgeführt von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) im Rahmen eines KTI-Projekts (KTI 10652.1 PFIW-IW)konnte diese Annahme für die bikomponenten Hochleistungsfasern des Schweizer Herstellers Brugg Contec widerlegt werden.

Testanordnung

Getestet wurde mit zwei unterschiedlichen Betontypen (Spritzbetonrezeptur und in-situ-Betonrezeptur). Beiden Betonarten wurden jeweils zwei unterschiedliche Mengen der Concrix-Faser zugegeben (0.5 % vol. = 4.55 kg/m³ und 1 % vol. = 9 kg/m³) sowie zum Vergleich eine marktübliche Stahlfaser mit einer Dosierung von 50 kg/m³ Beton. Aus jeder Mischung wurden fünf Quadratplatten (600 x 600 x 100 mm) nach SIA 162/6 (1999) bzw. EN 14488-5 (2006) hergestellt; Ausbreitmaß, Luftgehalt und Dichte wurden gemäß den gültigen Europäischen Normen bestimmt. Nach der vorgegebenen Aushärtezeit von 28 Tagen wurden diese Platten gebrochen, dann bis zu einer definierten Rissbreite belastet und wieder entlastet. Anschließend wurden die verschiedenen Testplatten über die Dauer von einem Jahr in regelmäßigen Intervallen jeweils unterschiedlichen Lösungen ausgesetzt, nämlich Salzlösung, Sulfatlösung sowie zweiprozentiger Schwefelsäure. Zusätzlich wurde eine Platte der freien Bewitterung ausgesetzt sowie eine weitere in einer Klimakammer bei 20 °C/90 % RH



Quelle/credit (2): Brugg Contec

Concrix-verstärkter Beton nach einem Jahr Benetzung mit dreiprozentiger NaCl-Lösung:
Die rote Kurve zeigt die Energieaufnahme einer Testplatte beim Erstbruch nach 28 Tagen Aushärtezeit, die blaue Kurve zeigt die Energieaufnahme bei der Neubelastung nach einem Jahr

Concrix-reinforced concrete after one year of wetting with a three-percent NaCl solution:
The red curve shows the energy absorption of a test panel at the first fracture after 28 days of hardening, the blue curve shows the energy absorption on reloading after one year

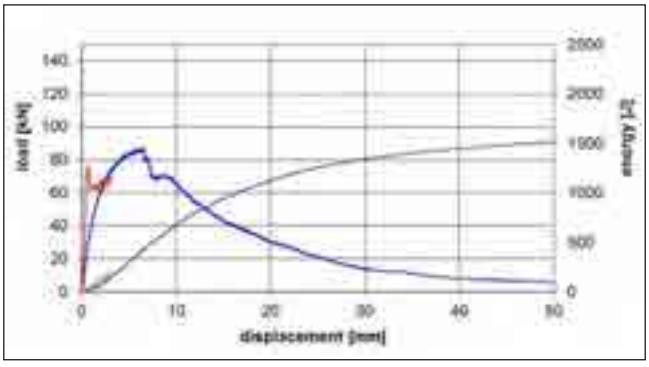
Brugg Contec

EMPA long-term Load Test for Synthetic Reinforcement Fibers

The durability of synthetic fibers in aggressive environments is often questioned. A long-term test undertaken by the Swiss material testing and research institute (EMPA) as part of a KTI project (KTI 10652.1 PFIW-IW) has been able to disprove this assumption for the two-component high-performance fibers from the Swiss manufacturer Brugg Contec.

Test Arrangement

The tests were carried out with two different types of concrete (shotcrete mix and in-situ concrete mix). Different quantities of the Concrix fibers (0.5 % vol. = 4.55 kg/m³ and 1 % vol. = 9 kg/m³) were added to each type of concrete and also for comparison conventional steel fibers with a dosage of 50 kg/m³ concrete. Five square panels (600 x 600 x 100 mm) were made from each mix according to SIA 162/6 (1999) or EN 14488-5 (2006). The flow table consistency, air content and density were determined according to the applicable European standards.
After the specified hardening time of 28 days, the panels were broken, then loaded until a defined crack width and unloaded. Then the various test panels were exposed at regular intervals to various solutions, specifically salt solution, sulphate solution and two percent sulphuric acid, for the duration of one year. Additionally one panel was exposed to outside weather and one further was stored in a climate chamber at 20 °C/90 % RH as reference. After one year, the panels were once again fixed in a test rig and loaded in order to check their residual strength.



Concrix-verstärkter Beton nach einem Jahr Benetzung mit Na_2SO_4-Lösung:
Die rote Kurve zeigt die Energieaufnahme einer Testplatte beim Erstbruch nach 28 Tagen Aushärtezeit, die blaue Kurve zeigt die Energieaufnahme bei der Neubelastung nach einem Jahr

Concrix reinforced concrete after one year of wetting with a Na_2SO_4 solution:
The red curve shows the energy absorption of a test panel at the first fracture after 28 days of hardening, the blue curve shows the energy absorption on reloading after one year

als Referenz aufbewahrt. Nach einem Jahr wurden die Platten wiederum in die Testanlage eingespannt und belastet, um ihre Resttragfähigkeit zu überprüfen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die mit Stahlfasern bewehrten Platten wiesen, wie zu erwarten, deutliche Korrosionsspuren auf. Das Ergebnis nach erneuter Belastung zeigte entsprechend klar eine Abnahme der Resttragfähigkeit der Fasern. Bei den mit Concrix bewehrten Versuchsplatten hingegen konnte nach dem Wiederbelasten sogar die Lastaufnahme nochmals erhöht werden, was deutlich belegt, dass diese synthetischen Fasern aggressiven Wässern erfolgreich trotzen können.

Der heutzutage angewendete Quadratplattentest zeigt die Tragfähigkeit der Testplatten in einer Momentaufnahme, 28 Tage nach der vorgebeben Aushärtezeit des Betons. Die Langzeitwirkung der Umwelteinflüsse auf die Bewehrung wird dabei jedoch außer Acht gelassen.

Aber gerade diese Langzeitwirkung ist von Interesse, denn Bauwerke wie Tunnel sollten eine möglichst lange Lebensdauer aufweisen bei möglichst niedrigen Instandhaltungskosten. Tests bei renommierten Instituten mit der hier beschriebenen Versuchsanordnung zeigen die Stärken und Schwächen der verschiedenen Bewehrungslösungen deutlich auf.

Summary of the Results

The panels reinforced with steel fibers showed, as expected, clear signs of corrosion. The result of renewed loading showed correspondingly clearly a reduction of the residual strengths of the fibers. With the Concrix-reinforced panels, on the other hand, the load could even be increased again after reloading, which clearly demonstrates that these synthetic fibers can successfully resist the effect of aggressive solutions.

The currently used square panel test shows the load-bearing capacity of the test panels as a snap-shot in time, after the specified 28 days hardening time of the concrete. The long-term effects of the environmental influences on the reinforcement is not considered. But precisely this long-term effect is of interest, since structures such as tunnels should have the longest possible lifetime with the lowest possible maintenance costs. Tests at respected institutes with the test arrangement described here clearly show the strengths and weaknesses of the various reinforcement solutions.

Connecting Global Competence
Messe München

The world speaks bauma.
Join the conversation!

Experience trends, innovations and enthusiasm up close at the industry's most important international exhibition. This is where the world comes together, so you can't miss out!
Prepare your business success and look forward to:
- 3,400 exhibitors
- More than half a million visitors
- 605,000 m² of space

Get your ticket now:
www.bauma.de/tickets/en

31st Edition of the World's Leading Trade Fair for Construction Machinery, Building Material Machines, Mining Machines, Construction Vehicles and Construction Equipment

www.bauma.de

THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY
bauma 2016
April 11–17, Munich

bauma Official

Solbakk-Tunnel, Norwegen

Einsatz von Amberg Navigator beim Bau des längsten Unterwasser-Straßentunnels der Welt

Quelle/credit (2): Amberg Technologies

Auswahl der Positionierungsmethode „Stativ automatisch"
Selection of the "Tripod automatic" positioning method

Das Ryfast-Tunnelprojekt, das längste Unterwasser-Straßentunnelsystem der Welt, wird nahe Stavanger, Norwegens viertgrößter Stadt, realisiert. Das Projekt besteht aus drei Tunneln: dem Solbakk-Tunnel, dem Hundvaag-Tunnel und dem Eiganes-Tunnel. Die Einrichtung einer dauerhaften Straßenverbindung zwischen Ryfylke und Nord-Jaeren (Ryfast) und die Reduzierung des Durchgangsverkehrs im Norden des Stadtzentrums (Eiganes-Tunnel) gehören dabei zu den Hauptzielen des Projekts.
Mit den ersten Bohrungen für den Solbakk-Tunnel wurde im August 2013 begonnen. Mit einer Gesamtlänge von 14 km ist er der Haupttunnel des Projekts. Die beiden Röhren werden mittels Sprengvortrieb erstellt und sollen in einer maximalen Tiefe von 290 m unter dem Meer (Quelle: Statens vegvesen, 2013) verlaufen. Zum ersten Mal wurde dabei die Software Amberg Navigator eingesetzt, mit der die Tunnel-Crew selbst die Arbeiten im Vortrieb steuern kann.

Vermessungsarbeiten beim Ryfast-Projekt

Die Vermessungsarbeiten für den Tunnelvortrieb werden von Marti IAV Solbakk DA als ausführendem Unternehmen durchgeführt. Für den Sprengvortrieb werden neue Bohrjumbos von Sandvik mit intelligenter Bohrautomatisierung eingesetzt. Nach jeder Sprengung muss die Tunnelcrew selbständig die Profilnachhaltigkeit überprüfen. Im Anschluss an die Messung sollte sie mögliche Unterprofile an der Tunnelwand markieren und, wenn nötig, durch erneuten Ausbruch sicherstellen, dass das Profil eingehalten wird.

Vortriebsteuerung mit Bohrjumbos von Sandvik

Position und Ausrichtung der Bohrjumbos zum Koordinatensystem des Tunnels werden mit dem Tachymeter ermittelt. Die

Solbakk Tunnel, Norway

Amberg Navigator helps building the World's longest sub-sea Road Tunnel

Auswahl der Messfunktion „Profilmessung Ausbruch"
Selection of the "Profiles excavation" measuring task

The Ryfast tunnel project, the world's longest sub-sea road tunnel system, is situated close to Norway's fourth largest city of Stavanger. The project consists of three tunnels: Solbakk tunnel, Hundvaag tunnel and Eiganes tunnel. The main goals of the project are the establishment of a permanent road link between Ryfylke and Nord-Jaeren (Ryfast) and the reduction of traffic through the northern parts of the city centre (Eiganes tunnel).
The excavation of the Solbakk tunnel started in August 2013. It is the main tunnel of the project with a total tunnel length of 14 km. The two headings are being excavated by drill and blast and will reach a maximum depth of 290 m below sea level (source: Statens vegvesen, 2013). For the first time the software Amberg Navigator is in use which allows autonomous tunnel heading guidance operated by the tunnel crew themselves.

Surveying Tasks at the Ryfast Project

The heading surveying tasks are conducted by Marti IAV Solbakk DA, the responsible company for the contractor surveying. For the drill and blast heading, new Sandvik drill rigs with intelligent drilling automation are used. After each advance, the tunnel crew has to check the blast independently. Immediately after the measurement, the tunnel crew has to mark potential underprofile on the tunnel surface and , if necessary, control the re-excavation to assure profile compliance.

Heading Guidance with Sandvik Drill Rigs

The new Sandvik DTi machine comes with a full automatic drill functionality. The position and the orientation of the drill rig within the tunnel coordinate system are determined with a total station. The tunnel crew has to install the total station behind the drill rig, then start the "Tripod automatic" positioning method within the

Tunnel-Crew stellt den Tachymeter hinter dem Bohrjumbo auf und wählt die Positionierungsmethode „Stativ automatisch" am Amberg Navigator-Tablet. Dank dieser neuen Funktion kann die Crew den Tachymeter vollautomatisch einrichten, ohne die Punktnummer der Kontrollpunkte im Tunnel zu kennen.
Sobald der Tachymeter positioniert ist, werden die beiden Prismen am Bohrjumbo gemessen und die Koordinaten an die Jumbo-Software (iDATA) übertragen, womit Position und Ausrichtung des Bohrjumbos berechnet werden. Danach kann der Jumbo mit den Bohrungen in der Ortsbrust beginnen.

Ausbruchkontrolle – Echtzeitanalyse des Istzustands

In der Vergangenheit waren für die Erfassung des Istzustands meist Vermessungsingenieure verantwortlich. So liess sich die Vermessung des Vortriebs am besten unabhängig kontrollieren. Heutzutage kann die Tunnel-Crew selbst diese Aufgabe übernehmen und so den Vortriebsprozess optimieren und Stillstandszeiten auf der Baustelle vermeiden. Das Ergebnis der Profilmessung wird der Tunnel-Crew sofort angezeigt. Unter- und Überprofilbereiche werden dabei in den Ergebnissen hervorgehoben. Unterprofile können anschliessend an der Tunnelwand markiert werden. Nach der Neuprofilierung kann zu Dokumentationszwecken optional eine weitere Kontrollmessungvorgenommen werden.

Amberg Navigator: Offen für neue Arbeitsschritte

Das Ryfast-Projekt war eines der ersten Amberg Navigator Projekte in Europa. Von Beginn anhatten wurde in engem Kontakt mit dem Vermessungsteam vor Ort gearbeitet. Was auf der Baustelle benötigt wurde, konnte entweder zeitnah als Verbesserung umgesetzt werden oder wurde, wie im Fall von „Bohrjumbo automatisch" oder „Scanner APM Einmessung", gleich als neue Amberg Navigator-Arbeitsschritte integriert.
Nach Aussagen des ausführenden Unternehmens und der Benutzer im Solbakk- Tunnel vor Ort lassen sich Vermessungsaufgaben beim Tunnelbau mithilfe von des Navigators optimieren. „Durch den Einsatz der Software werden unnötige Wartezeiten vermieden, weil die erforderlichen Messungen direkt in den Arbeitsablauf integriert werden können", bestätigt Jürgen Wilhelm, Marti-Vermessungsingenieur beim Solbakk-Tunnelprojekt.

Amberg Navigator Tablet. This new feature allows the tunnel crew to set up the total station automatically without knowing the point IDs of the control points in the tunnel.
Once the total station is positioned, the two prisms on the drill rig are measured and their coordinates are transferred to the jumbo software (iDATA) for calculation of the drill rig's position and orientation. After that, the drill rig starts to drill the new holes into the tunnel face.

Excavation Control – „real-time" as-built Surveying

In the past, as-built surveying was done mostly by surveyors. The main reason for this was to control the heading guidance surveying independently. Nowadays, this task can be carried out by the tunnel crew themselves in order to optimize the tunnel heading process and minimize downtimes on the construction site. The results of the profile measurements are displayed to the tunnel crew immediately. Under- and overprofile areas are highlighted in the results. The underprofile can then be marked on the tunnel surface. After the re-profiling, an optional profile measurement step can be done for documentation purposes.

Amberg Navigator: Open for new Tasks

As the Ryfast project was one of the first projects in which Amberg Navigator was used in Europe, very close contact with the surveying team on site was maintained. The needs reported from the site led to immediate implementation of necessary improvements or resulted in new Amberg Navigator task for them such as "Drill rig automatic" or "Scanner APM measurement".
The contractor and site users at the Solbakk tunnel confirm that the surveying tasks in the tunnelling process can be optimized by the use of the Navigator. Jürgen Wilhelm, Marti surveyor engineer at the Solbakk tunnel project confirms: "The use of the software helps avoid unnecessary waiting times because the measurements required can be integrated directly in the work procedures."

www.amberg.ch/at

Aufgaben beim Bau des Solbakk-Tunnels
Tasks at building the Solbakk tunnel

- Automatische Positionierung des Sandvik-Bohrjumbos durch die Tunnel-Crew
- Echtzeit-Analyse des Bauzustandes sowie Dokumentation von Unter- und Übererprofilierungen
- Betrieb des Systems durch die Tunnelcrew
- Tägliche Scans direkt am Tunnelvortrieb

- Automatic positioning of Sandvik drill rig by the tunnel crew them selves
- „Real-time" as-built analysis and documentation for over/underbreak
- Operation of the system by the tunnel crew
- Daily scans directly in the tunnel heading

Veranstaltung

STUVA-Tagung 2015 vom 1. bis zum 3. Dezember in Dortmund

Vom 1. bis zum 3. Dezember 2015 findet die STUVA-Tagung 2015, das internationale Forum für Tunnel und Infrastruktur, in Dortmund statt. Erstmals in diesem Jahr wird dabei die Vortragsveranstaltung zum Tunnelbau um eine parallele Vortragsreihe zum Tunnelbetrieb in einem separaten Saal ergänzt. In insgesamt mehr als 60 Vorträgen geht es um folgende Themen:

Vorträge Tunnelbau

- Internationale Großprojekte
- Maschineller Tunnelbau
- Kombinierte Bauverfahren
- Junges Forum
- Bautechnik und Rechtsfragen
- Tunnelsicherheit
- Umbau und Sanierung
- Unterirdisches Bauen in Dortmund

Vorträge Tunnelbetrieb

- Zukunftsperspektiven
- Betriebliche Sicherheit
- Persönliche Sicherheit
- Sanierung und Instandhaltung
- Brandschutz und Lüftung

Die in Deutsch und Englisch präsentierten Vorträge werden simultan in die jeweils andere Sprache übersetzt.

Event

2015 STUVA Conference in Dortmund from December 1–3

The 2015 STUVA Conference will be held in Dortmund from December 1 to 3, 2015 – the international forum for tunnels and infrastructure. For the first time, this year will feature a parallel series of lectures on tunnel operation in a separate auditorium in addition to the lecture series devoted to tunnelling. The following topics will be tackled in more than 60 papers:

Tunnelling Lectures

- International major projects
- Mechanized tunnelling
- Combined construction methods
- Youth Forum
- Construction technology and legal issues
- Tunnel safety
- Reconstruction and redevelopment
- Underground construction in Dortmund

Lectures on Tunnel Operation

- Future perspectives
- Operational safety
- Personal security
- Redevelopment and maintenance
- Fire protection and ventilation

The papers presented in German and English will be simultaneously translated into the other language.

Tagungsgebühren/Conference Fees

Kategorie	Tagungsgebühren[1]
STUVA-Mitglieder[2]	430 €
Nicht-Mitglieder	520 €
Studenten[3]	50 €
Festabend (inkl. 19 % Ust., inkl. Essen & Getränke)	75 €

[1] bei Vor-Ort-Registrierung Aufschlag in Höhe von 30 Euro auf den Normaltarif
[2] Mitarbeiter von Firmen/Institutionen, die STUVA-Mitglied sind
[3] Kopie des Studentenausweises ist vorzulegen

Vertretern der Fachpresse kann auf Nachfrage und gegen Vorlage des Presseausweises kostenfreier Zutritt zu allen Vorträgen der STUVA-Tagung und zur STUVA-Expo gewährt werden (jeweils eine Person je Verlag).

Category	Conference Fees[1]
STUVA-members[2]	430 €
Non-members	520 €
Students[3]	50 €
Festive evening (incl. 19 % VAT, incl. food and drinks)	75 €

[1] An extra 30 euros will be levied when registering at the Conference office
[2] Members of companies/institutions, which are STUVA members
[3] Please provide copy of student ID card

Specialized press representatives can apply to attend all lectures presented at the STUVA Conference and the STUVA-Expo by showing a press card (only one person per publication/station).

Fachausstellung mit 164 internationalen Unternehmen

Parallel zu den Vortragsveranstaltungen findet eine begleitende Fachausstellung statt. 164 namhafte Firmen aus dem In- und Ausland freuen sich darauf, der Tunnel-Fachwelt auf mehr als 6000 m² Ausstellungsfläche ihre Produkte entlang der Wertschöpfungskette aus dem Bereich des unterirdischen Bauens zu präsentieren. Der Besuch der Fachmesse STUVA-Expo ist kostenlos. Der Festabend am 1. Dezember und die Fachexkursionen rund um das unterirdische Bauen in Dortmund am 3. Dezember runden die Mischung aus fachlicher Weiterbildung und Networking-Event ab.

Die herausragende Bedeutung der STUVA-Tagung für den Tunnelbau und -betrieb wurden auch vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) anerkannt. Zusammen mit dem Deutschen Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB) und der International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) unterstützen diese Institutionen die STUVA-Tagung als ideelle Träger.

Exhibition featuring 164 international Companies

An exhibition will run parallel to the series of lectures. 164 leading companies from home and abroad are looking forward to presenting their products encompassing the value creation chain from the field of underground construction to the world of tunnelling over an exhibition area of more than 6000 m². Visiting the STUVA Expo is free of charge. The festive evening on December 1 and the excursions on December 3 round off the mix of professional enlightenment and networking event.

The outstanding significance of the STUVA Conference for tunnelling and tunnel operation was also recognized by the Federal Ministry for Transport and Digital Infrastructure (BMVI) and the Federal Highway Research Institute (BASt). In conjunction with the German Tunnelling Committee (DAUB) and the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) these institutions support the values of the STUVA Conference.

Veranstalter STUVA-Tagung/Organizer of STUVA Conference

STUVA
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. /
Research Association for Underground Transportation Facilities

Mathias-Brüggen-Str. 41
50827 Köln, Germany
Phone: +49 221/59795-0
team@stuva-conference.com
www.stuva-conference.com

Ansprechpartnerin und Pressekontakt/
Contact person and press officer:
Dipl.-Ing. Stefanie Posch

Veranstalter/Organizer STUVA-Expo

deltacom projektmanagement GmbH

Stübeheide 72
22337 Hamburg, Germany
Phone: +49 40/357232-0
info@deltacom-hamburg.de
www.stuva-expo.de

Ansprechpartner/Contact person:
Geschäftsführer/Managing Director Heiko Heiden

Verkehrslärm

Schallmessungen an neuen Fahrzeugen der Hamburger Hochbahn

Seit 2012 führt die Hamburger Hochbahn sukzessive die neue Fahrzeuggeneration Doppeltriebwagen (DT5) in ihrer Flotte ein. Neben einem verbesserten Komfort weisen die neuen Fahrzeuge auch geringere Schallemissionen auf. Um diesen Vorteil bei der Kartierung der resultierenden Lärmbelastung rechnerisch ansetzen zu dürfen, hat die Hamburger Hochbahn die STUVA mit der Verfahrensabwicklung und Durchführung messtechnischer Untersuchungen beauftragt.

Nach Vorgabe der EU-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (2002/49/EG vom 25. Juni 2002) müssen Lärmkartierungen erstellt werden. In Deutschland wird dazu die„vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen des BMVBS [1] – VBUSch“ angewendet. Für Fahrzeuge, bei denen aufgrund besonderer Vorkehrungen eine weitergehende, dauerhafte Lärmminderung nachgewiesen ist, können die der Lärmminderung entsprechenden Korrekturwerte zusätzlich berücksichtigt werden. Da in der Richtlinie VBUSch nicht festgelegt ist, wie dieser Nachweis zu erbringen ist, war es Aufgabe der STUVA, in Kooperation mit der Hochbahn und der Hamburger „Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt – Amt für Immissionsschutz und Betriebe (BSU)“ eine geeignete Vorgehensweise abzustimmen.

Mindernder Korrekturwert für den Fahrzeugtyp DT5

Unter Berücksichtigung von Nachweisen, die bereits im Jahr 2007 von der STUVA für die damalige Fahrzeuggeneration DT4 durchgeführt worden waren, konnte auf Basis umfangreicher Schallmessungen an typischen Gleisabschnitten der Hochbahn für den Fahrzeugtyp DT5 ein mindernder Korrekturwert ermittelt werden. Damit wurde der in der VBUSch geforderte Nachweis einer dauerhaften Lärmminderung erbracht. Darüber hinaus konnte für die Bestandsfahrzeuge der Generation DT4 erneut nachgewiesen werden, dass Fahrzeuge bei regelmäßiger Wartung über einen längeren Zeitraum weitgehend gleiche Schallemissionen aufweisen.

Als Ergebnis legte die Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt aufgrund der STUVA-Messungen und -Auswertungen für beide Fahrzeugtypen einen einheitlichen Korrekturwert von -6 dB(A) für die künftigen Berechnungen der Lärmkarten auf Basis der VBUsch fest. Die vom Auftraggeber angestrebten Ziele wurden somit vollumfänglich erreicht.

[1] jetzt BMVI

Traffic Noise

Noise Measurements on the new Hamburg elevated Railway Vehicles

Since 2012 Hamburgs elevated railway (Hamburger Hochbahn) has been gradually introducing its new vehicle generation of twin cars (DT5) for its fleet. Apart from being more comfortable, the new vehicles cause fewer sound emissions. The Hamburger Hochbahn called on the STUVA to devise and undertake technical investigation methods to be able to work out and map the resultant noise impact brought on by this advantage.

According to the EU directive on evaluating and combating environmental noise (2002/49/EU dated June 25, 2002) noise maps must be produced. The “provisional calculation method for surrounding noise on railways by the Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS)[1] – VBUSch” is applied for this purpose in Germany. In the case of vehicles, which have proved to generate a long-term reduction in noise, the corresponding correction values affecting this reduction in noise can additionally be taken into consideration. As it is not established in the VBUSch guideline exactly how such proof is to be provided, the STUVA in conjunction with the Hochbahn and the Hamburg “authority for urban development and environment – office for immission protection and operations (BSU)” was faced with the task of coming up with a suitable approach.

Reduced Correction Value for the DT5 Series

Taking verification into account that was produced by the STUVA for the vehicle generation DT4 back in 2007, it was possible to provide a reduced correction value based on extensive noise measurements carried out on typical elevated railway track sections for the DT5 series. In this way it was possible to prove sustainable reduction in noise as requested in the VBUSch. In addition, it was also proved for the existing DT4 generation of rail units that vehicles largely produce similar noise emissions over a lengthy period of time providing they are properly serviced.

Consequently the Hamburg authority for urban development and environment established a uniform correction value of -6 dB (A) for both types of vehicle based on the STUVA measurements and assessments for future calculations of noise maps on the basis of the VBUSch. In this way, the goals aspired for by the client were completely fulfilled.

[1] now the BMVI (Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure

Fachtagung

„Vollständige Barrierefreiheit im ÖPNV“ – erfolgreiche Kooperation zwischen STUVA und VDV-Akademie

Am 27. und 28. August 2015 fand in Berlin eine zweitägige Fachtagung zum Thema „Vollständige Barrierefreiheit im ÖPNV“ statt. 61 Teilnehmer verfolgten ein interessantes Programm, das von neun fachlich qualifizierten Referenten präsentiert wurde.

Änderung im Personenbeförderungsgesetz sorgt für Verunsicherung

Anlass der ÖPNV-Fachtagung war eine Änderung des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG), die Anfang 2013 wirksam geworden ist. Die ÖPNV-Aufgabenträger haben gemäß Vorgabe des Gesetzes in ihren Nahverkehrsplänen die Belange der in ihrer Mobilität oder Sensorik eingeschränkten Menschen zu berücksichtigen und sollen für die Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs bis zum 1. Januar 2022 eine vollständige Barrierefreiheit erreichen. Laut PBefG müssen die Verkehrsunternehmen bei der Aufstellung des Nahverkehrsplans frühzeitig mit einbezogen werden. Daher besteht auch auf Seiten der Verkehrsunternehmen die Notwendigkeit einer Positionierung bezüglich der Auslegung und der Umsetzungsmöglichkeiten bzw. -grenzen einer „vollständigen Barrierefreiheit“. Diese in § 8 Abs. 3 PBefG vorgegebene Zielsetzung führt hierbei zu Verunsicherung – ebenso wie die dort enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe „Belange der in ihrer Mobilität oder sensorisch eingeschränkten Menschen“ und „vollständige Barrierefreiheit“. Die Tagung leistete einen Beitrag dazu, die Teilnehmer über die Auswirkungen des Gesetzes und die ihnen daraus erwachsenden Pflichten zu informieren.

Anregungen zur Planung und Umsetzung eines „vollständig barrierefreien“ ÖPNVs

An beiden Tagen teilten Fachleute aus Wissenschaft und Praxis in neun Vorträgen ihre Erfahrungen und gaben Anregungen zum Thema. Zunächst wurde die geänderte rechtliche Situation mit ihren Auswirkungen auf die Nahverkehrsplanung und die Arbeit der Verkehrsunternehmen und Straßenbaulastträger erläutert. Anschließend wurde gezeigt, welche Zielkonflikte sich ergeben, wenn die funktionalen Anforderungen der unterschiedlichen Ebenen in Einklang gebracht werden müssen, da das Verständnis einer vollständigen Barrierefreiheit beispielsweise bei Menschen mit Behinderung und Aufgabenträgern bzw. Verkehrsunternehmen voneinander abweicht. Vorgestellt wurden zudem Regelwerke, die Relevanz für die Umsetzung der Barrierefreiheit im ÖPNV besitzen. In weiteren Vorträgen wurden anhand von Praxisbeispielen sowohl Möglichkeiten für die strategische Planung und anschließende Umsetzung als auch für die bauliche Ausführung vorgestellt.

Conference

“Complete Accessibility in Public Transportation” – Cooperation between the STUVA and VDV Academy

On August 27 and 28, 2015, a two-day conference was held in Berlin on “Complete Accessibility in Public Commuter Transportation (PCT)”. 61 participants attended an interesting programme, presented by nine highly qualified speakers.

Change in the Passenger Transport Act causes Uncertainty

The occasion for the PCT Conference was a change in the law governing the transport of passengers (PBefG), which came into force in early 2013. The PCT authorities are committed to responding to the needs of persons who are restricted in their movements or sensoric faculties in their short-range transit plans and are required to arrive at complete barrier-free accessibility for using public commuter services by January 1, 2022. According to the PBefG, transport companies must be included in drafting the short-range transit plan at an early stage. Consequently it is essential that the transport companies adopt a position relating to the interpretation, possibilities and limits for applying “complete accessibility”. This goal laid down in § 8 article 3 of the PBefG is a source of uncertainty – in similar fashion to the undefined legal terms it contains: “needs of persons restricted in their movements or sensoric faculties” and “complete accessibility”.The conference contributed towards providing those taking part with more information on the effects of the legislation and the obligations facing them.

Proposals for planning and applying a “completely accessible” Public Commuter Transportation System

On both days experts hailing from science and practice passed on their experiences and provided suggestions in nine lectures on the topic. First of all the changed legal situation with its effects on planning short-range public transit in the work of public transport companies and road-building authorities was deliberated. Subsequently the resulting target conflicts were shown when the functional demands at various level have to be harmonized as the interpretation of complete accessibility differs for example between disabled people and authorities or transport companies. Furthermore, the codes of practice relevant for applying barrier-free accessibility in public commuter transportation were presented as well as opportunities for strategic planning and subsequent application in conjunction with structural execution.

Erfolgreicher Auftakt für Kooperation zwischen STUVA und VDV-Akademie

Die Teilnehmer betonten das große Interesse am Thema in all seinen Ausprägungen und machten zahlreiche Vorschläge für Schwerpunktthemen der Barrierefreiheit, die auf Folgeveranstaltungen behandelt werden sollten. Die Tagung im Rahmen der Veranstaltungsreihen der VDV-Akademie wurde zum ersten Mal in Kooperation mit der STUVA durchgeführt. Die VDV-Akademie besteht seit 2001 und ist ein eingetragener Verein unter dem Dach des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). Ziel ihrer Aktivitäten ist die Qualitätssicherung von Aus- und Weiterbildung im Öffentlichen Personenverkehr und im Schienengüterverkehr. Nach dem erfolgreichen Auftakt planen STUVA und VDV-Akademie weitere Kooperationen in den Themenbereichen, in denen die STUVA durch ihre Forschungsaktivitäten und ihre praktische Arbeit aktuelle Erkenntnisse in die Praxis einspeisen kann. Dies sind neben der Barrierefreiheit beispielswiese die Themen Brandschutz in unterirdischen Anlagen des ÖPNV sowie die betriebliche Sicherheit oder Sanierung von Tunnelanlagen und unterirdischen Stationen des ÖPNV.

Successful Start of Cooperation between the STUVA and the VDV Academy

The participants emphasized the great interest shown in the topic in all its manifestations and made numerous proposals concerning major aspects of accessibility, which are to be dealt with at future VDV Academy events. The Conference held within the VDV series of events took place in conjunction with the STUVA for the first time. The VDV Academy has been in existence since 2001 and is a registered company under the auspices of the VDV – the Association of German Transport Companies. The aim of its activities is to secure the quality of training and further education in public commuter transportation and goods traffic on rail.

After this successful start, the STUVA and the VDV Academy are planning further cooperative endeavours in those spheres of activities, for which the STUVA can provide the latest recognitions thanks to its research and practical work. In addition to barrier-free accessibility this includes for example the subject of fire protection in underground short-range transit facilities as well as operational safety or the redevelopment of tunnels and underground stations.

Jubiläum

Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack feiert 75. Geburtstag

Wer über Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack zum 75. Geburtstag ein paar Zeilen schreiben möchte, der hat es eigentlich ganz leicht. Schon eine erste flüchtige Literaturanalyse liefert genug Stoff über ihn, um per *copy and paste* mindestens ein bis zwei „Doktorarbeiten" fertigen zu können [1]–[5].

Bald 49 Jahre ist Alfred Haack mittlerweile bei der STUVA, davon 30 Jahre als Geschäftsführer, 20 Jahre als geschäftsführendes Vorstandsmitglied (bis 2007) und inzwischen als Ehrenmitglied und freier Berater. Er ist Honorarprofessor der TU Braunschweig, war Geschäftsführer des Deutschen Ausschusses für unterirdisches Bauen (DAUB) und von 1998 bis 2001 Präsident der International Tunnelling and Underground Space Association (ITA).

Quelle/credit: STUVA

Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack

Mehr als 250 Fachaufsätze, zahllose Vorträge, Gutachten und weiteres mehr gehen auf sein Konto. Diese Liste ließe sich nahezu beliebig verlängern … aber wo soll das hinführen? Denn wie die meisten von uns wissen, ist die Vergangenheit nicht so das Ding von Alfred Haack. Eher die Gegenwart und die Zukunft. Zu einer vollständigeren Durchörterung des STUVA-Urgesteins Haack sind daher Literaturrecherchen und herkömmliche Ingenieurmethoden völlig ungeeignet. Wenden wir uns also lieber der bei den Soziologen entlehnten „Methode der teilnehmenden Beobachtung" zu, am besten in Haacks natürlichem Habitat – der STUVA in Köln.

Wer also an einem beliebigen Montagmorgen gegen 9.00 Uhr Alfred Haack auf seinem Begrüßungsrundgang durch alle (!) Büros beobachtet, dem wird schnell klar, dass er sich auch heute noch auf jede vor ihm liegende Arbeitswoche und die Zusammenarbeit mit anderen Menschen freut. Dabei ist er ganz offensichtlich nicht nur an beruflichem oder oberflächlichem Smalltalk interessiert, sondern ernsthaft an dem Leben seiner Mitmenschen. Nach dem Rundgang zieht er sich (im Idealfall zwischenzeitlich gut ausgestattet mit Keksen und Schokolade der Kollegen) für

Jubilee

Prof. Dr.-Ing. Alfred Haack celebrates 75th Birthday

Anyone who wishes to write a few lines marking Prof. Alfred Haack's 75th birthday has an easy task. Initial perusal of the available material provides enough information to copy and paste together at least a couple of "dissertations" [1]-[5].

Alfred Haack has been with the STUVA for almost 49 years, 30 of those as CEO, 20 as executive board member (until 2007) and now as honorary member and consultant. He is honorary professor at Brunswick TU, was CEO of the German Tunnelling Committee (DAUB) and president of the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) from 1998 to 2001.

He has penned more than 250 scientific papers, numerous lectures, expert reports and a great deal more. This list could be continued almost ad infinitum … but where should that lead? After all, as most of us are aware: the past is not Alfred Haack's thing. He's more for the present and the future. Researching literature and conventional engineering methods are completely unsuited for unravelling the core of the STUVA institution Alfred Haack. So let us rather turn to the "method of participant observation" so cherished by sociologists, preferably of course, in Haack's natural habitat – the STUVA in Cologne.

If you witness Alfred Haack on his rounds to visit all (!) offices any Monday morning about 9.00 am, then it soon becomes evident that even today he looks forward to the working week lying ahead and collaboration with others. Essentially he's not just interested in professional or run-of-the-mill small talk but is deeply concerned about the well-being of his fellow human beings. After his tour he returns to his office (ideally equipped with cakes and chocolate gathered from his colleagues) to work for a few hours against the leakages of the world – the more complicated the better.

As waterproofing specialist and court-appointed expert he is still very much in demand. Accordingly, he sets about diligently uncovering planning and execution errors, solves problems and enjoys proposing innovative grouting techniques, causing some aspiring

gewöhnlich in sein Büro zurück und arbeitet ein paar Stunden gegen die Undichtigkeiten dieser Welt an – je komplizierter der Fall, desto besser.

Als Abdichtungsexperte und Gerichtsgutachter ist er nach wie vor äußerst gefragt. Und so deckt er verlässlich Planungs- oder Ausführungsfehler auf, findet Problemlösungen und schlägt schon mal gerne innovativste Injektionstechniken vor, dass so manchem bauausführenden Jungingenieur angesichts der eigenen Unwissenheit die Ohren schlackern. Dabei ist es Prof. Haack völlig egal, ob es sich um eine Talsperre in Afrika, eine U-Bahn in Südamerika oder einen undichten Keller in Recklinghausen handelt. Etwaige Ortstermine nimmt er ebenfalls mit Freuden wahr. Dabei gilt: je verwegener das Reiseziel, umso größer die Freude. Privat reist er gerne schon mal nach Albanien, Tibet, Israel oder einfach quer durch Asien – aber auch mit „Uschis Wandertruppe" in den Harz, die Lüneburger Heide oder sonstwohin. Alfred Haack ist einfach überall in der Welt zuhause und sammelt neue Freunde; wen interessiert da schon das eigene Alter?

Mittlerweile ist es früher Nachmittag geworden in der STUVA, und wenn Arbeit und Kekse sich dem Ende zuneigen, geht Alfred Haack, anders als früher, einfach nach Hause. Denn bei allem beruflichem Engagement – für seine Familie will er jetzt doch etwas mehr Zeit übrig haben, schließlich sind da ja mittlerweile auch die drei entzückenden kleinen Enkelinnen, die sich nicht auch noch darüber beklagen sollen, dass der Opa nie da ist. Aber morgen, spätestens übermorgen wird er wieder in der STUVA auftauchen, für jeden mit Rat und Tat zur Stelle sein, die nächste Sitzung des AK Tunnel organisieren, Abdichtungspläne prüfen, mit London, Rio, Tokio oder irgendeinem Bauleiter X der Baustelle Y telefonieren. Was halt so anliegt.

Lieber Herr Haack, bleiben Sie uns bitte noch lange so gesund und munter erhalten. Wir sorgen auch immer für genügend Kekse im Büro, versprochen! Zum 75. Geburtstag gratuliert die gesamte STUVA-Familie von Herzen und wünscht alles Gute.

engineers to be speechless at the extent of their own uncertainty. Actually, it does not matter at all to Prof. Haack whether a reservoir in Africa, a Metro in South America or a leaking cellar in Recklinghausen is at stake. He's also will be pleased to pay an on-site visit. The motto being: the more remote the destination the greater his delight. Privately, he loves travelling to Albania, Tibet, Israel or simply right through Asia – as well as hiking with "Uschi's Wandertruppe" in the Harz, the Lüneburg Heath or some other obscure place. Alfred Haack is simply at home throughout the world making new friends; what has age got to do with it?

In the meantime it's the early afternoon at the STUVA, and when the work and the biscuits are nearing their end, Alfred Haack goes straight home, in contrast to earlier times. For in spite of all professional involvement – he wants to have more time available for his family, after all, he doesn't for instance want his three delightful little granddaughters complaining their granddad is neglecting them. However, the next morning, or at the latest the day after, he will again be back at the STUVA, available to provide advice and help to who ever needs it, organize the next Tunnel Working Group session, check waterproofing plans, telephone with London, Rio, Tokyo or some construction manager X at site Y. Whatever comes up.

Dear Mr. Haack, may you remain healthy and alert for us all for a long time to come. We'll do our bit in making sure there are plenty of biscuits available at the office, that's a promise! The entire STUVA family would like to congratulate you most heartily on the occasion of your 75th birthday and wish you all the best.

Literatur/References

[1] tunnel 7/2000 zu seinem 60. Geburtstag
[2] tunnel 7/2005 zu seinem 65. Geburtstag
[3] tunnel 3/2007 zu 40 Jahre Alfred Haack in der STUVA
[4] tunnel Sonderheft 2007 zu seiner Verabschiedung als Geschäftsführer der STUVA e. V.
[5] tunnel 7/2010 zu seinem 70. Geburtstag

PROFIL
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG
fachbuchtipp

**Profil –
Buchhandlung im Bauverlag**

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

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

Tunnelling Switzerland

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

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

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

2. Fachmesse bui – Brünig Untertag Innovation
Brünig Park Lungern, Schweiz
04.–05.02.2016
Tel.: +41 41/679 77-99
Fax: +41 41/679 77-75
bui@bruenigpark.ch
www.bui-expo.ch

Microtunnelling Short Course
University of Colorado, Boulder, CO, USA
09.–11.02.2016
Contact:
Benjamin Media
Tel.: +1 330/467 7588
Fax: +1 330/468 2289
vminer@benjaminmedia.com
www.benjaminmedia.com

23. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium/ 23rd Conference on Geotechnics in Darmstadt
mit Fachausstellung
Technische Universität Darmstadt, Germany
10.03.2016
Tel.: +49 6151/16 22 49
Fax: +49 6151/16 66 83
fischer@geotechnik.tu-darmstadt.de
www.geotechnik.tu-darmstadt.de

6th International Symposium of Tunnels and Underground Structures in South-East Europe
Urban Underground Structures in Karst
Radisson Blu Resort, Split, Croatia
16.–18.3.2016
Symposium Secretariat:
Sanela Kovačević
Tel.: +385-1-6130-063
Mobile: +385-99-6130-063
sanela.kovacevic@hubitg.com
www.itacroatia.eu

7th International Symposium on Tunnel Safety and Security 2016
Montreal Marriott Chateau Champlain, Montreal, Canada
16.–18.03.2016
Contact:
AQTr
Josiane Lamarre
Tel.: +1 514/523 6444-326
logistique@AQTr.qc.ca
www.istss.se/en

Bauma 2016
31st Trade Fair for Construction, Building Material, Mining Machines, Construction Vehicles and Equipment
Messe München/Munich, Germany
11.–17.04.2016
Contact:
Aussteller/Exhibitors
Tel.: +49 89 949-20267
Fax: +49 89 949-20269
exhibiting@bauma.de
Besucher/Visitors
Tel.:+49 89 949-11348
Fax: +49 89 949-11349
info@bauma.de
www.bauma.de

2. Felsmechanik-Tag
Felsmechanische Fragestellungen beim Bahnprojekt Stuttgart–Ulm
WBI-Center, Weinheim (Bergstr.), Deutschland
14.04.2016
Infos und Anmeldung:
Tel.: +49 6201/25990
wbi@wbionline.de
www.felsmechanik.eu

World Tunnel Congress 2016
Uniting the Industry
Moscone Center, San Francisco, California, USA
22.–28.04.2016
Tel.: +1 303/948-4200
meetings@smenet.org
www.wtc2016.us

Roads, Bridges and Tunnels Fair
Congresium, Ankara, Turkey
16.–28.05.2016
Tel.: +90 312 440 41 55
Fax: +90 312 440 41 54
iletisim@road2tunnel.com
www.road2tunnel.com

34. Baugrundtagung
mit Fachausstellung Geotechnik
Stadthalle Bielefeld, Deutschland
14.–17.9.2016
Kontakt wissenschaftl. Tagung:
Deutsche Gesellschaft für Geotechnik
Tel.: +49 201/78 27 23
Fax: + 49 201/78 27 43
service@dggt.de
www.dggt.de
Kontakt Fachausstellung:
Interplan AG
Telefon: +49 40/32 50 92-41
Telefax: +49 40/32 50 92-44
baugrundtagung@interplan.de
www.baugrundtagung.com

InnoTrans 2016
International Trade Fair for Transport Technology
(+ International Tunnel Forum, STUVA)
Messe Berlin, Germany
20.–23.09.2016
Tel.: +49 30/3038-2376
Fax: +49 30/3038-2190
innotrans@messe-berlin.de
www.innotrans.com

Expotunnel 2016
Bologna, Italy
18.–20.10.2016
Contact:
Conference Service srl
Tel.: +39 051/42983-11
Fax: +39 051/42983-12
info@expotunnel.it
www.expotunnel.it

Stabilitätsfragen in der Geotechnik
Planung, Berechnung und Überwachung, Fokus auf Hang- und Böschungsstabilitäten
Montanuniversität Leoben, Österreich
17. 11. 2016
Kontakt:
t.pirkner@voebu.at
robert.galler@unileoben.ac.at

Inserentenverzeichnis / Advertising list

Advertisers	Internet	Page
A.S.T. Bochum GmbH, Bochum/D	www.astbochum.de	20
ACO Tiefbau Vertrieb GmbH, Büdelsdorf/D	www.aco-tiefbau.de	23
Atlas Copco Berg- und Tunnelbautechnik, Essen/D	www.atlascopco.de	13
BASF SE, Ludwigshafen/D	www.ugc.basf.com	U3
Belloli SA, Grono/CH	www.belloli.ch	43
Bochumer Eisenhütte Heintzmann GmbH & Co. KG	www.heintzmann.eu	55
bui Brünig Untertag Innovation, Lungern/CH	www.bui-expo.ch	06
CREG TBM Germany GmbH, Erkelenz/D	www.creg-germany.com	U4
Dätwyler Sealing Technologies Deutschland GmbH, Walterhausen/D	sealing.datwyler.com	39
Devo-Tech AG, Ziefen/Basel/CH	www.devo-tech.ch	08
DMI Injektionstechnik GmbH, Berlin/D	www.D-M-I.net	57
ELA GmbH, Haren/D	www.ela-container.de	59
Fermacell GmbH, Duisburg/D	www.fermacell-aestuver.com	29
Flexco Europe GmbH, Rosenfeld/D	www.flexco.com	06
Häny AG, Jona/CH	www.haeny.com	15
HBI Haerter AG, Zürich/CH	www.hbi.ch	55
Herrenknecht AG, Schwanau/D	www.herrenknecht.de	U2

Advertisers	Internet	Page
Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D	www.hoelscher-wasserbau.de	14
Inter Techno Commerce SA, Martigny/CH	www.itcsa.com	25
Kurita Europe APW GmbH, Ludwigshafen/D	www.kurita.eu	07
Marti Technik AG, Moosseedorf/CH	www.martitechnik.ch	41
Maschinen- und Stahlbau Dresden AG, Dresden/D	www.msd-dresden.de	35
Messe München (bauma), München/D	www.bauma.de	61
Michael GmbH, Oldenburg/D	www.holzmichael.de	58
Mulag Fahrzeugfabrik Heinz Wössner GmbH u. Co. KG, Oppenau	www.mulag.de	33
Normet International Ltd., Hünenberg/CH	www.normet.com	31
Rascor International AG, Steinmaur/CH	www.rascor.com	03
Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH	www.rowa-ag.ch	27
Siemens AG Österreich, Wien/A	www.siemens.com/tunnelautomation	19
Sika Deutschland GmbH, Stuttgart/D	www.sika.de	37
TechnoBochum, Bochum/D	www.techno-bochum.de	08
The Robbins Company, Kent/USA	www.TheRobbinsCompany.com	05
TROX GmbH, Neukirchen-Vluyn/D	www.trox.de	11
VMT GmbH, Bruchsal/D	www.vmt-gmbh.de	09

bau verlag
We give ideas room to develop

www.bauverlag.de

tunnel 34. Jahrgang / 34rd Year
www.tunnel-online.info

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

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

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

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

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

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

Anzeigenleiter / Advertisement Manager:
Erdal Top
Phone: +49 5241 80-2179
E-Mail: erdal.top@bauverlag.de
(verantwortlich für den Anzeigenteil/ responsible for advertisement)
Rita Srowig
Phone: +49 5241 80-2401
E-Mail: rita.srowig@bauverlag.de
Fax: +49 5241 80-62401
Maria Schröder
Phone: +49 5241 80-2386
E-Mail: maria.schroeder@bauverlag.de
Fax: +49 5241 80-62386

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 32 vom 1.10.2013
Advertisement Price List No. 32 dated 1.10.2013 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
USA/Canada:
Detlef Fox, D. A. Fox Advertising Sales, Inc.
5 Penn Plaza, 19th Floor, New York, NY 10001
Phone: 001-212-896-3881,
Fax: 001-212-629-3988,
E-Mail: detleffox@comcast.net

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

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

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

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

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

Bezugspreise und -zeit / Subscription rates and period:
Tunnel erscheint mit 8 Ausgaben pro Jahr/ Tunnel is published with 8 issues per year.
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten)/ Annual subscription (including postage):

Inland / Germany	€ 161,00
Studenten / Students	€ 97,00
Ausland / Other Countries	€ 171,00
Einzelheft / Single Issue (inklusive Versandkosten / including postage)	€ 26,00
eMagazine	€ 98,50

Mitgliedspreis STUVA / Price for STUVA members

Inland / Germany	€ 121,00
Ausland / Other Countries	€ 129,00

Kombinations-Abonnement Tunnel und tHIS jährlich inkl. Versandkosten:
€ 212,20 (Ausland: € 218,80)
Combined subscription for Tunnel + tHIS including postage:
€ 212.20 (outside Germany: € 218.80).
(die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag/with surcharge for delivery by air mail)
Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlängert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von drei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums gekündigt wird.The subscription is initially valid for one year and will renew itself automatically if it is not cancelled in writing not later than three months before the end of the subscription period.

Veröffentlichungen:
Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das alleinige Veröffentlichungs- und Verarbeitungsrecht des Verlages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die Rubrik „STUVA-Nachrichten" liegt in der Verantwortung der STUVA. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichneter Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

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

Druck/Printers:
Merkur Druck, D-32758 Detmold

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

MASTER® BUILDERS SOLUTIONS

I NEED SAFE AND EFFICIENT TUNNELING.

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

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

BASF
The Chemical Company

CREG (China Railway Engineering Equipment Group Co., Ltd.), A world leader in manufacturing TBMs and the largest supplier in China

CREG, your one-hand tunnelling solutions provider with:

- Full range of TBMs (EPB, Slurry, Single/Double Shield, Open Gripper, Box Jacking and Pipe Jacking) and auxiliary equipment
- Vast experience in undertaking prestigious and complex tunnelling projects
- Commitment for full after-sales services

Celebration on CREG's Acquisition of Wirth TBM & Shaft Boring IP and Right to Use Wirth Brand

中铁装备 CREG

China:
Contact: cregoverseas@crectbm.com
Phone: +86 371 60608837
Address:
No. 99, 6th Avenue
National Economic & Technical Development Area
Zhengzhou 450016, Henan Province
People's Republic of China

Asia & Africa:
Contact: enquiries@cte-limited.com
Phone: +603 7954 0314
Address:
Unit 908, Block B, Phileo Damansara II
No. 15, Jalan 16/11 off Jalan Damansara
Section 16, 46350 Petaling Jaya
Selangor, Malaysia

Europe & America:
Contact: info@creg-germany.com
Phone: +49 2431 9011 538
Address:
CREG TBM Germany GmbH
Juelicherstrasse 10-12
41812 Erkelenz
Germany

Website：www.crectbm.com